室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

室蘭工業大学研究報告. 理工編 第44号 全1冊

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 室蘭工業大学
	公開日: 2014-03-13
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者:
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/2806

(ISSN 0580−2415)
(CODE：MKDKBC)

室蘭工業大学

研　究　報　告

理　工　編

第　44　号
平成6年11月

MEMOIRS

OF

THE MURORAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Science and Engineering

NO. 44
Nov., 1994

MURORAN HOKKAIDO
JAPAN

Editing Committee

S. Ozaki	Professor	*Chief Librarian*
T. Tamura	Associate Professor	*Civil Engineering and Architecture*
I. Tokura	Associate Professor	*Mechanical Systems Engineering*
Y. Suzuki	Associate Professor	*Computer Science and Systems Engineering*
T. Sakaguchi	Associate Professor	*Electrical and Electronic Engineering*
H. Saitoh	Assistant Professor	*Materials Science and Engineering*
Y. Okamoto	Associate Professor	*Applied Chemistry*
M. Shiraishi	Associate Professor	*Common Subject*

All communications regarding the memoirs should be addressed to the chairman of the committee.

These publications are issued at irregular intervals. They consist of two parts, Science and Engineering and Cultural Science.

室蘭工業大学研究報告　第　44　号

理　工　編

目　次

Surface Photovoltage Monitoring of Heavy Metal Contamination on Silicon During Chemical Cleaning in IC Manufacturing …… 野村　滋 / 遠藤敏明 / Hisashi Hukuda / Lubek Jastrzebsky / Jacek Lagowski　1

Anodic Oxidation of Narrow Region of Silicon Substrate …… 野村　滋 / 遠藤敏明 / Hisashi Hukuda / Abu Hena Mostafa Kamal　15

２相ステンレス鋼の時効挙動のメスバウアー分光解析 …… 山田卓陽 / 桑野　寿 / 石川雄一　33

天然ゼオライトの表面改質による高活性触媒への変換 …… 小林隆夫 / 中田由貴子 / 上道芳夫 / 杉岡正敏　39

Electrochemical Behavior of Polyaniline-zeolite Composite Electrodes I. Redox of Copper-zeolites …… Wang BAOCHEN / Yuan JINGHUI / 冨士川計吉　57

Auxiliary Schemes for Axonometric Drawing to Add to its Practical Utility …… 杉野目　章 / 黒沢和隆 / 井野　智　67

学術研究発書集録（平成５．４．１～平６．３．31） …… 77

Surface Photovoltage Monitoring of Heavy Metal Contamination on Silicon During Chemical Cleaning in IC Manufacturing

Shigeru NOMURA*, Toshiaki ENDOU*, Hisashi HUKUDA*,
Lubek JASTRZEBSKI** and Jacek LAGOWSKI**

Abstract

The principles and application examples of recently refined, computerized surface photovoltage (SPV) method are described. The SPV method was used to optimize cleaning efficiency and to monitor 'in-line' heavy metal contamination and charge during critical processing steps for Statistical Process Control (SPC). Examples of the optimization of various cleaning steps, effects of the purity of virgin and reused chemicals, and the surface topology on cleaning efficiency will be given together with examples of SPC monitoring of real problems in processing lines. Cleanliness of incoming chemicals is not always a limiting factor and often is not related to the cleanliness of chemicals at the point of use (in the cleaning station). This new method is capable of waferscale, non-contact mapping of metal contaminants in the bulk and on the surface with sensitivities as high as 10^{10} atoms cm^{-3}.

1. Introduction

The continuing increase of IC circuit complexity, and the reduction of critical dimension that requires reduction of gate oxide thickness, generates a need for better control of heavy metal contamination. Detection of heavy metal contaminants in silicon wafers has recently gained a great deal of attention as a critical task for cost-effective manufacturing of several-Mb integrated circuits[1,2]. Employing surface photovoltage (SPV) characterization methods, quantitative relationships have been established between the minority carrier diffusion length, the concentration of heavy metals added during processing and the IC yield degradation[1,2]. The minority carrier diffusion length, as measured directly by SPV, has become a standard parameter guiding the process engineer.

The diffusion length value L helps one to make a quick, quantitative judgement of the

* Muroran Institute of Technology.
**University of South Florida.

cleanliness of materials, tools and processes. Also, if the diffusion length drops below a critical value characteristic for a given IC process, the engineer receives a warning signal of the forthcoming yield degradation.

There is an urgent need for a fast, inexpensive, high throughput measurement method that can be used as a QC method to qualify, in realtime, cleaning processes, incoming chemicals, chemicals at point-of-use, and performance of cleaning station. We explore the application of SPV to monitor chemical cleaning. Compared to other technologies such as TXRF or AAS, the application of SPV to monitor cleaning processes is rather new, although some impressive strides have already been made.

The diffusion lenght of the minority carriers and the surface recombination are determined independently from the spectral dependence of the SPV signal. Surface charge is obtained from the dependence of the SPV signal on light intensity. Quantitative identification of Fe and Cr (even in the presence of other recombination centers, e. g., oxygen precipitates) was measured via changes of the lifetime during dissociation of the Fe-B and Cr-B pairs. Due to the difference in the pairing energies, characteristic of each heavy metal, pair dissociation can be selectively performed in-situ for each of the metals by a combination of light and temperature.

2. Principles of Surface Photovoltage

2.1 [SPV principle]

SPV formally belongs to 'carrier lifetime' methods. These methods are known to be very sensitive, but at the same time very ambiguous, difficult to interpret and very irreproducible. Early round-robin photoconductive decay experiments yielded two-orders-of-magnitude differences in lifetime values obtained in different laboratories on the same samples. These results constituted a clear warning of potential pitfalls[4]. The records of SPV were in this respect much better from the very beginning. The original SPV diffusion length method introduced by Goodman[5] offered the measurement of true minority carrier bulk parameters free of contributions from surface recombination and from the majority carrier (these parameters are difficult to separate in photoconductive decay). Differences in early round-robin SPV measurements were within 40%[6]. The methods, however, has a potential of absolute accuracy better than 3% and can detect relative changes of 1%.

2.2 [Mehanisms of SPV]

In the SPV method the minority carrier diffusion length is determined from a spectral

dependence of the surface photovoltage ΔV and specially from the dependence of ΔV on the light penetration depth α^{-1}, where α is the absorption coefficient. A depletion- (or inversion- depletion-) type surface barrier (shown in Fig. 1 for an n-type semiconductor) is best suited for measurement[6].

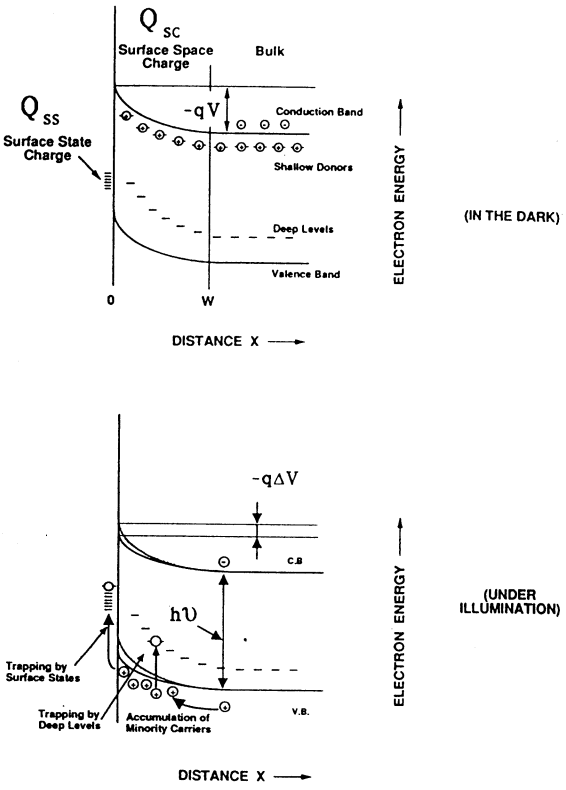


Figure 1 Energy band diagram near an n-type semiconductor surface with a depletion layer in the dark (top) and under illumination (bottom).

This assures preferable collection of the excess minority carriers in the surface space charge, while the maiority carriers are repelled from the surface and play an insignificant role. In this method the accumulation of minority carriers should be a predominant mechanism leading to the surface photovoltage. Two additional mechanisms shown at the bottom of Fig. 1, namely trapping of minority carriers by deep levels and trapping by surface states, are essential in non-contact SPV-DLTS[7]. However, they interfere with diffusion length measurement. They introduce hysteresis corresponding to long-time-constant components (in silicon in the range from minutes to 10 ms) of the light-on/light-off SPV relaxations. In the new SPV approach[8] they are suppressed using light-chopping frequencies in the 500-600 Hz range, which is high in comparison to the inverse of the surface state time constant. (Note that only about 10 Hz was used in early Goodman approaches and is still erroneously recommended in ASTM procedures[5,6]. On the high side the frequency is limited by a decreasing of the photovoltage when $\omega\tau > 1$, where ω is the angular light-chopping frequency and τ is the carrier lifetime. In the new SPV apparatus the hysteresis effects are additionally suppressed using a fast wavelength-changing cycle of the order of 1 s.

The Dember voltage created by the different diffusivities of photoexcited electron and

holes (40 and 10 cm^2s^{-1} respectively) is negligible in the linear SPV range, where the excitation level $\Delta n/n_0$ is extremely low (10^{-7}-10^{-5}).

2.3 [Quantitative SPV equations]

The theoretical calculation of the surface photovoltage is carried out in two independent steps. First, the excess carrier distribution $\Delta p(x)$ is derived from a steady state solution of the continuity equation. For SPV, only the value of Δp just outside the space charge region (at x equal to the space charge width W) is required. This value is given by the standard expression[9)]

$$\Delta p = \frac{\Phi_{eff}\alpha L}{(S+D/L)(1+\alpha L)} \tag{1}$$

where $\Phi_{eff} = (1-R)\Phi$, Φ is the incident photon flux, R is the reflectivity, α is the absorption coefficient, S is the surface recombination velocity on the illuminated front surface and D is the minority carrier diffusivity. It is assumed that the light penetration depth α^{-1} and the diffusion lenght L are much smaller than the wafer thickness d but much larger than W. The first requirement can often be relaxed to $L<d/2$. The second requirement concerning W is a very stringent one.

In the second calculation step, $\Delta V(\Delta p)$ is derived using the surface-bulk electrical neutrality condition $Q_{sc}+Q_{ss}=0$, where Q_{sc} and Q_{ss} are the the space charge density and the surface state charge density respectively[10)]. It is assumed that under illumination $Q_{ss}=$const and thus $Q_{sc}=$const also. However, under illumination Q_{sc} would tend to increase due to a accumulation of excess holes. Therefore, to maintain Q_{sc} unchanged, the width and also the height of the surface potential barrier must decrease, which leads to the surface photovoltage. ΔV increases with increasing Δp and tends to saturate for $\Delta p \rightarrow \infty$(when, at the surface, bands become virtually flat). The new SPV approach[8)] uses very low excitation and a linear relationship between ΔV and Δp is fully satisfied (in practice ΔV should be about 1 mV or less). The corresponding analytical expressions have especially simple forms for depleted and inversion surface layers of primary interest here. Using equation(1) and $\Delta V(\Delta p)$[10)], one gets explicit expressions valid for $\Delta V << kt/q$: for the surface depletion layer

$$\Delta V = \Phi_{eff}\frac{kT}{qn_0}\cdot\frac{\exp(-qV/kT)\alpha L}{(S+D/L)(1+\alpha L)} \tag{2a}$$

and for the inversion layer

$$\Delta V = \Phi_{eff}\frac{kT}{qn_i^2}\cdot\frac{n_0\alpha L}{(S+D/L)(1+\alpha L)} \tag{2b}$$

where kT is the thermal energy, q is the elementary charge and n_0 and n_i are the free electron concentration in the bulk (no illumination) and the intrinsic free carrier concentration respectively.

Equations (2a) and (2b) have the general form

$$\frac{\Phi_{eff}}{\Delta V}=A\left(S+\frac{D}{L}\right)\left(1+\frac{1}{L\alpha^{-1}}\right) \qquad (3)$$

where $A=qn_0/kTe\times p(qV/kT)$ for depletion layer and $A=qn_i^2/kTn_0$ for an inversion layer. The last term on the right side of equation (3) is used for determination of L, while the other terms may provide information on the surface parameters S and V.

2.4 [Diffusion length measurements]

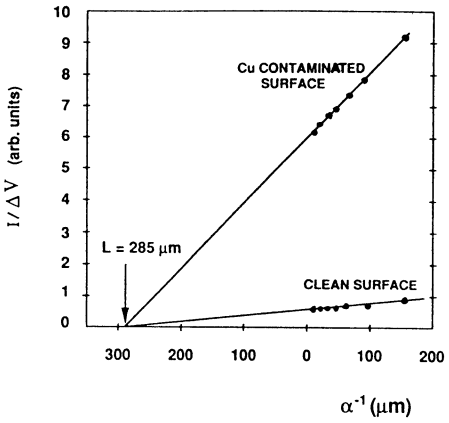


Figure 2 SPV plots, $I/\Delta V$ versus α^{-1}, measured on the same wafer before and after surface contamination with copper. The intercept value determines the diffusion length L, which remains unchanged. The slope of the line increases after contamination owing to the high surface recombination (estimated as $S=8\times10^3\ cm^{-1}$).

According to equation (3), the diffusion length value can be determined from the linear plot of $\Phi_{eff}/\Delta V$ versus α^{-1} as $L=\alpha_{int}^{-1}$, where α_{int}^{-1} corresponds to $\Phi_{eff}/\Delta V=0$. In the apparatus based on the new 'constant photon flux SPV method' the effective photon fluxes Φ_{eff} are virtually constant for each wavelength of incident light[8]. Therefore L can be determined from the intercept of the inverse of the surface photovoltage (see Fig. 2). In practice, second-order corrections are used in computation to account for slight difference in Φ_{eff} values. In the data of Fig. 2 these correction are incorporated in the parameter I. The original method proposed by Goodman[5] was based on the constant magnitude surface photovoltage principle in which photon flux was adjusted during the measurements to obtain exactly the same ΔV value for each wavelength. Then the diffusion length was determined from the plot of Φ_{eff} versus α^{-1}. This method is more time-consuming and less direct than the new approach. However, the Goodman approach, and his apparatus at the David Sarnoff Research Center, must be acknowledged as a pioneering tool which using the SPV technique[1].

3. Experimental

3.1 [Experimental details]

3.1.1 SPV apparatus

A schematic of the SPV apparatus is shown in Fig. 3. The halogen light source is equipped with a computer-controlled iris for adjusting the photon flux to assure a low-intensity, linear SPV region. Monochromatic light with up to seven pre- selected wavelengths from 1 to 0.8 μm is obtained using a narrow bandpass filter wheel driven by a stepping motor. Individual filters are preadjusted to obtain a constant value of the effective photon flux Φ_{eff} at the output of the SPV probe. Typically, Φ_{eff} is constant within $\pm$ 3% for all wavelengths. Further corrections for Φ_{eff} are incorporated into data-processing software. The fillter wheel also incorporates neutral density filters which are used for automatic SPV linearity checking.

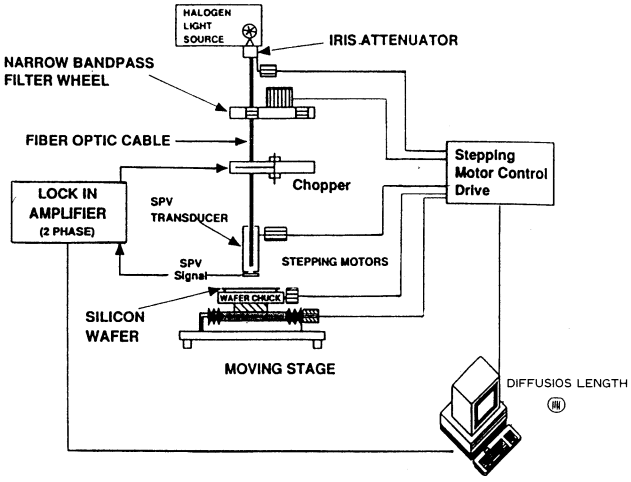


Figure 3 Schematic of the computerized apparatus for SPV mapping.

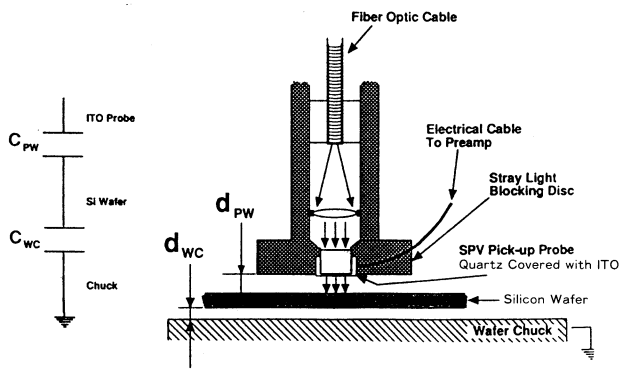


Figure 4 SPV transducer for non-contact measurements and correcsponding capacitive coupling.

SPV values (four-digit accuracy) measured by a two-phase lock-in amplifier are processed in real time by the computer. Wafer mapping is performed digitally using a motor-driven (transiation plus rotary) wafer stage. A single-point measurement cycle takes 2-12s depending on the number of wavelengths employed and the lock-in time constant. Wafer mapping containing 177 points with all seven wavelengths and a typical 30ms time constant takes approximately 20 min.

3.1.2 Non-contact SPV

In the non-contact configuration the SPV pick-up probe is placed at a distance d_{pw}, above

the silicon wafer, which rests on the supporting pins above the black anodized aluminum wafer chuck (as shown in Fig. 4). The front surface SPV signal is generated on the probe-wafer capacitor C_{pw}. Using a unit-gain FET preamplifier with an input resistance greater than $10^{10}\Omega$, one can perform non-contact SPV measurements even when the probe is 1 cm from the wafer. However, the signal-to-noise ratio increases significantly when d_{pw} is reduced to a fraction of a millimeter. A typical d_{pw} value of 0.2 mm also assures effective blocking of the background light by the probe housing. The contribution from the back-surface photovoltage generated on the wafer-chuck capacitor C_{wc}, is negligible since C_{wc} is typically three orders of magnitude larger than C_{pw}. (Note that d_{pw} is comparable to d_{wc}; however, the probe diameter of 1-6 mm is much smaller than the silicon wafer diameter of several inches.) The SPV transducer shown in Fig. 4 contains a light-blocking disc which blocks stray light and enables one to carry out measurements with room light present without the need for the dark boxes used in previous SPV approaches.

3.2 Measurement Technique

Lifetime/diffusion length was measured using the SPV method. The constant magnitude SPV method, first proposed by A. Goodman[5], was initially used to measure diffusion length values. Precision, reproducibility and speed of measurements were recently improved with the introduction of constant photon flux SPV. SPV measurements were performed with commercial Contamination Monitoring System (CMSIII)[12], manufactured by Semiconductor Diagnostics, Inc., (a single point measurement cycle takes approximately 1 to 4 seconds) with a sensitivity for Fe detection of 10^8 cm^{-3} and were done on product as well as monitor wafers. This allows evaluation of the effects from surface topology, characteristic for a given technology, on cleaning efficiency.

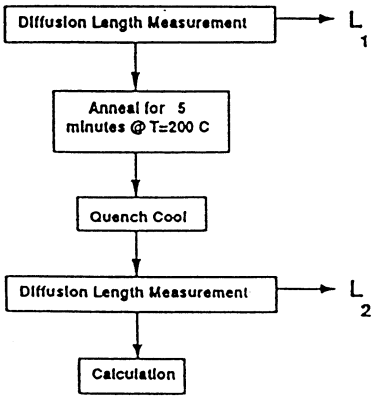
The potential barrier at the surface of the silicon wafer is used as a detector for the photovoltaic effect which is sensed by a non-contact capacitive transducer. During Measurements the SPV signal[13,14] is measured as a function of the light penetration depth (wavelength of light) and values of diffusion length and surface recombination are calculated from the spectral dependence of the SPV signal. Measurements are done in a linear range of SPV signal magnitude on light intensity. Since capacitance coupling between the silicon and transducer is used to detect the SPV signal, measurements can be done in a contactless mode on patterned wafers at various stages of processing: oxidation, nitridation, diffusion, plasma treatments, implantation and even after metal definition on wafers, after completion of processing. Measurements are done with very low light intensity in the range of 10^{11}-10^{13}

photon/cm^2 per second. Under these conditions, measured values of lifetime are not affected by conditions of measurements and lifetime is inversely proportional to the concentration of heavy metals.

3.3 Sample Preparation

First we measured Fe contamination in p-pype silicon. Fe concentration is quantitatively determined from two measurements of diffusion length : prior to and atter 200 °C annealing.

CZ silicon wafers (p-type, 6Ω-cm) were prepared by running them through RCA 1, HF dip, and RCA 2 cleaning procedures. The purpose of these steps is twofold. First, it is necessary to remove any surface contamination on as received wafers, and secondly, since we are using aqueous Fe salt contamination solutions, the wafer surface must be hydrophilic. Wafers were then thoroughly rinsed with DI water and dried in centrifuge. Substates were then placed on a teflon spinner chuck. A solution of iron salts of various concentrations were spilled on the surface, so that it covered the whole surface uniformly, and left on for several minutes. The substrate was then spun dry at 3000 rpm. This procedure is similar to that proposed[15] to introduce a controlled amount of contamination into silicon. We have found that surface concentration is weakly dependent on absorption time for times longer than one minute. Iron was then driven in by rapid thermal processing (PTA) for 90 seconds at 1050 °C in an oxidizing atmosphere. The effectiveness of this procedure was tested by measuring the diffusion length at the front and back surfaces. If they are comparable, then



$$[Fe] = 1.1 \times 10^{16} \left[\frac{1}{L_2^2} - \frac{1}{L_1^2} \right] cm^{-3}$$

Figure 5 Determination of iron concentration using diffusion length measurements.

the substrate is deemed uniformly contaminated. Typically obtained radial uniformity of lifetime is between 8% for heavily contaminated and 25% for lightly contaminated samples. In the case of the highest contamination levels, exceeding 5×10^{13} cm^{-2} (10^{15} cm^{-3}), drive temperature and time had to be extended to 1150 °C for 6 minutes. Iron concentration was measured on all samples via diffusion length analysis. The iron concentration analysis procedure is outlined in Fig. 5 and discussed in detail by Zoth[16]. This SPV iron determination method provides an iron detection limit of 1×10^{12} cm^{-3}.

4. Results and Discussion

To establish optimum conditions for the measurement of Fe concentration, diffusion length changes were studied as a function of annealing temperatures, times and temperatures of recovery.

Figure 6 shows diffusion length measured as a function of time in three samples boron concentration of 1×10^{15} cm^{-3}) contaminated by 3×10^{13} cm^{-2} (6×10^{14} cm^{-3}), 4×10^{12} cm^{-2} (8×10^{13} cm^{-3}) and about 5×10^{11} cm^{-2} (1×10^{13} cm^{-3}) of Fe. The samples were annealed at 200 °C for 10 minutes and quenched in water to room temperature (21 °C) which resulted in a reduction of diffusion length of about three times. The recovery of the diffusion length took place at room temperature. The obser-

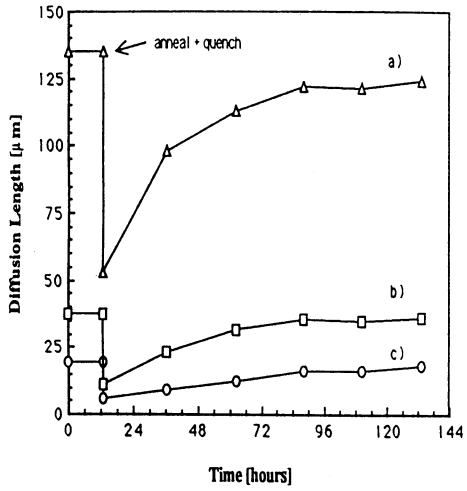


Figure 6 Recovery of minority carrier diffusion length after 10 minutes, 200°C anneal for samples contaminated with three different concentrations of iron: (a) $<5\times10^{11}$ cm^{-2}; (b) 4×10^{12} cm^{-2}; and (c) 3.3×10^{13} cm^{-2}. Samples were kept at room temperature after annealing. Quenching is marked by the arrow.

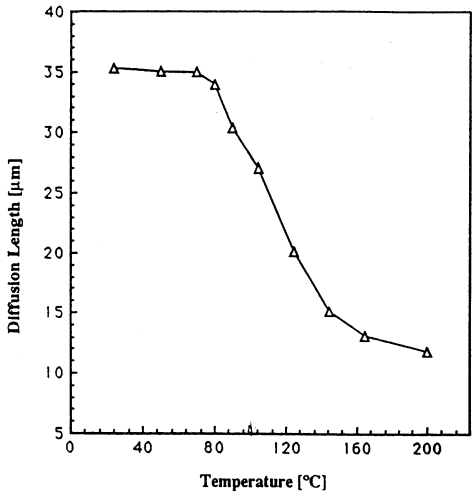


Figure 7 Dependence of diffusion length on annealing temperature.

ved reduction of diffusion length after the 200 °C annealing is caused by decomposition of the Fe-B pairs into interstitial Fe. Since interstitial Fe is in a metastable state at room temperature in p-type silicon, it recombines with boron to form Fe-B pairs which result in a recovery of diffusion length to the initial value. The time required to complete this process at room temperature is about 100 hours. These effects were not observed in either non-contaminated control p-type silicon or in n-type samples.

Figure 7 shows changes in diffusion length as a function of annealing temperature. It appears that Fe-B pairs start to decompose above 100 °C and total decomposition of Fe-B pairs takes place at about 180 °C.

Figure 8 shows the result of a series of diffusion length measurements performed after quenching from 200 °C as a function of recovery temperature. The fastest recovery of Fe-B pairs takes place at 85 °C.

The original value of diffusion length was 35 μm and, after 200 °C annealing, was reduced to 12 μm. The reduction of diffusion length above 100 °C is caused by the beginning of decomposition of Fe-B pairs into interstitial Fe. The observed reduction of diffusion length after a 200 °C annealing is the signature of heavy metal contamination, while the characteristic parameters of the recovery process indicates that the particular element involved in this case is iron. Next Fe contamination, introduced during cleaning, were measured after a high-temperature treatment (a typical oxidation/annealing sequence used during processing or RTA at 1100 °C for 5 minutes) which was used to drive heavy metal left on the surface by the cleaning into the bulk of the wafer. In the case of SPC (Statistical Process Control) of critical steps, e. g., pre-gate cleaning, wafers were measured after the gate oxidation.

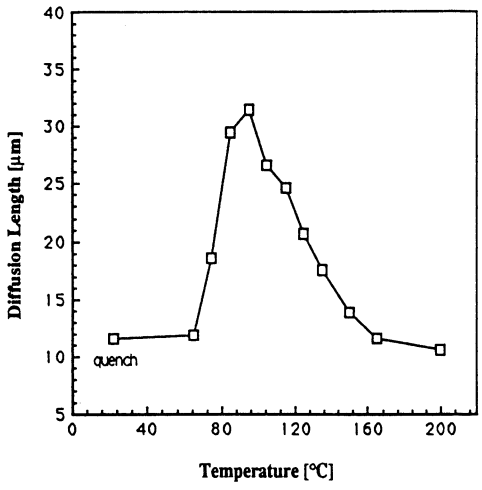


Figure 8 Dipendence of diffusion length on sample annealing temperature, after the sample was annealed and quenched.

The result of various experiments, designed to compare contamination levels for various cleanings, are shown in Fig. 9 through 11. The wafers used were p-type, 10Ω cm and, following cleaning, they were oxidized at 900 °C for 20 minutes. Figure 9 compares various

cleaning methods (MEGA grade chemicals were used). The best results were obtained for the modified SC-1 cleaning (concentration of ammonia was reduced by five times) which also gives the best surface roughness. Figure 10 compares the results for SC-1 and SC-2 cleans for MEGA and SEMI grade chemicals. The MEGA grade chemicals gave about one to two orders of magnitude lower Fe concentration. The results for the SEMI grade chemicals depend very strongly on the shipment since the contamination level in the SEMI grade chemicals exhibits large fluctuations as shown in Fig. 10.

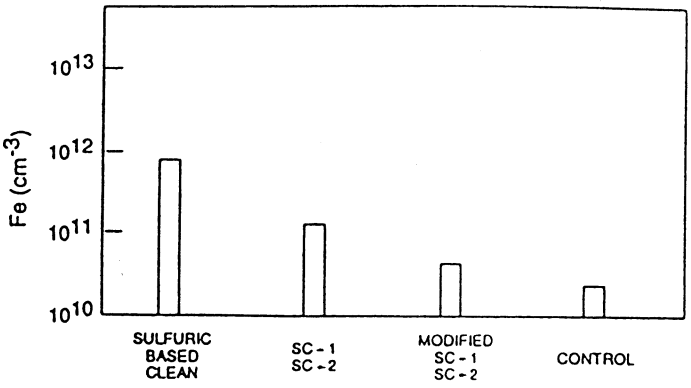


Figure 9 The Fe concentration introduced by various cleans (same grade chemicals).

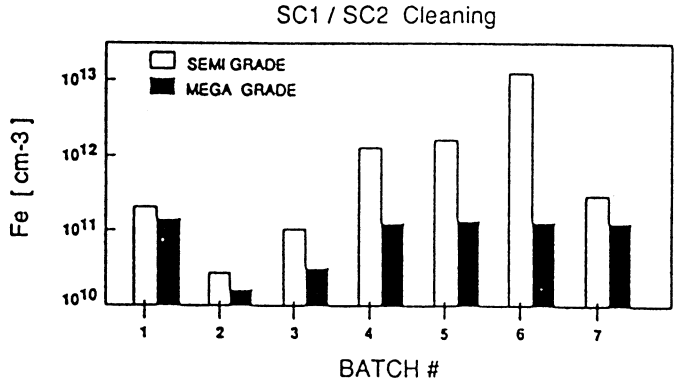


Figure 10 The Fe concentration introduced from MEGA and SEMI grade chemicals as a function of the shipment.

Figure 11 shows the effect of cleaning temperature on the efficiency of the SC-1, SC-2 cleaning process. A decrease in temperature results in a reduction of the Fe concentration (plating of heavy metals from chemicals decreases with temperature), but also an increase in

organic contamination which causes an increase of positive charge in the oxide. There is an optimum temperature for SC-1, SC-2 cleaning ateps which is a trade-off between cleaning efficiency for heavy metals and organic contamination.

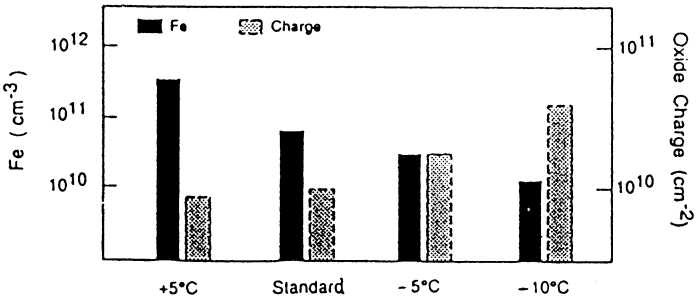


Figure 11 Fe contamination and charge as a function of temperature for SC-1, SC-2 cleaning.

An example of the use of the SPV technique for SPC of pre-oxidation cleaning is shown in Fig. 12. The wafer (p-type, 10Ω cm) were cleaned in a wet chemical sink in which the chemicals were not replaced after each cleaning cycle and oxidized at 900C for 30 minutes. Each point is an average of the Fe measurements after oxidation on two wafers from a 50-wafer lot. The allowable Fe contamination threshold is shown as the dashed horizontal line. Above this lovel, Fe has a detrimental effect on gate oxide integrity. This SPC chart shows that about eight cleaning runs can be performed before the contamination in the liquid builds up to unacceptable levels and the chemicals have to be replaced.

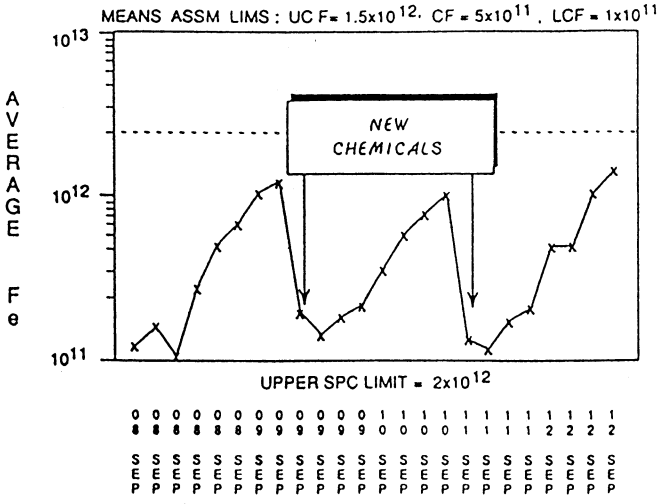


Figure 12 SPC of pre-oxidation wet chemical cleaning (SC-1, SC-2). Chemicals can be reused eight times.

5. Conclusion

This paper presented SPV applications for the monitoring of chemical cleaning and purity of chemicals through mapping of minority carrier diffusion length, Fe concentration in the bulk, and surface contamination (surface charge and surface recombination). The non-contact, wafer-scale character of the new SPV approach, and refined apparatus, make this technique uniquely suited for heavy metal monitoring. To our knowledge no other technique can match this characterization capability. This method was used to monitor Cu contamination in BHF by measurement of its effect on surface recombination and Fe contamination through it effect on bulk recombination after RTA step used to drive Fe depositted at the surface during cleaning into the bulk. Fe surface contamination was measured down to the 1×10^{9} cm^{-2} level while the detection limit of this approach is 2×10^{8} cm^{-2}.

The procedure was developed to monitor heavy metal contamination levels in liquid chemicals. Cleanliness of incoming chemicals is not always a limiting factor and often is not related to the cleanliness of chemicals at the point of use (in the cleaning station). Quite often equipment itself can impose serious limitations.

It is apparent that equipment designers could benefit from a better understanding of their equipment performance limitations. The SPV approach is very new compared to more traditional methods such as TXRF and AAS, but has already proven its usefulness in monitoring problems with wet chemistry in IC processing lines. Compared to more traditional methods, the major advantage of SPV measurement is its measurement speed; information is obtained a few minutes after completion of a process step, as well as the capability of carrying out contactless measurements in patterned product wafers.

Acknowledgments

A part of this work was conducted at University of South Florida (USF), which one of the authors (S. N) had spent as overseas researcher of the Ministry of Education, Science and Culture of Japan. We would like to express their appreciation to the various individuals who assisted in sample preparation and date analysis. A special "thank you" goes to Dr. Earl J. Claire, Director of Center for Microelectronics Research Center of USF who has constantly supported this work.

References

1) L. Jastrzebski : Semiconductor Silicon 1990, ed. H, R. Huff, K. G. Barraclough and J. Chikaw (Pennington : Electrochemical Society) p. 614.
2) A. Ohsawa, K. Honda, R. Takizawa, T. Nakanishi, M. Aoki, N. Toyohura : Semiconductor Silicon 1990, ed. H. R. Huff, Electrochem. Soc., Pennington, NJ, (1990), pp. 601-613.
3) G. Zoth : Tech. Proc. SEMICON/Europa, Zurich, March, 1990, p. 23.
4) B. Ross : Lifetime Factors in Silicon 1980 (ASTM STP 712) pp. 14-28.
5) A. M. Goodman : J. Appl. Phys. **32**, 2550 (1961).
6) AST'M STP F391-87, re-approved and extended in 1990 to include the new constant photon flux SPV method.
7) J. Lagowski : P. Edelman, and A. Morawski, Semicond. Sci. Technol. **7**, (1992) A211.
8) The term 'new SPV approach' refers to the constant photon flux linear SPV method introduced by J. Lagowski (US Patent pending) and implemented in CMS machines manyfactured by Semiconductor Diagnostics, Inc.
9) T. S. Moss : J. Electron. Control, **1**, 126 (1995).
10) E. O. Johnson : J. Appl. Phys., **28**, 1349 (1957).
11) This range corresponds to the most reliable silicon absorption coefficient data ; see M. Saritas and H. D. McKell : J. Appl. Phys., **63**, 4561 (1988).
12) Model CMSIII-A manufactured by Semiconductor Diagnostics Inc. of Tampa, Florida.
13) J. Lagowski, U. S. Patent 5, 025, 145, issued June 1991.
14) J. Lagowski, P. Edelman, M. Dexter, W. Henley : Proc. of Defect Recognition and Imaging in Semiconductors before and after Processing (DRIP4) Conf., Mottram St. Andrews, England, March 1991.
15) M. Fujimo, K. Hiramoto, M. Sano, K. Murakami, H. Horiyo, Y. Oka and S. Sumita : Semiconductor Silicon 1990, ed, H. R. Huff, Electorchem. Soc., Penninggon, NJ, (1990), p. 720.
16) G. Zoth and W. Bergholz : J. Appl. Phys., **67**, (11) 6764 (1990).

Anodic Oxidation of Narrow Region of Silicon Substrate

Shigeru NOMURA*, Toshiaki ENDOH*, Hisashi HUKUDA*
and Abu Hena Mostafa KAMAL**

Abstract

Anodic oxide films were formed on comparatively small area of silicon substrates. Constant current mode of anodization has been used for oxidation, but during oxidation processes, the current density has been changed to go through one or more stepped transitions either step-up or step-down before the completion of the processes. This modified mode of constant current anodization showed to be effective in reducing the interface state density of a silicon/silicon-oxide system.

Among the various stepped transitions in the modified mode of constant current anodization, step-down transition of current density was found to be optimum in reducing the interface-state density. The structure and composition of SiO_2/Si interface regions for both large-area oxide and narrow-area oxide were also investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The composition of SiO_2/Si interface of narrow-area oxide showed less stoichiometry than that of large-area oxide.

1 INTRODUCTION

The characteristics of commercially available Si devices are very affected by the quality of oxide. To make a good quality oxide, several methods of oxide formation techniques have been developed in the past years. They are vapor phase reaction[1], plasma anodization[2], wet electrochemical anodization[3], and thermal oxidation in both dry and wet oxygen environments[4]. Among these techniques, thermal oxidation process is the most commonly used technique and the key process to grow silicon dioxide layer, but the development of the other processes of oxidation equally acceptable and applicable has been still in progress.

Anodic oxidation often termed as anodization, is one of those processes of which the detailed mechanism is not well understood at present time. In anodic oxidation, there are two types of process which are the oxidation of the surface of silicon electrode in a liquid

* Muroran Institute of Technology
**Arizona State University

electrolyte and in gaseous plasma. The major advantages[5] of anodically grown oxide films of silicon are: since the anodization is carried out at room temperature there is no impurity redistribution at the silicon surface as there is in thermal oxidation, the implementation of the equipment for oxidation process is easy and low in cost and the oxide thickness control is very precise. Conventional system for forming thermal SiO_2 is complicate and expensive compared to anodic oxidation system.

With the progress of compound semiconductor IC's and amorphous semiconductor electronic devices, oxide films grown at low temperature have been in demand recently[6]. For integrated circuits using MOS field effect transistor (MOSFET) as the active element, the behavior of some charges in the MOS system have caused the new important problems. From the point of view of realistic manufacturing conditions, acceptable densities of above mentioned charges are of the order of 10^{10} charges/cm^2 [7]. To analyze the electrical properties of a Si-SiO_2 systems, it needs to know precisely that the various charges and traps present in the oxide as well as in Si-SiO_2 interfacial region. There are four basic types of traps and charges: mobile Ionic charge (Q_m), fixed oxide charge (Q_f), oxide trapped charge (Q_{ot}) and interface trapped charge (Q_{it}). Interface trap charge (Q_{it}[7]), which are charges located at the Si-SiO_2 interface with energy states in the silicon-forbidden bandgap, can exchange charges with silicon. If these states are not exist in near interfacial region, the Si device characteristics approach to their ideal ones.

As in thermal oxide, the interface states in anodically grown silicon oxide are relevant to the inherent electrical active centers which originate from a variety of effects and treatments in fabrication processes. Since anodic oxidation is performed at room temperature the effect of oxidation temperature is negligible. Whereas for the case of thermal oxidation it acts as a dominant factor in creating the so called detrimental traps. In anodic oxidation, the different interface states due to the contaminations incorporated and having energy state in silicon forbidden band from in thermal oxidation may appear. Precise knowledge of and researches on anodic oxidation mechanism are still insufficient but this anodic oxide growing process has certain advantages over that of widely accepted thermal grown technique.

The purpose of this study is to grow oxide films suitable for fabricating miniature MOS type devices, and the main attention is provided to grow and probe some of considerably small-dimensional oxide films. The structure and composition of SiO_2/Si interface regions for both large-area oxide and narrow-area oxide were comparatively investigated by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Through a recently done work[8] we have come up with

the result that for a small-dimensional oxide, interface state density N_{it}, derceases with increasing the current density of anodization.

The constant current mode anodic oxidation was carried out to set experimental parameters to be optimum in reducing N_{it} for small-dimensional oxide formation. For a large sized anodic oxide formation, however, the effect of changing the current density exhibit an inverse relationsship between current density and N_{it} with respect to that for a small-dimensional oxide formation. The term small-dimension is used to refer a Si substrate which had a surface area in the millimeter square (<1 mm^2) range. The formation of anodic oxide on narrow-area silicon substrate has been done through window to be opened in the thermal oxide by photolithographic technique.

2 EXPERIMENTAL

Boron doped, prepolished p-type (111) Si wafers with resistivity of 10～20 or 25～50Ω-cm were used. Average resistivity of the Si wafer was measured by using the four-point probe technique[9]. The Si wafer was cut into 1.5 by 1.5 cm square chips and the chips were rinsed in deionized water, in methyl alcohol and in trichlroethylene solution prior to acid etching[8]. The etching treatment has been done to make the surface of the samples flat and in mirror-like. The samples were also immersed in aqua regia to make in surface free from metal contamination. The samples were finally submerged in diluted hydrofluoric acid (DHF) just before placing them in thermal oxidation furnace.

Wet thermal oxidation was adopted in growing the field oxide. The field oxide acts as a mask during the anodization of the small area Si substrates. Thermal oxidation was carried out in a atmosphere constituted with a combination of water vapor and oxygen. It was a constant temperature process and the temperature was kept at 1060 °C for two and a half hour. Since the area of Si substrate which will be anodized is limited in size, to ensure an uninterrupted oxide growth aluminum is evaporated on its back surface before anodization. Al evaporation was done at a vacuum of less than 6.75×10^{-4} Pa. Windows of small dimension (1.5 by 0.5 mm square) were photolithographically constructed through the field oxide.

The electrolyte chosen was 0.04 M solution of KNO_3 in ethylene glycol. Fresh electrolyte was used for every anodization, since it is known that the aforementioned electrolyte is hygroscopic and water content in the electrolyte influences the oxidation[10]. No attempt was made in stop this absorption of water because it was assured by Revesz[11] that the effect of this absorption on the anodization efficiency is negligible. The anodization was performed

at room temperature. Current densities were varied from 3 to 30 mA/cm^2 during oxidation. Forming voltage of the anodization was usually terminated at 100 volt but except in one occasion where it was 60 volt. Current density was changed on the way of oxidation process to improve the electrical properties. The thickness of the oxide film was measured by using an ellipsometer. MOS structures were formed by evaporating 99.999 percent pure aluminum for the gate electrode with a diameter 400 μm.

Fugure 1 shows the fabrication steps of MOS capacitor with small-area anodic oxide. This device was used for evaluating the MOS C-V characteristics. The interface state density was measured by the Terman method[12], where the measurement frequency was 1 MHz and the applied gate voltage ranged from -25 to $+5$ volt.

The composition analysis of SiO_2/Si interface was done by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The emission current and source power were 25 mA and 265 watt respectively. Experimental vacuum was maintained at the order of 10^{-10} Torr. XPS survey was carried out with voltage of electron multiplier set at 2300 V and with a pass energy of 100 eV. During multiplex, voltage of electron multiplier was adjusted at 2400 V and all multiplexed spectra were taken at a pass enegy 50 eV.

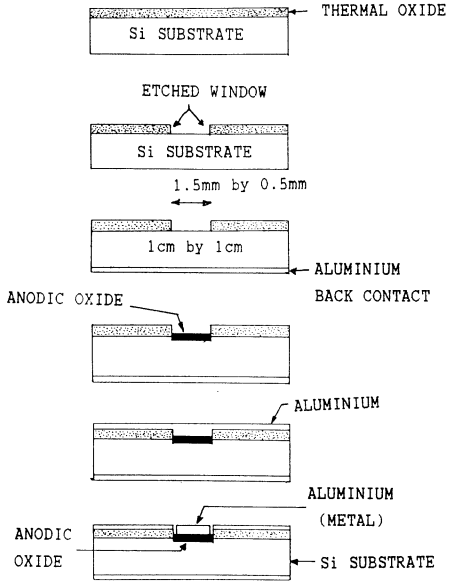


Figure 1 Fabrication step of a MOS capacitance.

3 RESULTS

3.1 V-t curve

The relation between cell voltage and oxidation time observed during the various anodization processes are shown in Figs. 2~4. Figure 2 shows two of the cases where constant current density was changed from 3 mA/cm^2 to 6 mA/cm^2 at forming voltages of 10 V and 20 V respectively and the oxidation was terminated at 100 V of forming voltage. The lower part of each curve is nonlinear up to certain point but beyond this, each attains linearity according to the relation

$$V(t) = rt + d_0 \quad (1)$$

where d_0 is the initial cell voltage ; about 3 V in this case. The grown rate r, is a function of current density. V(t) is the forming voltage.

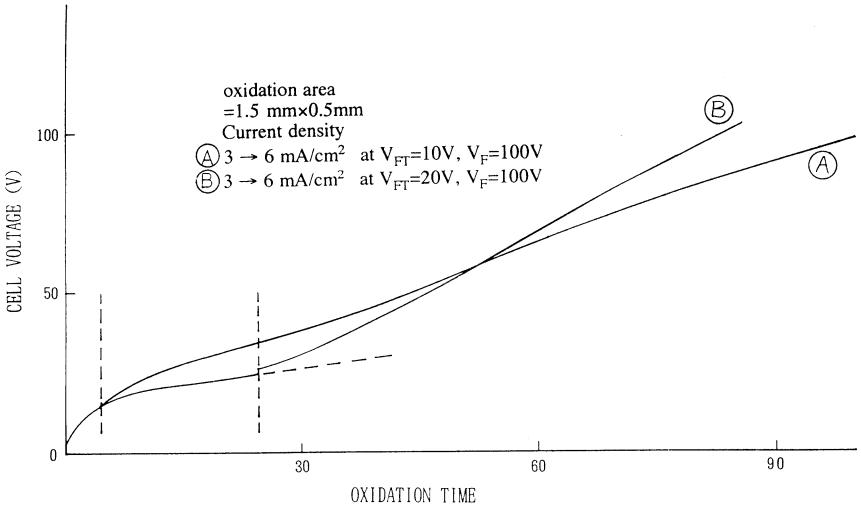


Figure 2 Cell voltage versus anodization time for two cases of small-area constant current anodization.

Next two cases are illustrated in Fig. 3. Where solid line was drawn for anodization carried out by a 6 mA/cm^2 current density and dashed line represents a multi-step constant current oxidation current density of which had gone through an arbitrary step-up transition. The step-down transition of current density was involved in a oxidation the cell voltage vs. time relation of which is represented in Fig. 4. In all the above five cases of oxide formation no considerable irregularities were found and the oxide grown can be regarded as steady and smooth.

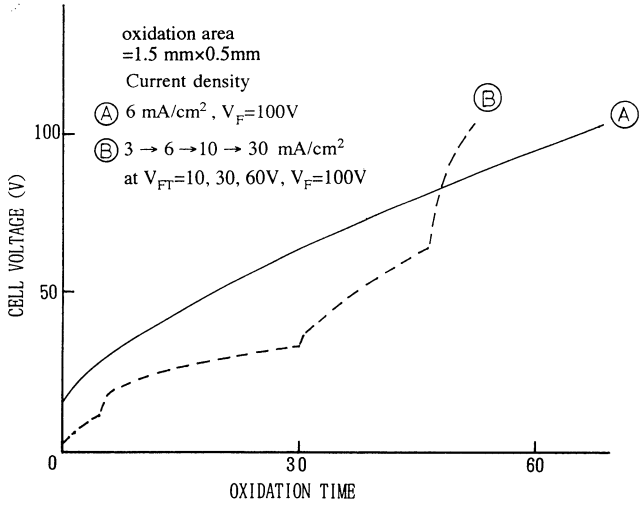


Figure 3 Cell voltage versus anodization time of the multi-step constant current anodization.

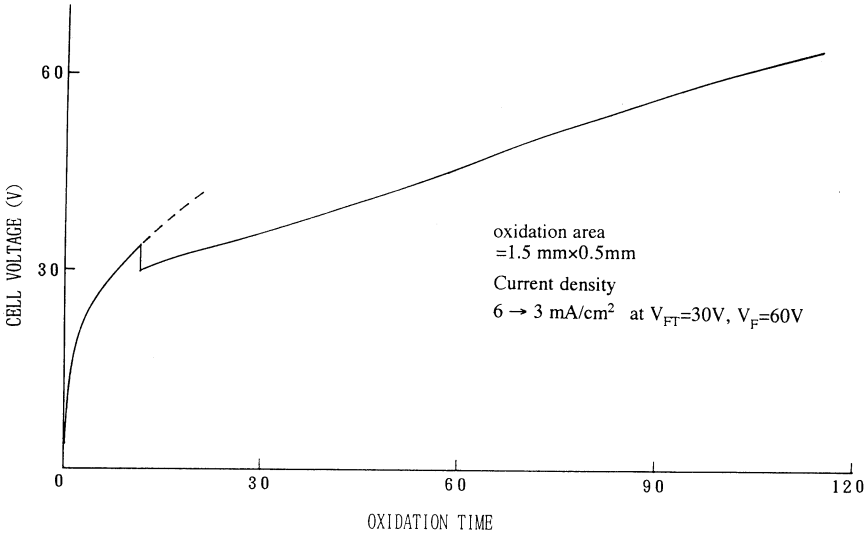


Figure 4 Cell voltage versus oxidation time of a constant anodization. Current density was stepped down during anodization.

3.2 Normalized Capacitance vs. Gate Bias

Three of the results are shown in Fig. 5 where ideal curve represents an $N_{it}=0$ situation. The experimental curve was found to have stretched out along the gate bias axis. Figure 5 illustrates the relation between normalized capacitance and gate bias for the case the current density of which was changed at three steps on the way to completing anodization. At every transition the current was adjusted to a higher value and is, therefore, termed as step-up transition. Figure 5 also exhibits the same relation for a sample which was anodized by a single step-down transition of current density. The symbol V_{FT} was used to denote the forming voltage at which the current density was altered. V_F is the final forming voltage. A comparison between step-up and step-down transition shows that experimental curve involving step-up transition ($3 \rightarrow 6 \rightarrow 10 \rightarrow 30$ mA/cm^2 at $V_{FT}=10$ V, 30 V and 60 V) was stretched more along the gate bias than that involving step-down transition ($6 \rightarrow 3$ mA/cm^2 at $V_{FT}=30$ V). The experimental curve approached to be an ideal one, i. e., the practical curve is less stretched after annealing treatment and this case is also shown in Fig. 5.

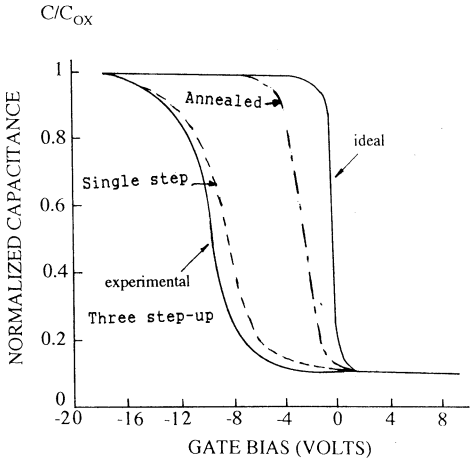


Figure 5 Capacitance stretch-out along the voltage axis due to interface trapped charges.

Surface-state density N_{it}, as a function of Si bandgap energy was calculated using the following relation[7)]

$$N_{it}=C_{ox}/q[(d\Psi_s/dV_G)^{-1}-1]-C_S/q \quad \text{cm}^{-2}\,\text{eV}^{-1} \tag{2}$$

where C_{ox} and C_S are oxide capacitance and silicon surface capacitance per unit area respectively, q is the electronic charge and $d\Psi_s/dV_G$ is the silicon band bending per unit of gate bias.

The surface state density along the band gap of silicon for a small-dimensional oxide is shown in Fig. 6. It was found that the surface state density decreases with increasing current density. This phenomenon is not in agreement with the N_{it} vs. energy relationship of a comparably large sized oxide because for the case of a large sized oxide, N_{it} decreases with decreasing current density[13)]. For all samples, anodic oxidation area was same and had a value of 1.5 by 0.5 mm square, and each film was divided equally into three parts to get 0.4

by 0.4 mm square areas on which C-V measurement was made. Though the variation in the distribution of N_{it} over the silicon bandgap due to three different location of C-V measurement was almost negligible, curves having lowest midgap N_{it} were plotted in all cases for comparison. In all figures, V_{FT} denotes the forming voltage at the time of transition of current density.

From the results, shown in Fig. 7, it could be summarized that step-up transition of constant current density for small-dimension anodic oxide had some effect, though trivial, in minimizing the Si-SiO_x interface traps. Although the anodization process which involved a 3 → 10 mA/cm^2 intermediate transition of current density was effective in minimizing the midgap interface states considerably, it could not decrease interface states positioned near band edges. Figure 7 also includes the characteristics of the case in which the oxide film was grown via an intermediate step-down transition of current density.

Figure 8 illustrates the case where the anodization process, before completion, experienced three intermediate step-up transitions (3 → 6 → 10 → 30 mA/cm^2 at

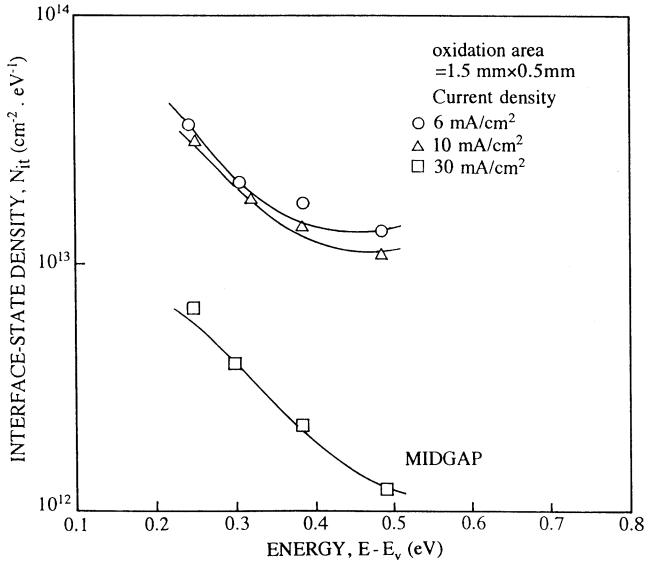


Figure 6 Distribution of interface states over the silicon bandgap in anodically oxidized silicon.

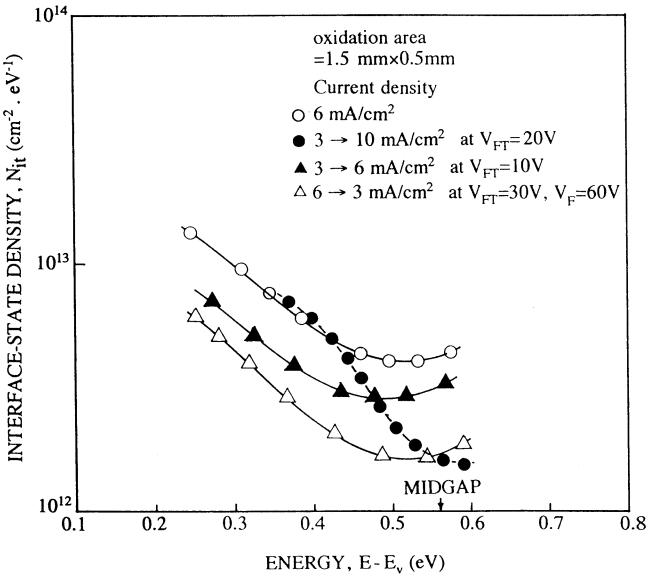


Figure 7 Change in the distribution of interface states over the silicon bandgap due to different cases in constant current anodization.

V_{FT}=10, 30 and 60 V). It is obvious from Fig. 8 that this case of multi-step transition of current density could not reduce interface states at all.

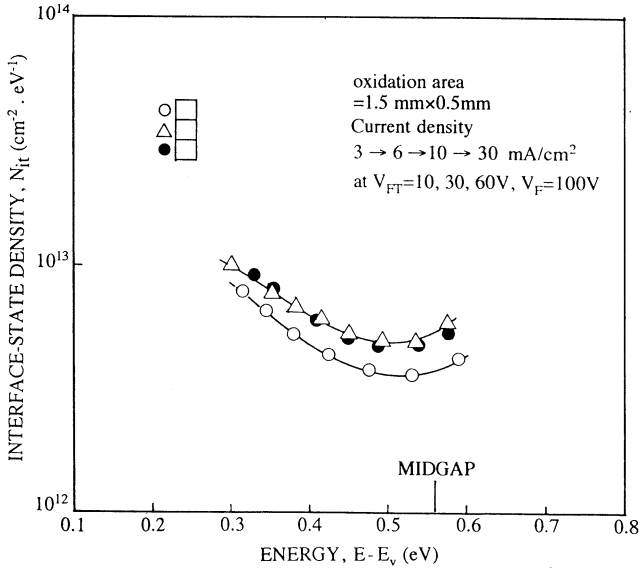


Figure 8 Variation in interface states with the location of C-V measurement.

Table I summarizes the midgap N_{it}s obtained for oxide samples formed by modified modes of constant current anodization, and this shows that single step-up or step-down transition of current density caused N_{it} to decrease. Midgap N_{it} can be considered as a representative value since the U-shaped curves appeared in Figs. 6, 7 and 8 vary smoothly throughout the bandgap. A comparison of bandgap interface-state density, for all the cases illustrated in Fig. 7, shows that the effect of step-down transition on the interface was superior than that of step-up transition in minimizing interface-state density.

Table I Midgap interface state density Nit for various modes of transition of current density.

current density mA/cm²	forming volt V_F, volt	midgap Nit (cm^{-2} ev^{-1})	type of transition
6	100	4.2×10^{12}	no transition
3→6 at V_{FT}=10V	100	3.2×10^{12}	step-up (once)
3→10 at V_{FT}=20V	100	1.63×10^{12}	step-up (once)
3→6→10→30 at V_{FT}=10, 60, 60V	100	3.7×10^{12}	multi-step
6→3 at V_{FT}=30V	60	1.7×10^{12}	step-down (once)

So step-down transition is a case which requires critical interpretation. As it has already been mentioned that an intermediate step-up transition of 3 → 6 mA/cm² acted favorably to reduce interface states so it can be speculated that the transitions 6 → 10 mA/cm² and 10 → 30 mA/cm² had little effect on N_{it} or had acted detrimentally on the Si-SiO_x interface.

3.3 Composition of SiO_2/Si Interface

The O 1s spectra of 50 and 30 Å thick oxides are shown in Fig. 9 and Fig. 10. Each of these spectra was separated into two component spectra using least square method with the following assumptions: (1) each spectra comprises of two O 1s spectra, one of which is a contribution from SiO_2 and other one is from Cu_2O, (2) O 1s peak position of Cu_2O is at about 530.4 eV and that of SiO_2 is at about 533 eV[14]. O 1s peak appeared from thinner oxide was found to shift at a lower binding energy and this result is consistent with that of other researchers[15,16].

Si 2p spectra of 80 Å and 50 Å thick oxide are shown in Figs. 11 and 12. In both of these cases Si 2p signal of silicon bulk is almost absent but the spectra of 50 Å oxide showed a trace amount of Si 2p of silicon bulk. Si 2p spectra of the thinnest oxide appeared as shown in Fig. 13 where it was found that Si 2p of silicon bulk surpasses that of silicon oxide in intensity and prominence. Table II to V show different features associated with their corresponding spectra. Since analyzer pass energy was 50 eV, not 25 eV which is recommended for a good resolution spectra, resulting Si 2p spectra was far from having a standard shape.

This Si 2p spectra was compared with those of comparatively large-area oxide[16] to verify the degree of reliability of large-area etch rate which was used during etching of small-area oxide. The Si 2p spectra resulted from about 30 and 14 Å as-grown film of large-area anodic oxides are illustrated in Fig. 14 and 15. A comparison of these three illustrations elucidates that the actual thickness, remained after the etching of a small-area oxide, was less than that had been assumed. So Si 2p spectra in Fig. 13 could have appeared from a oxide film thinner than 30 Å. Though a poor S/N ratio did not allow an satisfactory separation of this spectra into its component, a somewhat separation was made to show that this spectra had contributions from intermediate oxides. In order to investigate the intermediate oxidation states, spectra in Fig. 13 are separated by the least square calculations in accordance with the following assumption: the intermediate oxidation states consist of three oxidation states, Si_2O, SiO, and Si_2O_3. Table VI contains relevant informations of the different intermediate oxides and shows per centages of contributions of the intermediate oxides which add up to give the total amount of silicon present in the remaining oxide film.

Si 2p spectra appeared from both small-dimension and large-dimension anodic oxide of about 30 Å had been separated into their components in accordance with the valence state of Si in the intermediate silicon oxide. The contribution from each of these Si atom in the

Table II. General features of the O ls spectra shown in Fig. 9.

Peak center eV	Height arb. unit	FWHM eV	Area %
533.647	2645	2.093	63.64
531.335	1562	2.081	36.36

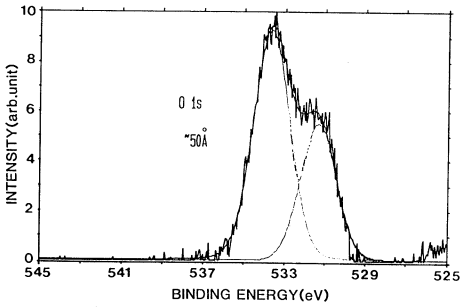


Figure 9 XPS Is spectra is separated into its component spectrum. Sample was small-area Si anodic oxide film.

Table III. General features of the O ls spectra shown in Fig. 10.

Peak center eV	Height arb. unit	FWHM eV	Area %
532.945	1892	2.3	68.71
531.12	1214	1.7	31.29

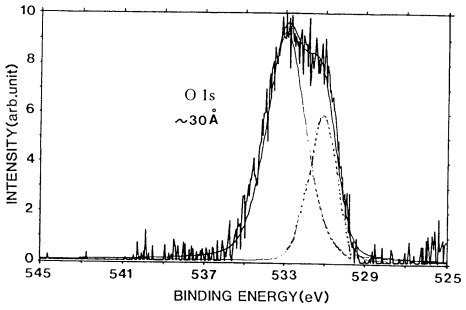


Figure 10 XPS O Is spectra of the 30ÅSi anodic oxide film.

Table IV. General features of the XPS Si 2p spectra shown in Fig. 11.

Charge up = 0.529eV		
Peak center eV	Height arb. unit	FWHM eV
104.006	1831	2.53

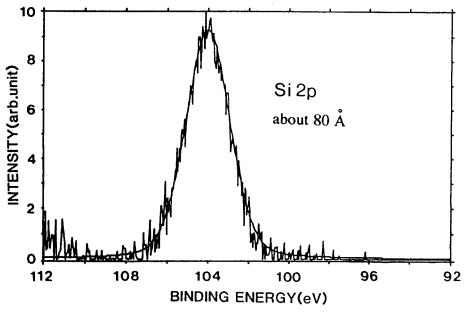


Figure 11 XPS Si 2p spectrum of the 80ÅSi anodic oxide film.

Table V. General features of the XPS Si 2p spectra shown in Fig. 12.

Peak center eV	Height arb. unit	FWHM eV
104.75	418	2.18

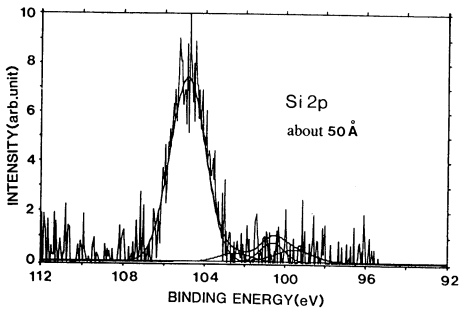


Figure 12 XPS Si 2p spectra of the 50ÅSi anodic oxide film.

Table VI. General features of different oxides obtained from separation of the XPS Si 2p spectra into its component.

Peak no.	Valence state	Peak center eV	Height arb. unit	FWHM eV	Area %
1	Si^{4+}	103.95	161	2.4	27.58
2	Si^{3+}	103.05	20	1.6	2.24
3	Si^{2+}	102.05	11	1..6	1.22
4	Si^{1+}	101.05	31	1.6	3.51
5	Si^{0}	99.75	575	1.6	65.45

Table VII. General features of the XPS spectra shown in Fig. 14.

Peak no.	Valence state	Peak center eV	Height arb. unit	FWHM eV	Area %
1	Si^{4+}	103.36	2198	1.88	40.47
2	Si^{3+}	102.32	502	1.39	6.84
3	Si^{2+}	101.16	245	1.26	3.04
4	Si^{1+}	100.14	190	1.34	2.48
5	Si^{0}	99.12	3764	1.28	47.17

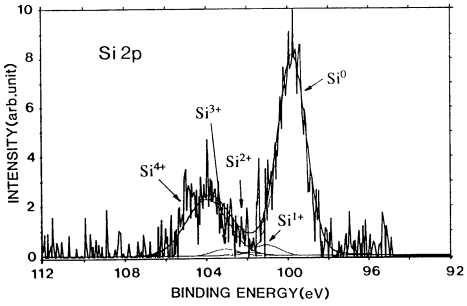


Figure 13 XPS Si 2p spectrum appeared form the 30 Å Small-area anodic oxide film.

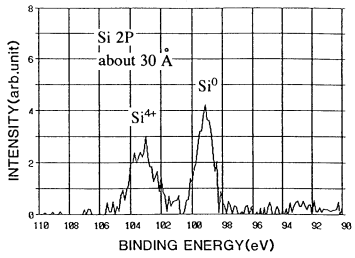


Figure 14 XPS Si 2p spectra of a comparatively large-area anodic oxide film[Ref. 28].

Table VIII. General features of the XPS skectra shown in Fig. 15.

	Peap center	Peak hight	FWHM	Area %
1	103.38 eV	1197.00	1.90	18.29
2	102.47	906.00	1.40	10.19
3	101.30	190.00	1.39	2.13
4	100.31	584.00	1.30	6.08
5	99.16	6299.00	1.25	63.31

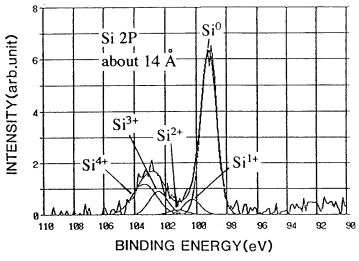


Figure 15 XPS Si 2p spectra of a comparatively large-area anodic oxidation film.

intermediate oxidation states in the composite Si 2p spectra, shown, in Fig. 14 and Fig. 15, are shown in Fig. 16 by bar diagram. It can be concluded that Si-SiO_2 interface of both small-area and large-area anodic oxide are non-stoichiometric in nature and it is Si rich.

4 DISCUSSION

There have been three speculative models proposed to explain interface trap level distribution in thermal oxide quantitatively : the coulombic[17], bond[18,19], and defect models. According to defect model, defects within or near the interfacial region may cause interface trap levels. This foregoing proposal has been made for Si thermal oxide and, therefore, could also stand valid for anodic oxide.

Three different types of defect that could exist at or near the Si-SiO_2 interface and might produce interface traps are (1) excess silicon[20] (trivalent silicon[21]), (2) excess oxygen[22] (nonbridging oxygen), and (3) impurities[23]. Recently Nanjo et al.[24] has analyzed anodic oxide film by XPS to study the chemical composition of the interface and they have suggested a silicon rich interface. Chemical bonds that compose the interface has been speculated[20] to have relation with the stoichiometry of the interface.

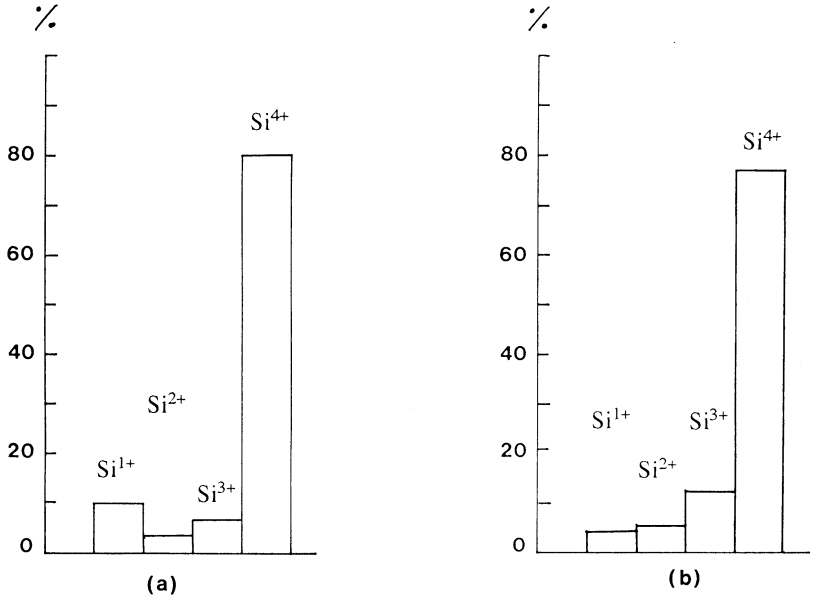


Figure 16 Si atoms having different valence states in the composition of Si-SiO_2 interface oxide of about 30 Å. (a) small-area anodic oxide, (b) large-area anodic oxide.

Anodic oxidation process for small-dimension Si might strongly affect the origins that are believed to induce interface states. Since all the sides of the small-dimdnsion film of anodic oxide layer were surrounded by thermal oxide, a distinct boundary between thermal oxide and anodic oxide could exist in a thermal oxide and anodic oxide. This difference in bond properties could create defects at the thermal-anodic oxide boundary and these defects in turn could cause a higher density of interface states at the thermal-anodic oxide boundary than that in the bulk of anodic oxide. It can be assumed that there could be two different mechanisms of anodic oxide formation in case of the small-dimension Si anodization: the first one of which could have dominated oxide formation at anodic-thermal oxide boundary according to the following relation as indicated in Fig. 16

$$V = f_1[J_{ib}(J, t), t] \tag{3}$$

where the forming voltage V is assumed to be dependent of time, t and Ionic current density at the boundary, J_{ib}. J_{ib} is assumed to be a function of time, even at a constant current density, J. Anodic oxide formation in the region other than boundary can be related to the equation

$$V = f_2[J_{io}(J, t),] \tag{4}$$

where J_{io}, the anodic current density in the bulk of oxide, as shown in Fig. 17, is also assumed to be a function of time and current density J. The formation of anodic oxide estimated by the forming voltage V was sure to have different growth rates for these two distinct regions, boundary and bulk, governed by equation 3 and 4 respectively. This difference in anodization process at boundary and in bulk of oxide during the same oxidation process could be responsible to cause the relationship between interface-state density and current density in case or a small -dimension anodic oxide to be reversed with respect to that of a comparatively large-dimension anodic oxide. It seems to be relevant here to mention that for the formation of large sized anodic oxide, ther-

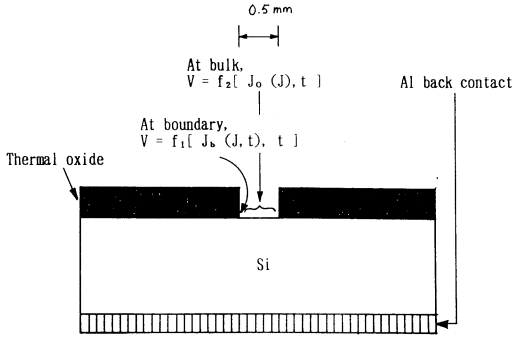


Figure 17 Proposed two regions governed by different anodic oxidation mechanism.

mal oxide is not required to form prior to the formation of anodic oxide.

The result that for small-dimension silicon oxide, interface-state density decreases with increasing current density could be interpreted by putting forward a suggestion that with a smaller current density, the leakage current results due to the defect at the thermal-anooic oxide boundary could cause a greater ratio of impurity/oxidation species through the silicon substrate other than boundary. These impurities, one of which could be potassium, present in the electrolyte used for anodization, would in turn induce interface states throughout the oxide interface. It was shown in Fig. 7 that step-up and step-down transition of current density during any oxidation process influenced the interface state density. Some plausible arguments in favor of the above results could be derived from the V-t curves, shown in Figs. 2 and 4, for three anodization processes. Each time a step-up or step-down transition had been brought about, the forming voltage built up across the oxide showed a sudden change of 2→5 volt in forming voltage just after the transition.

If ohmic law were satisfied, then for a constant conductivity, an increase in current density, J, from 3 to 6 mA/cm^2 could establish a forming voltage two times in value to that of before transition if the oxide thickness before the transition and just after the transition were same. The transition point voltage, however, was observed to experience a change less than 15%. There must be, therefore, some other factors which could affect conductivity of the anodic oxidation species through the already formed oxide at the transition point. Since the bond angle of silicon-oxygen is very soft and may be easily distorted at the interface[25], it is likely that these bonds could be affected by a change in electric field caused by the stepped transition of current density in an anodization process. The distortion or rearrangement of interface feature at any intermediate time during anodization could have left an interface which might have less traps than that in anodic oxide formed by a continuous anodization process.

In the case of a multi-step anodization, the stepped transition of current densities during oxide growth process could not decrease interface state density. In this case, it could be speculated that bond angles at the interface rearranged or distorted at the time of each 3→6 mA/cm^2, 6→10 mA/cm^2 and 10→30 mA/cm^2 transitions. These distortions would ultimately, when the anodization was finally terminated, have left an interface having enough trivalent Si-Si, often termed as dangling bond, stretched Si-Si bonds and stretched Si-O bonds to induce interface states of energies in the silicon band gap.

5 CONCLUSION

Interface states density, N_{it}, in a small-dimension film of silicon anodic oxide was found to have dependency on the current density of anodization process. N_{it}, for a given small-dimension oxide, 1.5 by 0.5 mm square in this study, showed a decrease with increasing current density. A considerable reduction in N_{it} occurred when, in these modified modes, the anodization process was made to go through a step-up or step-down transition before its completion. Among various transitions of current density, single step-down transition was found to have acted most favorably to decrease interface states. In this study, constant current mode was adopted during anodization keeping in mind that if the quality of oxide, formed by constant current mode had shown any improvement, its quality would certainly be improved if constant current mode were followed by constant voltage mode in the same oxide growth process. Small-dimension film of silicon oxide formed by a combination of modified constant current mode and constant voltage mode, if treated by low temperature annealing[26] would have interface-state density of the order 10^{10} which could be as effective as thermal oxide at least from the view point of interface states.

Acknowledgments

We would like to thank Dr. T. Hashizume and Mr. M. Yoshino, from the Hokkaido Polytechnic College, for their cordial cooperation and investigation.

References

1) E. L. Jordan : J. Electrochem. Soc., **108**, 478 (1961).
2) J. R. Ligenza and M. Kuhn : Solid State Technol., **13**, 33 (1970).
3) R. M. Burger and R. P. Donovan : Fundamentals of silicon integrated device technology, vol. 1, p. 55, Prentice-Hall, Inc., NJ, (1967).
4) M. M. Atalla : in Properties of Elemental and Compound Semiconductors, Vol. 5, H. Gatos, Ed., pp. 161-181, Wiley-Interscience, New York (1960).
5) E. H. Nicollian and J. R. Brews : MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology, Wiley-Interscience, New York (1982).
6) S. Nomura and J. Nanjoh : J. Japan Inst. Metals, **24**, 739 (1985).
7) S. M. Sze : Physics of Semiconductor Devices, Wiley, New York (1981).
8) A. H. Kamal, N. Watanabe, J. Nanjoh and S. Nomura : Proceeding of the 18th Regional Conference of Electrochemi. Soc., Hokkaido, Japan, 24 (1992).
9) A. S. Grove : Physics and Technology of Semiconductor Devices, Wiley, New York (1967).
10) P. F. Schmidt and W. Michel : J. Electrochemi. Soc., **104**, 230 (1957).
11) A. G. Revesz : J. Electrochemi. Soc., 114, 629 (1962).

12) L. T. Terman : Solid State Electron., 5, 285 (1962).
13) H. Miyake, K. Mizutani, K. Seinio, Y. Takahashi, Y. iida, J. Nanjoh and S. Nomura : Proceeding of the 21st Regional Conference of Appl. Phys. Soc., of Japan, Hokkaido, 27 (1986).
14) Handbook of X-ray photoelectron spectroscopy, by C. D. Wagner, W. M. Miggs, L. E. Davis, J. E. Moulder. G. E. Muilenberg, Perkin-Elmer Corp., Minnesota, 1979.
15) K. Hattori, M. Muto and T. Suzuki, in the Proceeding of the 17th International Conference on the Phusics of Semiconductors, ed., by D. J. Chadi and W. Harrison, Springer-Verlag, NY, 229 (1985).
16) J. Nanjo, N. Kitamura, T. Kawahara, S. Nomura, Kamal Abu Hena Mostfa : Trans. IEICE, J75-C-II, 754 (1992).
17) A. Goetzberger, V. Heine and E. H. Nicollian : App. Phys. Lett., **12**, 95 (1968).
18) R. B. Laughlin, J. D. Joannopoulous and D. J. Chali : in the Physiscs of SiO_2 and its Interface, S. T. Pantelides, Ed., pp. 321-327, Pergamon, New York (1978).
19) T. Saakurai and T. Sugano : Technical Report of the Institute of Electronics and Communication Engineering in Japan, ED-64, 35 (1980).
20) C. C. Chang : Semiconductor Characterization Techniques, P. A. Barns and G. A. Rozgonyi : Electronic Division Proceedings of the Electrochemical Society, Princeton, N. J., 78-3, 106 (1978).
21) B. E. Deal, M. Sklar, A. S. Grove and E. H. Snow : J. Electrocchemi. Soc., **114**, 266 (1967).
22) S. I. Raider and A. Berman : J. Electrochemi. Soc., **125**, 629 (1972).
23) S. Kar and W. E. Dahlke : Solid-State Electron., **15**, 221 (1972).
24) J. Nanjo, N. Kitamura, T. Kawahara, S. Nomura and Kamal Abu Hena Mostafa : Trans. IEICE, J75-c-II, 754 (1992).
25) A. G. Revesz and G. V. Gibbs : Proc. Int. Top. Conf. Phys. MOS Insulator, Raleigh, North Carolina, 92 (1980).
26) S. Nomura, N. Kitamura, M. Yoshino, J. Nanjo, S. Ishibe and Y. Kanemaki : J of Electronics and Communications, Japan, Part 2, **73**, 862 (1990).

2相ステンレス鋼の時効挙動のメスバウアー分光解析*

山田　卓陽，桑野　　寿，石川　雄一**

Mössbauer Spectroscopy Analysis of Aging Behavior in Duplex Stainless Steel

Takuyo YAMADA, Hisashi KUWANO, Yuichi ISHIKAWA

Abstract

A duplex stainless steel was aged at 723K for time periods up to 5000h to study the mechanism of the phase decomposition of ferrite. A time evolution of the compositional fluctuation was evaluated on the basis of the probabilities of the hyperfine magnetic field distribution computed from the Mössbauer spectra. Precipitation of the Cr-rich α' phase was investigated by the probability of the paramagnetic component and TEM observation.

I．緒　　言

2相ステンレス鋼は，オーステナイト（γ）とフェライト（α）の混合組織となるようにFe-Cr 2元系合金のCr量を調整し，NiとMoなどを添加した合金である。典型的な2相ステンレス鋼の組織は，フェライト他にオーステナイト相が分散しているもので，その比が約1：1である。この材料は一般に耐酸性，耐孔食性などに優れ，その中でSUS329タイプは熱交換器材料として約290°Cで使用されている。しかしこの温度で長時間使用されると，機械的性質が劣化し，耐食性も低下することが問題となっている。その主たる原因はフェライト相がいわゆる475°C脆性により，Cr-richなα'相とFe-richなα相に相分離するためという説が有力である[1)2)]。しかしG相の析出[3)]やオーステナイト相の影響[4)]も無視できない。このような相分離過程において，時効初期の濃度変化を追跡することは、長時間時効後の材料の変化を予測する上で重要である。しかし電子顕微鏡やアトムプローブ[1)]などの方法は短時間時効における微少な濃度変化を検出するほど感度が高くない。その点でメスバウアー分光法はより精度の高い測定結果が得られると思われる。α'相は常温で常磁性で，そのために強磁性のフェライトマトリックスとは明確に区別される。しかしオーステナイト相も常温で常磁性なので，メスバウアー吸収スペクトルにおいて，これら2相に対応する吸収ピークは互いに重畳する。そこでオーステナイトの妨害を無くしたフェライト単相組織の

---

* 1992年10月日本金属学会秋期大会で発表

** 株式会社日立製作所機械研究所

SUS329J2L 鋼の 2 相分離については既に報告した[5]。本報ではこの結果を参考にし，2 相組織の SUS329J2L 鋼の時効挙動を調べることを目的とした。

II．試料および実験方法

供試材は厚さ2 mm 程度の市販の SUS329J2L 2 相ステンレス鋼圧延材である。その主たる化学組成は0.021 mass%C, 0.82 mass%Si, 1.07 mass%Mn, 7.34 mass%Ni, 25.19 mass%Cr, 3.17 mass%Mo（以後，mass%は単に%と記載する）および Fe である。この試料は 2 相組織で，フェライト（α）とオーステナイト（γ）の量比は65：35である。フェライト相とオーステナイト相では元素の分配率が違うので，それぞれの相中の主な化学組成を EDS 分析によって測定した。その結果フェライト中では5.01 %Ni, 27.87 %Cr, 4.30 %Mo, オーステナイト中では8.94 %Ni, 23.77 %Cr, 2.51 %Mo であった。Cr, Mo はフェライト相中に，Ni はオーステナイト相中に濃縮して含まれる傾向がある。このことからフェライト相とオーステナイト相の量比が変化すれば，それぞれの相中の固溶元素量も変化することが予測される。

この鋼板を約15 mm×15 mm×2 mm の寸法に切り出したものを電気炉を用いて大気中で，450°C で最長5000時間まで時効した。試料表面の酸化膜をエメリー研磨紙で除去した後，マイクロカッターで圧延面に沿って厚さ約0.3 mm に切断した。その後機械研磨で50～100 μm まで加工し、無水酢酸と過塩素酸比が 4 ： 1 の混合液中で8～10 V で電解研磨し25～45 μm にした薄膜をメスバウアー分光測定試料とした。

メスバウアー分光測定は ^{57}Co（Rh）線源を用いて，常温（21°C）において透過法で行なった。実測のスペクトルより，Le Caer ら[6] の考案したプログラムを用いて内部磁場分布の存在確率を計算した。メスバウアー分光測定後の試料から透過電子顕微鏡用の薄膜試料を作成し，JEOL2000FX 型電子顕微鏡で組織観察および EDS 分析を行なった。

III．実験結果および考察

1．メスバウアースペクトルの変化

図-1の（A. R.）は受理材のメスバウアースペクトルである。ドップラー速度 v＝0付近のピークは常磁性のオーステナイトによるものである。その両側の 6 本の強磁性スペクトルはフェライト相に対応する。450°C での時効時間が長くなるとともに，強磁性スペクトルを構成する成分ピーク間の間隔は広くなる。これはフェライトマトリックス中での Cr 濃度がしだいに減少していることを意味し，フェライト相の相分離が進行していることを示唆する。5000時間時効した試料のスペクトルでは，ほぼ純鉄のピーク位置に近いサブピークが出現している。これは A. R.では存在せず，時効とともに出現するので Fe-rich な α 相に起因する。これに対応して Cr-rich な α' 相のピークが存在すると考えられるが，オーステナイト相のピークと重畳するために，スペクトル上での特

定は困難であった。

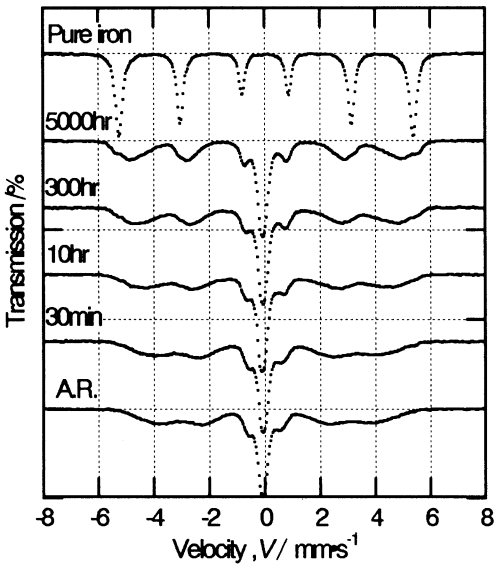


図-1　450°C 時効によるメスバウアースペクトルの時効時間変化

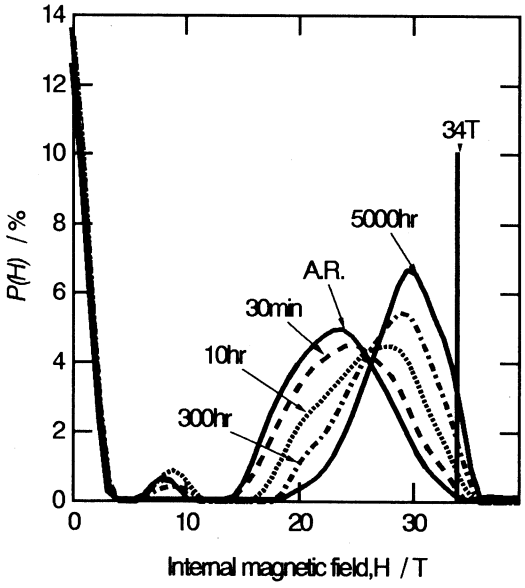


図-2　450°C 時効による内部磁場分布の時効時間変化

2．内部磁場分布の変化

図-2は図-1のメスバウアースペクトルに対応する内部磁場分布の時効時間変化である。受理材（A. R.）の内部磁場分布において，23T を中心とする強磁性のピークはガウス分布から少しずれているが対称的な形状をもっている。30 min 時効ではその対称な形状を保持したまま強磁性ピークは幅を増加し，その高さを減少させている。強磁性ピークの半値幅の増加は，スピノーダル機構によりマトリックス濃度が平均組成の近くで変動し，その振幅が時効時間とともに増大していることを示す。濃度変動の波長に関する情報は，メスバウアースペクトルからは得られない。

図-3(a)は内部磁場分布の強磁性成分から求めた平均内部磁場〈H〉の変化で，2相分離にともなうフェライトマトリックスの全体的濃度変化を表す。時効初期から〈H〉は潜伏期なしに変化し，時効時間の対数に比例して増加する。3000時間の時効後，〈H〉の変化は停滞し，この段階で2相分離反応は終了する。最終的に〈H〉は29.6T となった。この〈H〉から Fe-rich 相の Cr 濃度を求めることを試みた。Ni 量に対する〈H〉の依存性を考慮に入れ，フェライト中の Ni 量が時効によって大きく変化しないと仮定すれば，この〈H〉はフェライト単相の Fe-12 at%-5 at%Ni 合金の値と近い[7)8)]。したがって Cr 濃度は約11～12 at%と推定される。

図-3(b), (c)はそれぞれ内部磁場分布における強磁性ピークの半値幅と，内部磁場5T 以下の存在

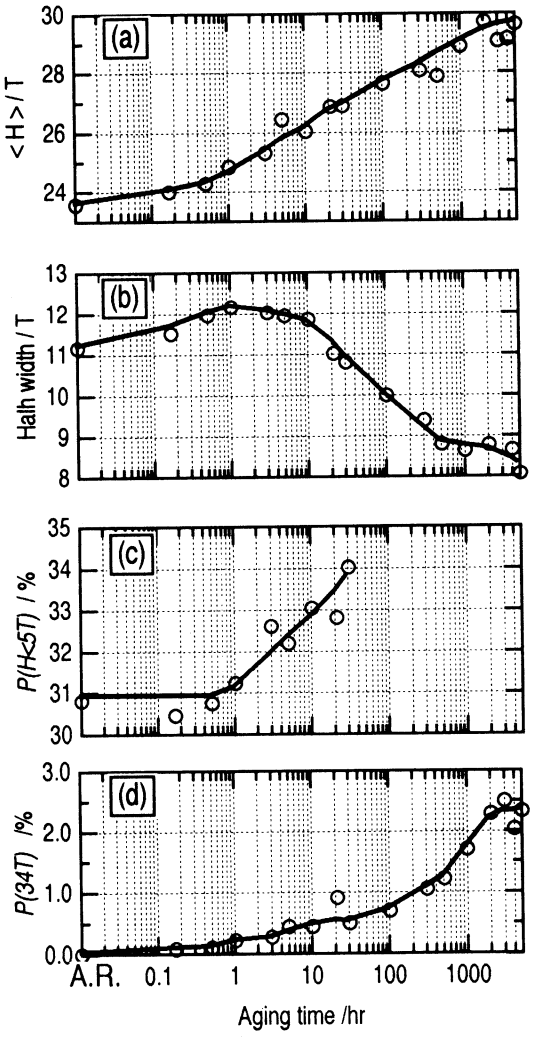


図-3　450°C 時効による(a)平均内部磁場 〈H〉，(b)半値幅，(c)常磁性の存在確率（P(H＜5T)）および(d)内部磁場34T での存在確率（P(34T)）の変化

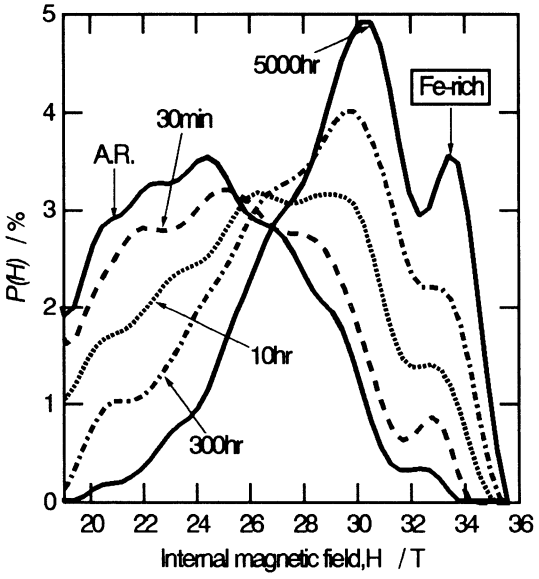


図-4　450°C 時効による内部磁場分布（内部磁場範囲18～36T に限定）の時効時間変化

確率の総和（P(H＜5T)/%）の時効時間による変化である。半値幅は濃度揺らぎの振幅変化，P(H＜5T)は α' 相の析出量の目安となる。時効初期で〈H〉と半値幅は増加し，P(H＜5T)は変化しない。すなわち α' 相の析出なしにフェライト相の濃度変化が起こる。したがってこの半値幅の増加は主にスピノーダル分解による濃度揺らぎの成長に起因する。

P(H＜5T)は3時間以上の時効で急激に増加する。オーステナイト相が時効によって変化しないと仮定すれば，このP(H＜5T)の増加は α' 相の析出によるものと考えられる。図-4は内部磁場分布（図-2）の強磁性成分をより詳しくみるために，内部磁場範囲を18～36T に限定して計算したものである。34T 付近のピークは図-1のサブピークに対応するもので，純鉄に相当する内部磁場成分である。図-3(d)はこの34T の存在確率(P(34T)/%)の変化である。P(34T)は Fe-rich な α 相の生成量に間接的に対応する。このP(34T)は受理材ではほとんど存在しないが，1時間付近から緩やかに増加している。この増加はP(H＜5T)の増加とよく対応している。したがって

1時間では α' 相の析出にともない，その周りのフェライトマトリックスのCr濃度が減少し，その結果Fe-richな α 相が生成する。そして時効時間の増加とともに α' 相と α 相の析出量は増加する。

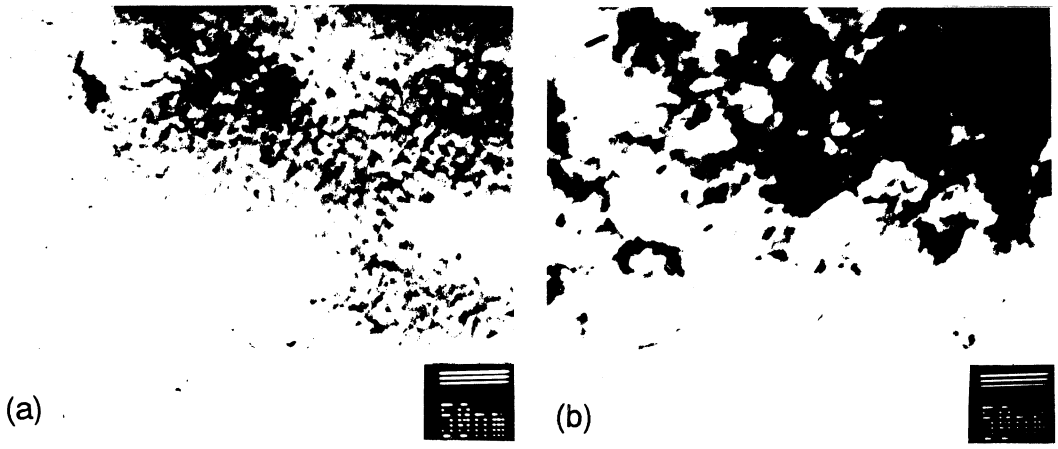


図-5 450°C時効によるフェライト相の電子顕微鏡組織変化
(a)30 h時効，(b)3000 h時効試料

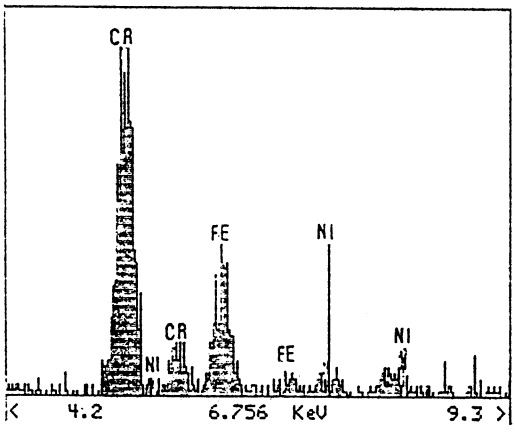


図-6 図-5(b)の析出物に対するEDSスペクトル

3．相分離に伴う組織変化

図-5(a)は450°Cで30時間時効試料のフェライト相の透過電子顕微鏡組織で，1～2 nmサイズの析出相が全面析出している。3000時間時効試料（図-5(b)）では，析出相の粗大化および凝集が観察された。この析出物に対してEDS分析を行なった結果，そのCr濃度は46～70 at%であった（図-6）。測定においてビーム径を十分小さく絞りきれなかったために，マトリックス成分も拾ってしまった可能性が高い。よってこのCr濃度は実際にはもっと高い値と推測される。したがってこの析出物は α' 相と考えられる。

Ⅳ．結　言

(1) SUS329J2L 2相ステンレス鋼のフェライト相は450°Cの時効において，潜伏期なしに濃度変化が起こり，スピノーダル分解により相分離を開始する。スピノーダル分解による濃度変動は

3時間時効で終了する。

(2)　1時間時効で，Cr-rich な α' 相が析出し，それにともない Fe-rich な α 相も生成する。時効時間とともに両方の生成量が増し，5000時間時効で反応は終了する。

(3)　2相分離終了時に存在する Fe-rich な α 相の Cr 量は，〈H〉の値から約11～12 at%と推定される。

本研究は「民間等との共同研究」計画に基づき，株式会社日立製作所機械研究所からの研究補助金によりなされました。関係各位に感謝の意を表します。

参　考　文　献

1）吉村敏彦，石川雄一：日本金属学会誌，56，873（1992）

2）姜　祥春，吉村敏彦，石川雄一：日本金属学会誌，56，1037（1992）

3）M. Vrinat, R. Cozar and Y. Meyzaud : Scripta Metall., 20, 1101 (1986)

4）L. L. Horton and M. K. Miller : Scripta Metall., 30, 1305 (1994)

5）桑野　寿，大城戸　忍，石川雄一，吉村敏彦，濱口由和：日本金属学会誌，57，509（1993）

6）G. Le Caer and J. M. Dubois : J. Phys. E., 12, 1083 (1979)

7）桑野　寿，石川雄一，吉村敏彦，濱口由和：日本金属学会誌，57，17（1993）

8）H. Kuwano, T. Yoshimura, Y. Ishikawa and Y. Hamaguchi : Nuclear Instruments and Method in Physics, B76, 290 (1993)

天然ゼオライトの表面改質による高活性触媒への変換

小林　隆夫，中田由貴子，上道　芳夫，杉岡　正敏

Transformation of Natural Zeolites into Highly Active Catalysts by Surface Modifications

Takao KOBAYASHI, Yukiko NAKATA, Yoshio UEMICHI and Masatoshi SUGIOKA

Abstract

Natural zeolites were modified with 1～5N of mineral acid (H_2SO_4, HCl, H_3PO_4) and ammonium salt ($(NH_4)_2SO_4$, NH_4Cl, NH_4NO_3, NH_4F) aqueous solutions followed by calcination at 500°C and their catalytic activities for various acid-catalyzed reaction such as dehydration of 2-propanol, cracking of cumene and n-hexane, disproportionation and alkylation of toluene, conversion of methanol, etc. were investigated by use of fixed bed flow reactor. It was revealed that the catalytic activities of natural zeolites for these acid-catalyzed reactions were remarkably enhanced by the modification with these acid and ammonium salt solutions. The cause of enhancement of catalytic activities of natural zeolites by modification with these acid and ammonium salt aqueous solutions was supposed to be due to the increase of surface acidity of natural zeolites by these pretreatments.

It can be concluded that there is a possibility of usage of modified natural zeolites as highly active catalysts for various hydrocarbon conversions instead of synthetic zeolites.

1．緒　　言

天然ゼオライトとは，主に堆積岩中より産出するアルミノケイ酸塩の総称である。ゼオライトは，ケイ素やアルミニウムなど地殻に最もありふれた元素を主成分とし，低温低圧条件下で生成するため，天然に比較的多く産出するものである。また，わずかな物理化学的条件の違いによって結晶構造と化学組成が異なるため現在まで約40種の天然ゼオライトの存在が知られている[1)2)]。日本にもモルデナイトおよびクリノプチロライトを主成分とするゼオライト鉱床があるが[3)]，その大部分は北海道から東北・北陸山陰地方の日本海側にかけて広がる緑色凝灰岩地域（グリーンタフ）に集中しており，ゼオライト含有率50％以上のゼオライト岩は，116～232×10^{10} t という膨大な埋蔵量が計算されている。

天然ゼオライトは，現在，東北，北海道を中心として月産6000～7000 t が採掘・販売されているが，その大部分は製紙用フィラー，土壌改質剤，飼料添加剤など原材料を一次加工した程度の簡

易的な面での利用に限られている。天然ゼオライトは，耐熱性，耐酸性ともに合成ゼオライトより優れており，経済的にも非常に安価であるため，今後，天然ゼオライトの利用，開発に関しては，未利用資源の開発だけでなくゼオライト本来の特性を生かした高度利用技術の開発が望まれている[4]。

著者らは，ゼオライトのもつ触媒機能に着目し，天然ゼオライトに種々の表面処理を施し，種々の酸触媒反応に対する触媒特性について検討した。

2．実　　験

2.1　実験装置および方法

(1)　触媒活性試験

実験には，ヘリウムまたは窒素をキャリヤーガスとする通常の常圧固定床流通式反応装置を使用した。本研究で採用した酸触媒反応は，2-プロパノール（以下2-PA と略記，反応温度150°C）の脱水，トルエンの不均化およびメタノールによるアルキル化（反応温度500°C），O-キシレンの異性化および不均化（反応温度400°C），クメン（反応温度400°C）および n-ヘキサン（反応温度500°C）の分解，メタノールの転化（反応温度400°C）である。原料は，マイクロフィーダまたは0°C に冷却した飽和器にキャリヤーガスを流通させ，反応器に導入した。反応生成物の分析にはガスクロマトグラフを使用した。

(2)　表面積測定

(3)　x 線解析

(4)　吸着アンモニアおよびピリジンの赤外線吸収スペクトルの測定

2.2　使用天然ゼオライトの種類と表面処理

本報で使用した天然ゼオライトは，長万部産（以下 NZ-O と略記），余市産（以下 NZ-Y と略記），松前産（以下 NZ-M と略記），釧路産（以下 NZ-K と略記），白沢産（以下 NZ-S と略記），二ツ井産（以下 NZ-F と略記），東北産（以下 NZ-T と略記）の 7 種である。

天然ゼオライトのアンモニウム塩処理および酸処理は，(a)還流法と(b)浸漬法を用いて行った。

(a)　還流法：アンモニウム塩または酸溶液1 l 中に天然ゼオライト5 g を入れ，100°C で 3 時間加熱還流した。

(b)　浸漬法：アンモニウム塩または酸溶液200 ml 中に天然ゼオライト5 g あるいは10 g を入れ，浸漬処理した。浸漬時間および浸漬温度を種々変化させた。

いずれの天然ゼオライトも，処理後蒸留水を用いて充分洗浄し，120°C で乾燥後，500°C で 3 時間焼成した後使用した。

触媒調製に使用した試薬および反応原料は，いずれも市販の特級試薬を使用した。

3．実験結果および考察

3.1　天然ゼオライトへのアンモニウム塩および酸による処理効果

図1に，還流法を用いて1N の種々のアンモニウム塩で3時間処理を行った NZ-O 触媒による2-PA の脱水反応の結果を示す。これより，未処理の NZ-O はほとんど活性を示さないが，アンモニウム塩で処理することによって高い触媒活性を示すことがわかった。また，反応生成物はプロピレンのみであった。これは，アンモニウム塩処理した NZ-O 試料の表面に多数の酸点が形成され，脱水活性が著しく向上した結果であると考えられる[5]。また，塩化アンモニウム，硝酸アンモニウムおよび硫酸アンモニウム処理では，いずれの試料もほぼ同一の処理効果がみられ，アンモニウム塩の種類による活性の著しい差異は認められなかった。

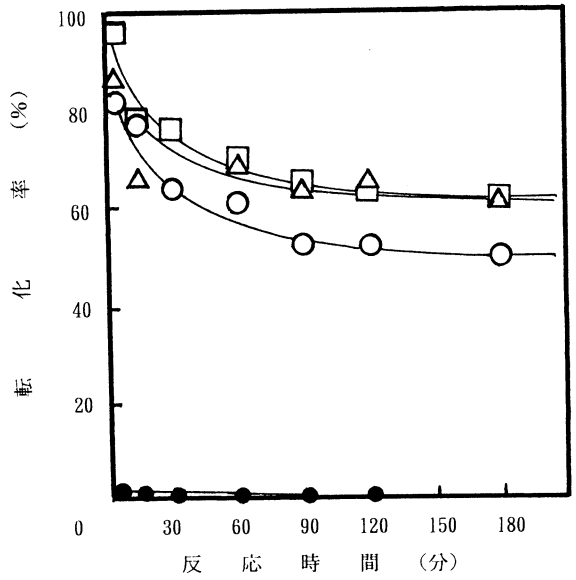


図1　種々のアンモニウム塩処理（還流法）した NZ-O 触媒による 2-PA の脱水反応
●：未処理，○：$(NH_4)_2SO_4$ 処理
□：NH_4Cl 処理，△：NH_4NO_3 処理

図2に，浸漬法を用いて種々のアンモニウム塩水溶液で処理（室温，24時間）を行った NZ-O 触媒による2-PA の脱水反応の結果を示す。これより，還流処理の場合と同様に浸漬処理を行っても NZ-O は2-PA の脱水反応に対して高活性な触媒となることがわかった。また，この場合においてもアンモニウム塩の種類による処理効果の差異はほとんど認められなかった。この結果は，これらのアンモニウム塩処理による触媒活性の向上は塩素イオン，硝酸イオンおよび硫酸イオンなどのアニオンの影響をほとんど受けないことを示している。

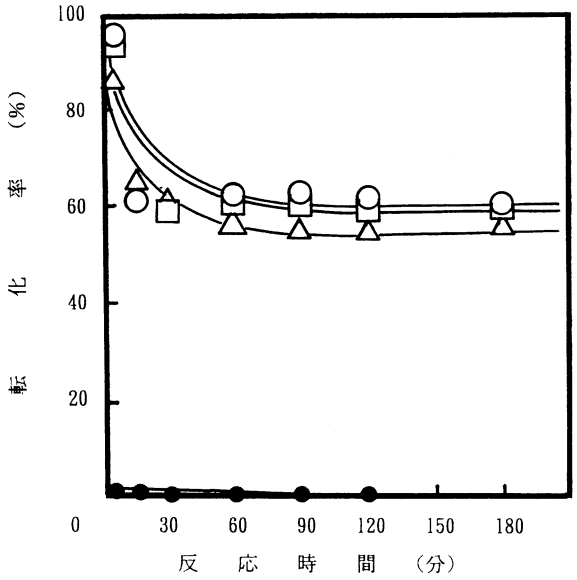


図 2　種々のアンモニウム塩処理（浸漬法）した NZ-O 触媒による 2-PA の脱水反応
●：未処理，○：$(NH_4)_2SO_4$ 処理
□：NH_4Cl 処理，△：NH_4NO_3 処理

以上の結果をまとめたものを表 1 に示す。表 1 には，アンモニウム塩処理した NZ-O による2-PA の脱水反応の10分後の転化率および処理前後の活性増加率を示した。これより，NZ-O をアンモニウム塩処理すると触媒活性が未処理のものと比べて約80～100倍向上することがわかる。また，

表 1　種々のアンモニウム塩で処理した NZ-O 触媒の2-PA の脱水反応に対する触媒活性

処理法	触　　媒	転化率(%)	活性増加比
未処理	NZ-O	0.7	
(a)還流法	$(NH_4)_2SO_4$/NZ-O	63.8	91.1
	NH_4NO_3/NZ-O	64.0	91.4
	NH_4Cl/NZ-O	75.9	108.4
(b)浸漬法	$(NH_4)_2SO_4$/NZ-O	60.7	86.7
	NH_4NO_3/NZ-O	58.6	83.7
	NH_4Cl/NZ-O	60.5	86.4

処理に用いたアンモニウム塩水溶液の濃度はいずれも1N

還流法では塩化アンモニウム処理が高い処理効果を示し，浸漬法では硫酸アンモニウム処理が最も高い処理効果を示した。また，いずれのアンモニウム塩処理についても還流法と浸漬法では初期活性に著しい差異は認められず，経時変化についても図 1，図 2 に示すように反応初期にわず

かに活性低下が観察されるが，その後はほぼ一定の活性を示すことがわかった。さらに，浸漬法と還流法を比較すると，浸漬処理は還流法と異なり，特殊な器具などを必要とせず，天然ゼオライトを処理溶液に所定の時間浸漬させるのみで高い活性が発現する簡便な方法であることがわかる。よって，以後の実験における天然ゼオライトの表面処理は浸漬法で行った。

図3に，NZ-Oを用いた2-PAの脱水反応における種々の濃度のアンモニウム塩水溶液による処理効果を示す。これより，0.5N以上のアンモニウム塩水溶液の濃度変化による活性への大きな影響はみられず，0.5N前後の低濃度でも充分な処理効果を得られることが明らかとなった。

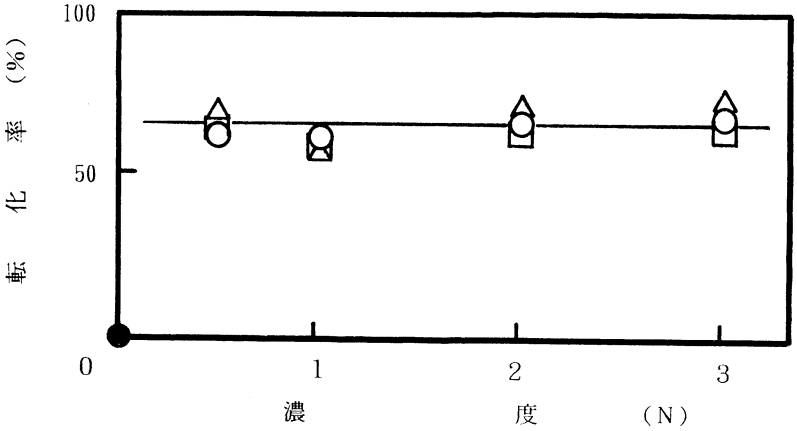


図3　2-PAの脱水反応に対するアンモニウム塩処理濃度による影響
●：未処理，○：$(NH_4)_2SO_4$ 処理，□：NH_4Cl 処理，△：NH_4NO_3 処理

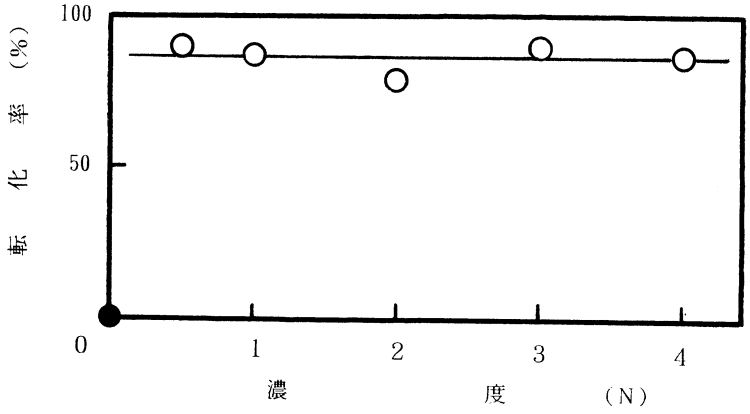


図4　クメンの分解反応に対する硫酸処理濃度による影響
●：未処理，○：H_2SO_4 処理

図4に，NZ-Oを用いたクメンの分解反応における種々の濃度の硫酸溶液による処理効果を示す。この結果，酸処理においてもアンモニウム塩処理同様，処理溶液の濃度の違いによる活性への大きな影響は観察されず，低濃度でも充分な処理効果を得られることが明らかとなった。

3.2 種々の酸触媒反応に対するアンモニウム塩の処理効果

硫酸アンモニウム処理を施したNZ-O触媒により種々の酸触媒反応を行った結果を表2に示す。表2の結果は，反応開始10分後のデータである。これより，いずれの酸触媒反応に対しても硫酸アンモニウム処理を施すことによってNZ-O触媒の活性は著しく向上した。とくに，未処理ではほとんど反応しないO-キシレンの異性化や2-PAの脱水反応では非常に高い活性向上が観察された。また，固体酸触媒のブレンステッド酸点で特異的に進行するとされているクメンの分解反応についても，31.9倍という高い活性増加率を示すことより，硫酸アンモニウム処理によってNZ-O表面のブレンステッド酸点が著しく増加するものと考えられる[6]。また，強い酸性を必要とするトルエンの不均化反応においても，処理後の活性は未処理のときに比べて36倍の活性増加が観察された。さらに，n-ヘキサンの分解反応では，反応初期においてはオレフィンの生成が主であるが，反応時間とともにオレフィンが減少しパラフィンの生成が増加した。これは，反応初期には触媒活性が高いが，同時に多量の炭素質が析出し，それに伴って生成する水素によってオレフィンが水素化されてパラフィンに変化するためであろうと考えられる。

表2 種々の酸触媒反応に対する硫酸アンモニウム処理NZ-Oの触媒活性

反応物	反応	反応温度 (℃)	触媒量 (g)	供給速度 $\times 10^{-2}$ (ml/min)	転化率(%) 未処理 (X_o)	転化率(%) 処理 (X_t)	活性増加比 (X_t/X_o)
トルエン	不均化	500	3.0	5.66	0.2	7.2	36.0
トルエン	アルキル化	500	3.0	5.66	13.0	26.0	2.0
o-キシレン	異性化	400	3.0	5.66	0.5	58.6	117.2
	不均化				0.2	4.8	24.0
	計				0.7	63.4	90.6
n-ヘキサン	分解	500	3.0	0.41	10.4	79.4	7.6
クメン	分解	400	2.0	5.66	2.8	89.2	31.9
2-PA	脱水	150	0.1	3.12	0.7	60.7	86.7

3.3 産地の異なる天然ゼオライトの硫酸および硫酸アンモニウムの処理効果

表3に，7つの産地の異なる天然ゼオライトに硫酸および硫酸アンモニウム処理を施してクメンの分解反応を行った結果を示す。

表 3　クメンの分解反応に対する種々の天然ゼオライト触媒の硫酸および硫酸アンモニウムによる処理効果

触　媒	転化率(%)[1]			活性増加比 (X_0/X_t)	
	未処理(X_0)	処理(X_t)			
		1N-H_2SO_4	1N-$(NH_4)_2SO_4$	1N-H_2SO_4	1N-$(NH_4)_2SO_4$
NZ-O	2.8	87.0	89.2	31.1	31.9
NZ-Y	9.4	48.3	76.7	5.1	8.2
NZ-M	2.9	19.6	50.4	6.8	17.4
NZ-K	7.8	40.8	47.0	5.2	6.0
NZ-S	14.2	78.4	96.1	5.5	6.8
NZ-F	1.8	17.3	42.9	9.6	23.8
NZ-T	43.4	98.3	91.2	2.3	2.1
SA	91.3	—	—	—	—
HY	94.7	—	—	—	—
USY	94.0	—	—	—	—

反応温度400°C，W/F＝0.58 g•hr/ml，　1) 10分後

これより，いずれの産地の天然ゼオライトにおいても硫酸および硫酸アンモニウム処理を施すことによって活性が著しく向上した。特に，NZ-O 触媒は処理後の活性増加率，転化率とも非常に高い値となり，未処理段階から一定の高い活性がある NZ-S や NZ-T とともに，工業用のシリカアルミナ（S. A.）および合成ゼオライト触媒（HY，USY）と同程度の値を示した。なお，このように産地によって処理後の活性が異なるのは，これらの天然ゼオライトの純度が産地によって異なるためと考えられる。

以上の結果より，硫酸および硫酸アンモニウム処理は，天然ゼオライトの触媒活性の向上に非常に有効な手段であることが明らかとなった。

3.4　メタノール転化反応における表面処理と触媒寿命

図 5 に，NZ-O を用いて硫酸および硫酸アンモニウム処理によるメタノールの転化反応を行った結果を示す。反応条件は，反応温度400°C，触媒量1.0 g，キャリヤガス流速20 ml/min であり，メタノールはマイクロフィーダ (0.0532 ml/min) により供給した。この結果，硫酸および硫酸アンモニウム処理した NZ-O 触媒は，反応初期において多量の C_1～C_4 の低級炭化水素を生成し，その触媒活性は未処理のものに比べて数十倍向上することが明らかとなった。しかしながら，その活性は反応の進行とともに急激に減少してしまう。これは，反応の進行とともに触媒表面に炭素質が析出し，触媒表面上の活性点を覆ってしまうためと考えられる。

この実験の目的は，メタノールから炭化水素を生成するとともにその触媒寿命を長くすることにあるので，表面処理による触媒寿命への影響をみるために W/F 等実験条件を変えて行った。その結果を図 6 に示す（触媒は NZ-O)。反応条件は，反応温度400°C，触媒量0.5 g，キャリヤガス流速10 ml/min であり，メタノールは0°C に冷却した飽和器に入れてキャリヤガス流路途中にセッ

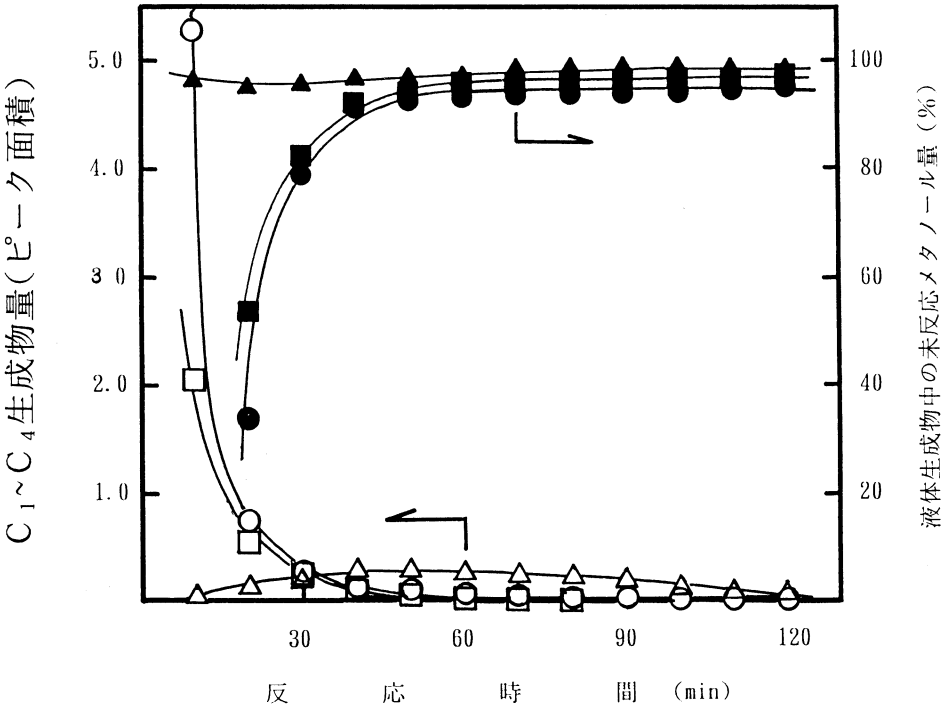


図 5 硫酸および硫酸アンモニウム処理 NZ-O 触媒によるメタノールの転化反応に対する活性
△：未処理，○：1N-$(NH_4)_2SO_4$ 処理，□：1N-H_2SO_4 処理
▲，●，■：各触媒反応での未反応メタノール量
反応温度：400℃

トし供給した。図 6 で，硫酸および硫酸アンモニウム処理した NZ-O 触媒の活性が未処理の NZ-O の 2 倍程度しかないようにみえるが，これは反応開始後240分あたりまでの硫酸および硫酸アンモニウム処理 NZ-O の転化率がほぼ100%となっているためと考えられる。また，未処理 NZ-O の活性が反応開始後一定時間徐々に上昇し，反応中間体である生成 $(CH_3)_2O$ 量が反応初期から減少した後再び上昇しているが，これは反応途中に供給メタノールもしくは反応生成物の水が何らかの原因で NZ-O 表面に酸点を発現させていることを示しているものと思われる。しかし，この現象は NZ-O に特有のもので，他の産地の天然ゼオライトにはみられないものである。何故 NZ-O だけが特異な挙動を示すのか原因は今のところよくわからない。図 6 において，硫酸および硫酸アンモニウム処理試料とも反応中間体であるジメチルエーテル（$(CH_3)_2O$）が生成し始めると活性は急速に落ちてしまうので，ここでは便宜的に生成炭化水素中に占める $(CH_3)_2O$ の割合が20%前後になった時点を触媒寿命と仮定して表面処理による影響をみた。

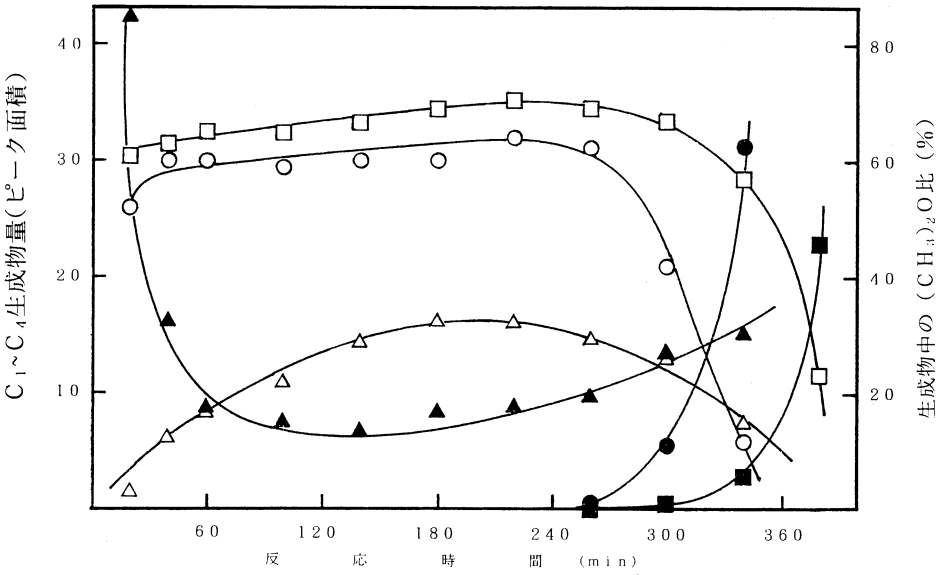


図 6　硫酸および硫酸アンモニウム処理 NZ-O 触媒によるメタノールの転化反応における活性と寿命
△：未処理，○：1N-$(NH_4)_2SO_4$処理，□：1N-H_2SO_4処理
▲，●，■：各触媒反応での生成物中の$(CH_3)_2O$量
反応温度：400℃

表 4 に，NZ-O の表面処理方法を種々変えて実験を行い，触媒寿命への影響などをみた結果を示す。これより，NZ-O を種々の酸あるいはアンモニウム塩溶液により表面処理することにより，未処理の NZ-O に比べて活性・寿命とも大きく向上することが明らかになった。また，表面処理の溶液・方法によって C_1～C_4 生成物の組成比および寿命に違いがあることも明らかとなった。最も触媒寿命が長かったのは，酸処理後短時間アルカリに接触させた触媒であった。このことは，失活の原因となる強酸点上での炭素質の急激な析出がアルカリ処理によって抑制されることを示しているものと思われる。したがって，天然ゼオライトの表面改質にあたっては，適度に酸強度と酸量を制御してやることが重要であり，このことができれば高活性で寿命の長い触媒を調製することが可能であると考えられる。

表 4　種々の表面処理 NZ-O 触媒によるメタノールの転化反応に対する生成物組成と触媒寿命

処　理	生成物組成 (%)[1]						寿命(min)
	C_1	C_2	C_3	C_4	$(CH_3)_2O$	C_1～C_4量(面積)	
未処理	16.6	25.9	5.5	37.9	14.1	8.4	20
HCl[2]	9.3	40.4	26.1	24.1		31.2	320
H_2SO_4[3]	9.0	42.0	25.9	22.1		32.4	360
$(NH_4)_2SO_4$[4]	14.3	41.0	14.4	19.1		29.7	310
H_3PO_4[5]	8.1	42.3	24.1	25.6		26.5	500
NH_4F[6]	11.0	39.5	22.8	26.7		28.6	430
HCl[7]	17.7	52.2	14.3	15.9		—	200
HCl[8]	6.3	28.0	36.1	29.7		29.9	460
HCl＋NaOH[9]	4.1	23.8	13.2	58.2		28.5	780

反応温度：400℃

1)　反応開始 1 時間後のデータ
2)　1N-HCl 溶液200 ml に NZ-O，10 g を室温で24時間浸漬後水洗・乾燥し500℃，3 時間焼成した
3)　1N-H_2SO_4 溶液200 ml に NZ-O，10 g を室温で24時間浸漬後水洗・乾燥し500℃，3 時間焼成した
4)　1N-$(NH_4)_2SO_4$ 溶液200 ml に NZ-O，10 g を室温で24時間浸漬後水洗・乾燥し500℃，3 時間焼成した
5)　1N-H_3PO_4 溶液200 ml に NZ-O，10 g を室温で24時間浸漬後水洗・乾燥し500℃，3 時間焼成した
6)　1N-NH_4F 溶液200 ml に NZ-O，10 g を室温で24時間浸漬後水洗・乾燥し500℃，3 時間焼成した
7)　1N-HCl 溶液200 ml に NZ-O, 10 g を75℃ で 8 時間浸漬水洗処理を 3 回繰返して乾燥し500℃, 3 時間焼成した
8)　1N-HCl 溶液200 ml に NZ-O, 10 g を85℃ で 8 時間浸漬水洗処理を 3 回繰返して乾燥し500℃, 3 時間焼成した
9)　1N-HCl 溶液200 ml に NZ-O，10 g を85℃ で 8 時間浸漬水洗処理を 3 回繰返した後，うち2 g に1N-NaOH 溶液200 ml を吸引濾過で接触させ水洗・乾燥し500℃，3 時間焼成した

3.5　酸およびアンモニウム塩処理による天然ゼオライトの表面積と構造変化

天然ゼオライトの表面処理方法により活性に違いが生ずる要因をさぐる一環として表面積測定を行った。未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理したものを産地毎に区分けして整理したものが図 7 である。図から明らかなように，いずれの産地の天然ゼオライトについても未処理のものに比べて硫酸処理および硫酸アンモニウム処理した試料の方が表面積が大きくなっている。これは，天然ゼオライトを浸漬処理することにより，天然ゼオライト中に含まれている不純物が溶出したために単位重量当たりのゼオライト含有量が増加したことによるか，もしくはゼオライトの細孔入口を塞いでいた不純物が溶出あるいは除去されることによって有効表面積が拡大したものか，あるいはその両方の要因によるものと思われる。しかし，そうした場合に硫酸処理よりも硫酸アンモニウム処理の方が表面積が大きくなることについては，硫酸処理によってゼオライト結晶の構造破壊が一部起こることも考えられるが，その詳しい原因は現段階では不明である。

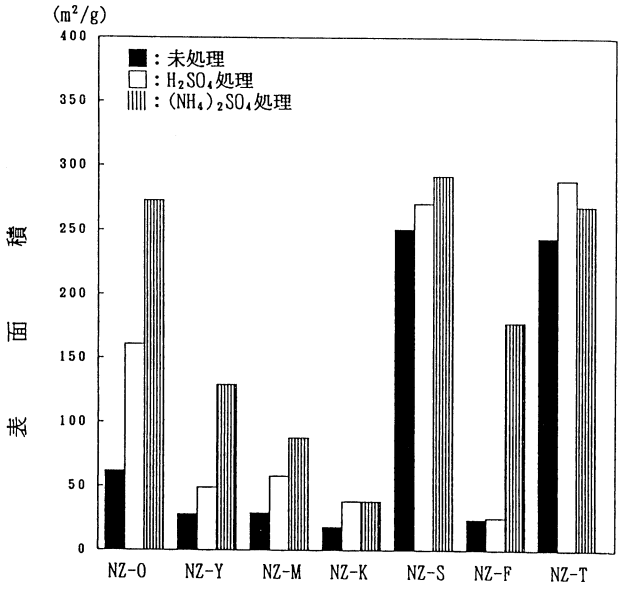


図7　未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理による種々の天然ゼオライトの表面積

図8に，硫酸アンモニウム処理による天然ゼオライト触媒の表面積とクメンの分解反応活性について各産地毎に比較した結果を示す。これより表面積が大きいほど活性が高くなっており，これは触媒活性が触媒表面上にできる活性点の量に依存していることを示しているが，同じ処理方法であるにもかかわらず産地によって触媒活性に違いを生ずる原因がこの処理後の表面積の違いによるものであり，換言すれば天然ゼオライトの純度に依存しているものと考えられる。

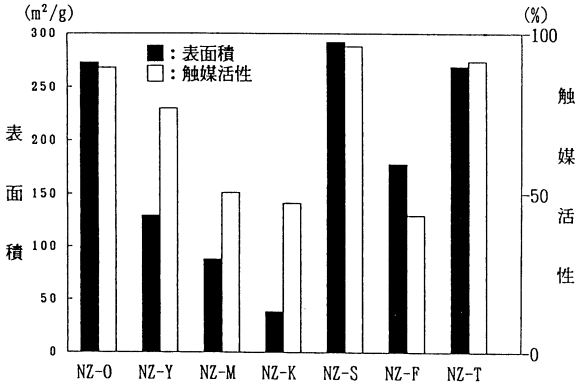


図8　硫酸アンモニウム処理による種々の天然ゼオライトの表面積およびクメンの分解活性

硫酸および硫酸アンモニウム処理による NZ-O 触媒の構造の変化を X 線回析法で検討した。その結果、図 9 に示されるように未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理後の NZ-O は，部分的にわずかな違いが観察されるものの，ほぼ同一の XRD パターンを示した。このことと先に記した濃度による活性変化が観察されないことなどにより，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理による NZ-O 触媒の結晶構造の大きな変化は起こっていないものと考えられる。

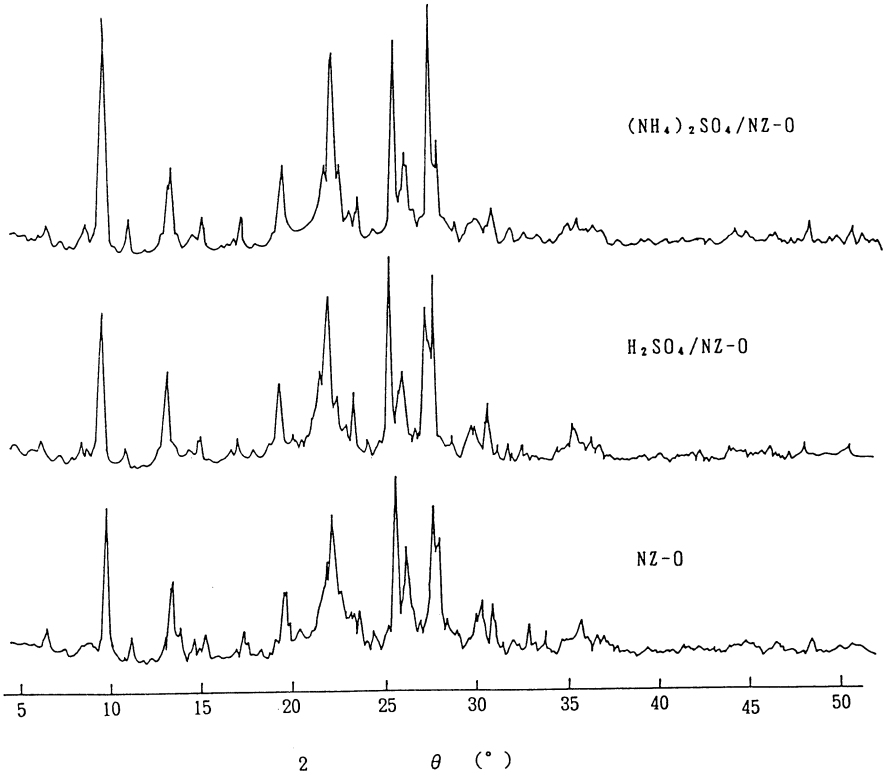


図 9　未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理 NZ-O 試料の XRD パターン

3.6　表面処理による活性発現機構

酸およびアンモニウム塩処理による天然ゼオライト上での酸点の発現機構を明らかにするために，未処理および浸漬処理 NZ-O 試料での昇温排気による赤外線吸収スペクトルを測定した。図10は，1N の硫酸アンモニウム溶液で浸漬処理を施した NZ-O 試料で昇温排気を行った結果である。これより，100°C の真空排気では1450 cm^{-1} 付近にアンモニウムイオンに基づく吸収がみられるが，3500 cm^{-1} 付近にはとくに目立った吸収は認められない。しかし，これをさらに昇温して排気していくと1450 cm^{-1} 付近のアンモニウムイオンに基づく吸収は300°C で最大となった後減少し，替わ

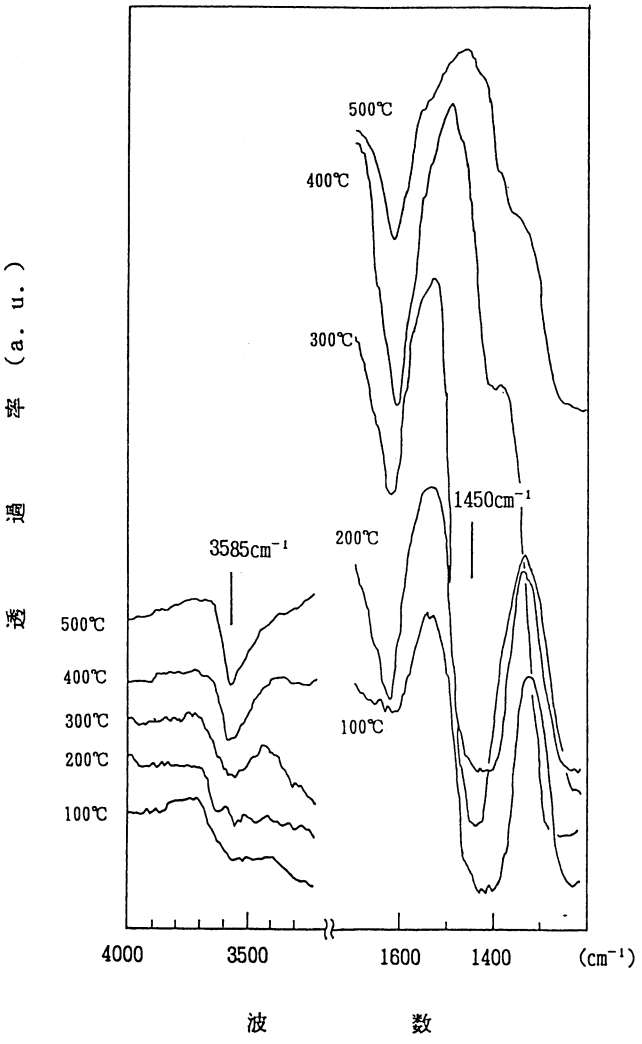


図10 硫酸アンモニウム処理 NZ-O の未焼成試料の昇温排気による IR スペクトルの変化

って3585 cm^{-1} 付近の酸性水酸基に基づくと考えられる吸収が観察された。また，図11は，1N 硫酸で浸漬処理を施した NZ-O 試料で昇温排気を行った結果である。これは硫酸アンモニウム処理試料と異なり，1450 cm^{-1} 付近に吸収は現れず，300°C より高温で3585 cm^{-1} の酸性水酸基に基づくと考えられる吸収が観察された。100°C や200°C で酸性水酸基に基づく明確な吸収を確認できないが，これは天然ゼオライト上に存在している吸着水の影響も考えられる。

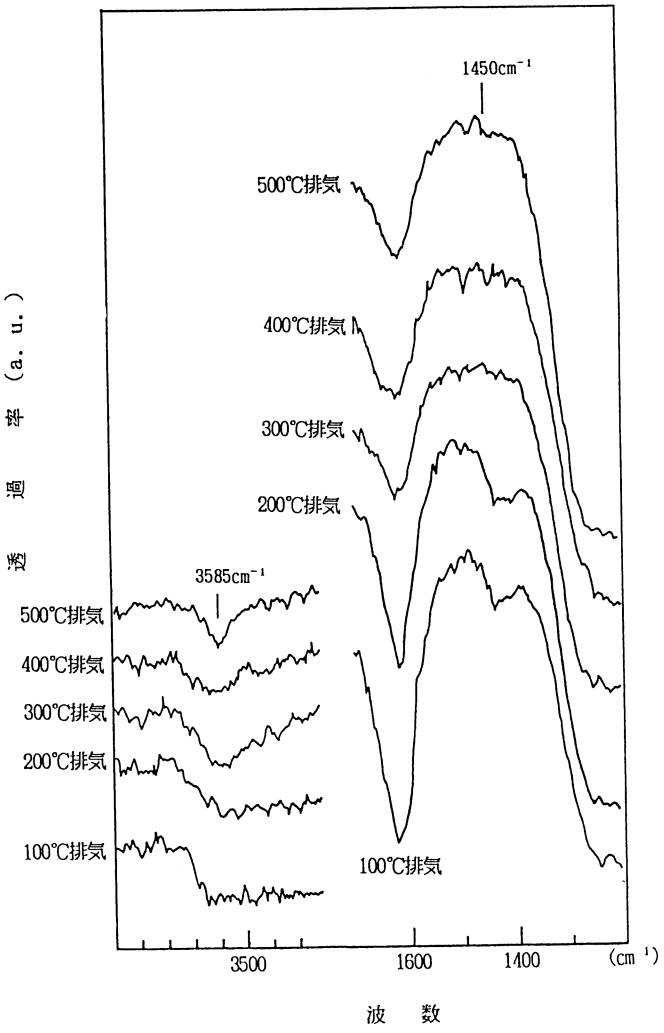


図11 硫酸処理 NZ-O の未焼成試料の昇温排気による IR スペクトルの変化

以上の結果より，硫酸アンモニウム処理では交換されたアンモニウムイオンが加熱によってブレンステッド酸点となり，硫酸処理では直接ブレンステッド酸点が発現するものと考えられる。

天然ゼオライトに酸およびアンモニウム塩による表面処理を施すことにより，ブレンステッド酸点が発現していることをさらに確認するため，アンモニア吸着による赤外線吸収（IR）スペクトルを測定した。図12は，NZ-O での未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理試料のアン

モニア吸着の赤外線吸収スペクトルである。この結果，硫酸および硫酸アンモニウム処理試料では，未処理試料には見られないブレンステッド酸点に基づく1450 cm^{-1} 近傍の吸収スペクトルが観察され，ブレンステッド酸点が発現していることが確認された。

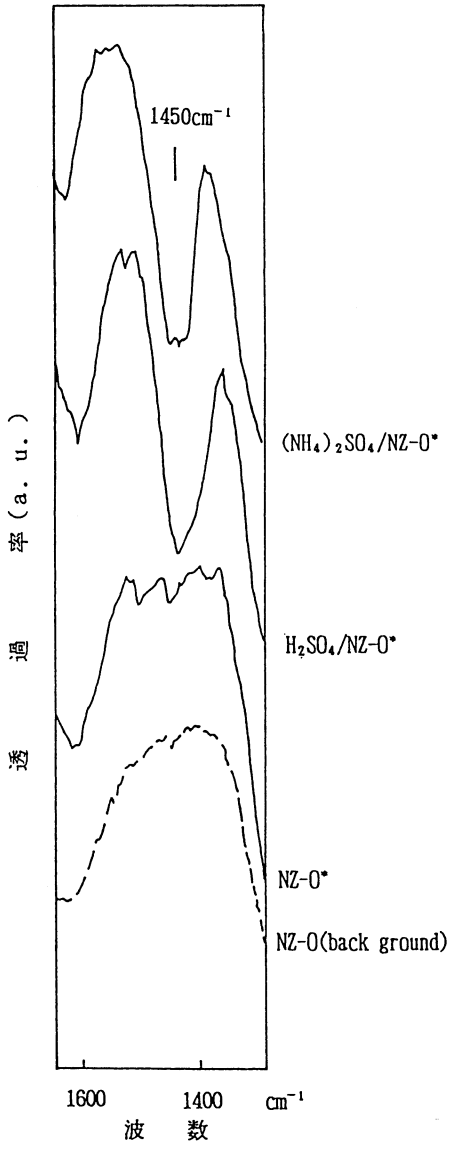


図12 アンモニア吸着による未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理 NZ-O 試料の IR スペクトル
＊室温でアンモニア吸着後200℃で真空排気

また，発現した酸点が強い酸性をも有していることはトルエンの不均化反応の進行でも十分予想できることではあるが，それを確かめるために，アンモニアよりも弱い塩基であり強い酸点にしか吸着しないピリジンを未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理を施した NZ-O 試料に吸着させ，その赤外線吸収スペクトルを測定した。結果を図13に示す。ピリジンを酸点に吸着させるとその赤外線吸収スペクトルは，酸点がブレンステッド酸点ならば1545 cm^{-1} 付近に，ルイス酸点ならば1440 cm^{-1} 付近に現れ，1485 cm^{-1} 付近にこの 2 つの吸収が重なり合ったスペクトルが出現するが，図13はまさにそのことを示しており，未処理試料にみられない強い酸点の吸収が酸およびアンモニウム塩処理試料において新たに発現していることが確認できた。

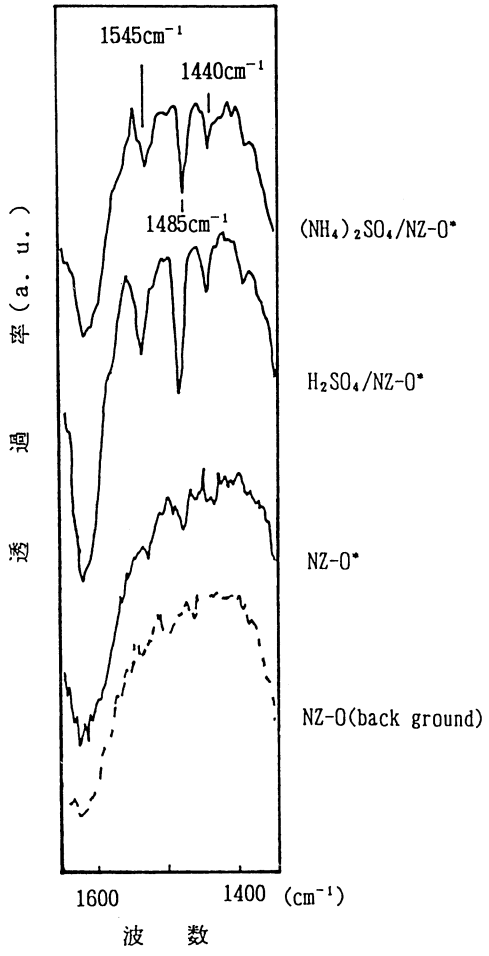


図13 ピリジン吸着による未処理，硫酸処理および硫酸アンモニウム処理 NZ-O 試料の IR スペクトル
＊室温でピリジン吸着後200°C で真空排気

以上の結果をもとに，天ゼオライトの硫酸および硫酸アンモニウム処理によるブレンステッド酸点発現機構を図14のように考えた。

この酸点発現機構において，天然ゼオライトをアンモニウム塩溶液で処理すると，ゼオライト中のナトリウムなどの金属イオンがアンモニウムイオンと交換する。その後，ゼオライトを500°Cで焼成するとアンモニウムイオンが分解してアンモニアとして脱離し，ブレンステッド酸点が形成され，種々の酸触媒反応に有効な活性点が発現するものと考えられる。また，酸溶液で処理した場合は，ゼオライト中のナトリウムなどの金属イオンがプロトンと直接イオン交換し，ブレンステッド酸点が発現するものと考えられる。

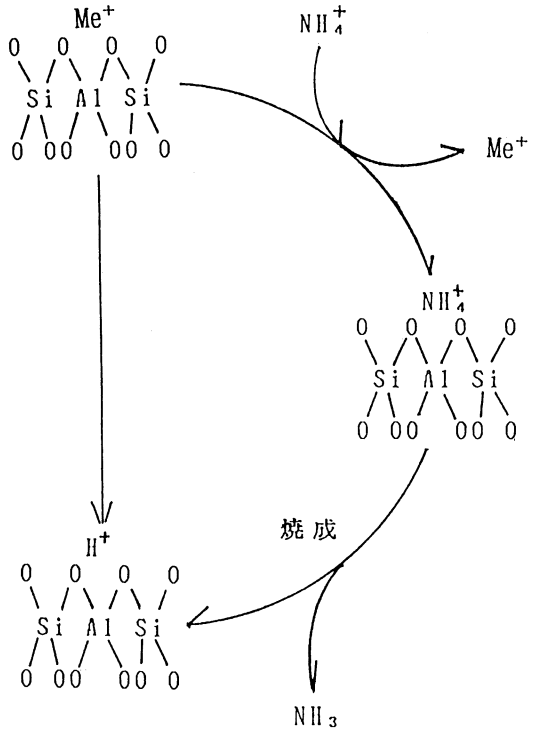


図14 天然ゼオライトの酸およびアンモニウム塩処理によるブレンステッド酸点発現機構

4．結　言

酸およびアンモニウム塩で表面処理した天然ゼオライトによる種々の酸触媒反応を行い，次の知見を得た。

(1) アンモニウム塩水溶液の還流処理および浸漬処理によってNZ-O試料の2-PAの脱水反応に

対する触媒活性は著しく向上した。また，処理法の差異およびアンモニウム塩の種類による活性向上の差異はほとんど認められなかった。これより，より簡便な方法である浸漬処理で，天然ゼオライトの高い処理効果を得られることがわかった。

(2) 今回行ったいずれの酸触媒反応においても，天然ゼオライトに酸あるいはアンモニウム塩で表面処理を施すことによって触媒活性が著しく向上することが明らかになった。また，0.5N 以上の酸あるいはアンモニウム塩水溶液処理では，濃度による活性の差異はみられず，低濃度でも充分な処理効果が得られることが明らかになった。

(3) 天然ゼオライトの表面処理において，処理溶液や処理方法に種々の工夫を凝らすことにより，触媒表面のコーキングを抑制し，触媒寿命を改善できることが明らかになった。

(4) 天然ゼオライトに酸あるいはアンモニウム塩処理を施すことによって，その表面積を大きくできることが明らかになるとともに，表面積の増加と触媒活性向上の相関が確認された。また，酸およびアンモニウム塩処理によって天然ゼオライトの基本構造に大きな変化が起こらないことも明らかになった。

(5) 酸あるいはアンモニウム塩処理によって触媒活性が向上するのは，天然ゼオライトの表面上に新たなブレンステッド酸点が多数生成するためであることが確認された。

以上のように，天然ゼオライトに酸およびアンモニウム塩を用いて浸漬処理を施すことによって，酸触媒反応における触媒活性を著しく向上させることができた。今後，触媒調製法を工夫・改善し，触媒反応におけるコーキングを制御して失活を大幅に抑制できれば，天然ゼオライトの高機能化による，より有効な利用法が開発できるものと考えられる。

参 考 文 献

1）原　伸宣・高橋　浩：ゼオライト―基礎と応用―，講談社，39（1975）
2）富永博夫：ゼオライトの科学と応用，講談社，300（1987）
3）湊　秀雄：化学と工業，Vol. 38, No. 11, 838-847 (1985)
4）鳥居一雄：ゼオライト，Vol. 1, No. 4, 63-71 (1978)
5）原　伸宣：有機合成化学，Vol. 36, No. 2, 117-132 (1978)
6）慶伊富長・小野嘉夫：現代化学，No. 5, 16-24 (1972)

Electrochemical Behavior of Polyaniline-zeolite Composite Electrodes I. Redox of Copper-zeolites

Baochen WANG**, Jinghui YUAN, and Keikichi FUJIKAWA*

Abstract

A composite electrode has been prepared by press of a mixture of zeolite and Teflonized acetylene black on platinum net and mooified with a conducting polymer, polyaniline by means of electrochemical polymerization. The electrodes have been investigated for electrochemical reactions of cupric ion as a function of type of zeolite Y or A, method of ion-exchange, and solution acidity. Oxidation potential of the trapped ion at zeolite shifted considerably in the anodic direction and the shift was interpreted as the cluster size of zero valent copper (Cu^0) resulted in an energy shift of its redox reactions. Thus copper ion participating the redox reactions should exist within the pore sites of zeolite. The electrochemical response depended strongly on solution acidity. Polyaniline interfered for copper ion to concentrate in zeolite. The mechanisms of copper ion exchange and the polyaniline modification effect were discussed on the basis of acid-base property of these substances.

Introduction

The growing volume of publications concerning with the electrochemistry of zeolite-modified electrodes has been issued[1)] from the interests in chemical affinity like ionic exchange and acid-base properties and micro-selectivities like molecular sieve effect and ion selectivity. The high potentiality of zeolite for electrochemical applications, however, is limited by its insulating property and difficulty to fix it on suitable substrates. Those limitations may be related to the poor reproducibility of reactivity and weak durability of electrodes.

One important advantage in the present study is to realize a modification of zeolite with conducting polymer, polyaniline, according to electrochemical techniques. Another improtance exists in stabilization of the electrochemical response and improvement of the durability of the composite electrodes by use of such conductive and stable binder as

* To whom all correspondeces should be addressed : Muroran Institute of Technology, 27 Mizumoto-cho, 050 Muroran-shi Japan.

**Changchun Institute of Applied Chemistry, Academy Sinica, Changchun 130022, People's Republic of China.

Teflonized acetylene black (TAB).

Polyaniline has been investigated physico-chemically in detail and proved the fibril morphology[2] promising a molecule-sized microconductor. Therefore, the growth of the polymer at a boundary of the conductor and the insulator possibly creates a new zone of electrode processes.

In this paper the electrode processes of cupric ion will be described as probe reactions. Along this interest the other processes of iron species will be demonstrated in the succeeding paper[3] for the generality of the function of the similar composite electrodes.

Experimental

Zeolite Y was Linde Molecular Sieve SK-40 in NaY-powder form and zeolite A was also Linde Molecular Sieve 5A in CaA-powder form. Metal-ion-exchanged zeolite was prepared by stirring a suspension of 0.1 g of zeolite powder in 15 ml of a 0.1 M aqueous Cu $(NO_3)_2$ solution for 24 h. Then the zeolite was filtrated and washed with water purified by Mili Q until filtrate became colorless. The exchanged zeolite is referred to as the "pre-exchanged zeolite" to distinguish from the other exchanged zeolite which is referred to as the "post-exchanged zeolite". This was prepared by dipping a composite electrode, which will be mentioned in the succeeding paragraph, consisted of non-exchanged zeolite and TAB into 0.1 M Cu $(NO_3)_2$ solution for 24 h and then washed with water thoroughly.

For combination of zeolite powder with platinum screen substrate, TAB (Teflon 32%, acetylene black 64%) was used. Some properties of TAB have been described elsewhere[4]. Certain amount of zeolite (40 mg) and TAB (20 mg) was mixed thoroughly in a mortar and prepared in a film form. The film was pressed on the both sides of the platium screen (100 mesh). The composite electrode provided above is referred to as the "zeolite-TAB electrode".

Polyaniline was formed at the composite electrode by electrochemical polymerization of aniline (0.1 M) solved in 0.5 M H_2SO_4. The other conditions for polymerization were followed to those reported previously[5]. The modified electrode is referred to as the "zeolite-TAB-PAN electrode".

All electrochemical measurements were performed in a three compartment glass cell which contained platium wire as a counter electrode and SCE as a reference electrode other than the test electrode in the same solution. The electrochemical equipment was a potentio-galvanostat HA-303 (Hokuto Denko Ltd.) connected with a function generator HB-111

(Hokuto Denko Ltd.). Cyclic voltammetry was performed at a constant sweep rate (50 mV/s) and at room temperature (20-24°C).

Results and Discussion

Cyclic voltammograms at the non-modified electrodes in acid solution

Fig. 1a shows a cyclic voltammogram (CV) at the non-exchanged zeolite-Y-TAB electrode in sulfuric acid solution. The whole feature of this CV is typically capacitive. Small peaks appearing at around 0.7 V in the anodic sweep and 0.25 V in the cathodic sweep, which can be attributed to the well-known surface processes on platinum electrode, are negligible comparing to the capacitive current.

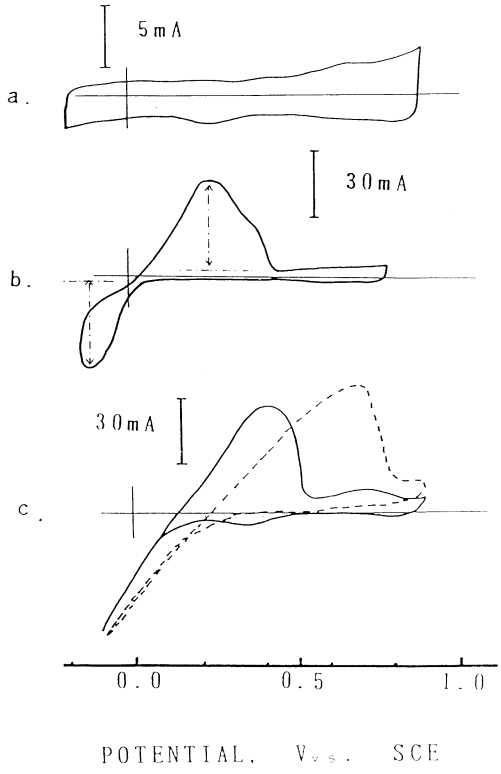


Fig. 1 Cyclic voltammograms in 0.5 M H_2SO_4 at 50 mV/s. Electrodes: a. NeY-type zeolite-TAB: b. only TAB in the solution containing containing 0.05 M $Cu(NO_3)_2$.: c. Cu^{2+} pre-exchanged zeolite-Y-TAB (------) and post-exchanged zeolite-Y-TAB (——).

In Fig. 1b, the CV at the TAB electrode which is composed of only TAB on platinum screen demonstrates the shape of the redox reactions of cupric ion contained in the solution. The petential for the redox reactions shifts further in the negative direction than those at the two electrodes mentioned above. Since the maximum values of the current are almost the same, i. e., 41 and 39 mA at oxidative and reductive cycles, respectively, the amount of participating species to the redox reaction balances very well.

On exchanging Na^+ of zeolite with Cu^{2+} the large current peaks grew up on the background of the capacitive current as shown in Fig. 1c where pre- (solid line) and post- (dashed line) exchanged zeolites

were demonstrated with solid line and dashed line, respectively. Although the shapes of both CV are almost the same, the reduction current starts at more positive potential at the pre-exchanged zeolite (0.3 V) than the post-exchanged zeolite (0.2 V). Farther the top potential of the oxidation peaks shifts about 0.3 V more positive in the anodic direction at the former than the latter. The charge values of the oxidation and reduction balance each other. This situation at the zeolite-A is totally the same to the zeolite-A.

In the case of the composite electrode it is evident that cupric ion was trapped in the zeolite and the redox reaction might take place at the interfacial area between particles of zeolite and carbon contained in TAB. From the microscopic observation, carbon particles (av. 0.7 μm diameter) are smaller in one order of magnitude than zeolite particles (Y-type zeolite: av. 7 μm diameter). Thus the interstitial spaces of zeolite particles in the composite electrode may be closely packed with carbon particles and electrolyte solution may be supplied to the zeolite through the interstitial channels having the hydrophilic zeolite side-wall.

The values of the half wave potential of oxidation peaks of Fig. 1b and c were 0.46, 0.26, and 0.14 V for the pre- and post-exchanged zeolite and the TAB electrodes, respectively. This means that the ion trapped in zeolite is apparently more active to reduction reaction than the ion in the solution. Gion Calzaferri et al.[6] have observed the same behavior on the redox of silver ion. A. Henglein[7] has calculated the equilibrium potential between zero valent silver cluster and its cluster ion. According to this theory the positive shift of oxidation potential at the present system could be attributed to the greater stability of the Cu^0 cluster. Thus it is suggested that the copper ion participating in the redox reactions at the composite electrode might exist at the adsorption sites of the zeolite.

Cyclic voltammograms at the polyaniline-modified electrode in acid solution

A polyaniline modification was performed at a non-exchanged zeolite-TAB electrode, providing the zeolite-TAB-PAN electrode. The CV at this electrode in sulfuric acid solution is illustrated by the dashed curve in Fig. 2. Two couples of redox peaks appear due to polyaniline redox and doping-undoping processes described as follows[2].

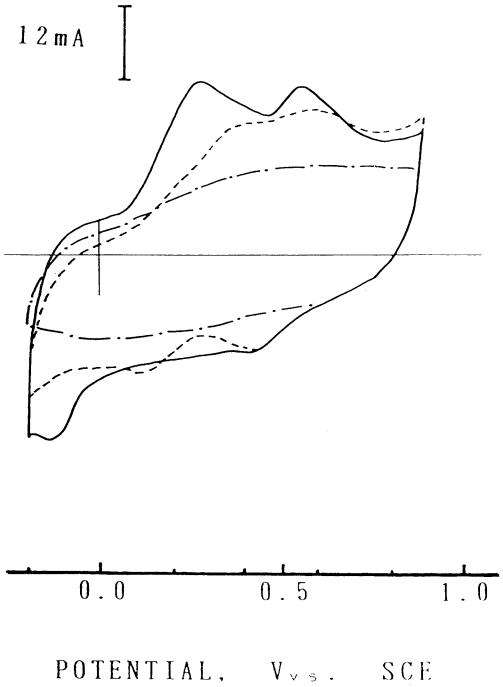


Fig. 2 Cyclic voltammograms at Cu^{2+} post-exchanged zeolite-Y-TAB-PAN at 50 mV/s. Solution: in 0.5 M H_2SO_4 (——) and 0.5 M KNO_3 (·····); non-exchanged zeolite-Y-TAB-PAN in 0.5 M H_2SO_4 (·····).

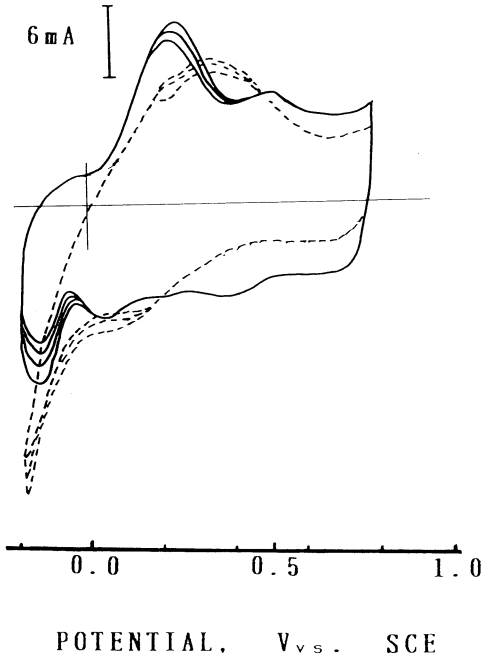


Fig. 3 Cyclic volammograms at Cu^{2+} post-exchanged Y-(——) and A-type (·····) zeolite modified electrodes at 50 mV/s in 0.5 M H_2SO_4.

[I].

$$(-\phi-\overset{H}{N}-\phi-\overset{H}{N}-)_{2x} + 2xA^- \rightleftharpoons$$

$$[(-\phi-\overset{H}{N}-\phi-\overset{H}{N}-)(-\phi-\overset{H_+}{N}=\langle\bigcirc\rangle=\overset{H_+}{N}-)]_xA^-_{2x} + 2xe^-$$

[II].

$$[(-\phi-\overset{H}{N}-\phi-\overset{H}{N}-)(-\phi-\overset{H_+}{N}=\langle\bigcirc\rangle=\overset{H_+}{N}-)]_xA^-_{2x} + 2xA^-$$

$$\rightleftharpoons (-\phi-\overset{H_+}{N}=\langle\bigcirc\rangle=\overset{H_+}{N}-)_{2x}A^-_{4x} + 2xe^-$$

Reaction [I] corresponds to the couple of peaks at potentials of about 0.40 and 0.13 V in the anodic and cathodic sweeps, respectively and Reaction [II] to potentials of about 0.55 and 0.40 V in the anodic and cathodic cycles, respectively.

At the post-exchanged zeolite-TAB-PAN electrode, a new couple of peaks appeared at potentials of 0.25 and -0.15 V on the anodic and cathodic CVs growing from about 0.08 V. The continuous change of those CVs was demonstrated with solid curves of Fig. 3. Comparing these CVs to those of the unmodified electrode (curves of Fig. 1), the peak positions at the post-exchanged zeolite-Y-TAB-PAN electrode are rather silimar to those of the TAB electrode (Fig. 1b). Thus polyaniline may influence mainly on the affinity of the zeolite towards copper ion.

When the type of zeolite was changed to A-type (the dashed line in Fig. 3), the shape of the CV changed slightly from that of the post-exchanged zeolite-Y-TAB-PAN. In one publication[8] the formation of fibers of polyaniline inside the zeolite-A-pores has been reported by use of chemical polymerization. In the present system, although polyaniline might interact with the adsorption sites of zeolite-A, the afinity still maintained in the larger level than that of the zeolite-Y possiblely due to the structural difference between both zeolites.

Cyclic voltammograms in neutral solution

After the measurement in acid solution the solution was changed to the neutral one. The shape of CV changed drastically and all the current peaks disappeared at the post-exchanged zeolite-Y-TAB-PAN evectrode as shown by the dashed curve with a dot of Fig. 2. In a literature[2a] it has been reported that the proton doping ceases in neutral solution because polyaniline convertes to an insulating polymer. On the other hand it has also known that the silver-ion-exchanged zeolite electrode combined with carbon paste behaves such a manner as peaks on CV are minimized in the range of solution pH from 5.5 to 10.2[9] due to deposition of silver ion. In the present system, therefore, the disapparence of current peaks suggests two possible causes so far.: 1. disapparence of active sites on polyaniline molecular chain due to insulation and 2. decrease of cupric ion activity in the reaction zone due to deposition. The redox peaks still occur at the TAB-PAN electrode in cupric ion solution, although polyaniline redox completely disappear as shown by the dashed curve with a dot of Fig. 4a. Therefore the cause 1 can be ruled out.

In neutral solution the CV-shape at the pre-exchanged zeolite-TAB electrode (the solid curve of Fig. 4a) is essentially the same to that in an acid solution (the dashed curve of Fig.

1b). However, there appear two pairs of peaks at the post-exchanged zeolite-Y-TAB electrodes at 0.18 and 0.5 V in the anodic sweep and 0.35 and about −0.1 V in the cathodic sweep as shown in Fig. 4b. But the peak current does not grow so high as those at the pre-exchanged zeolite-TAB electrodes (for example, the solid line of Fig. 4a).

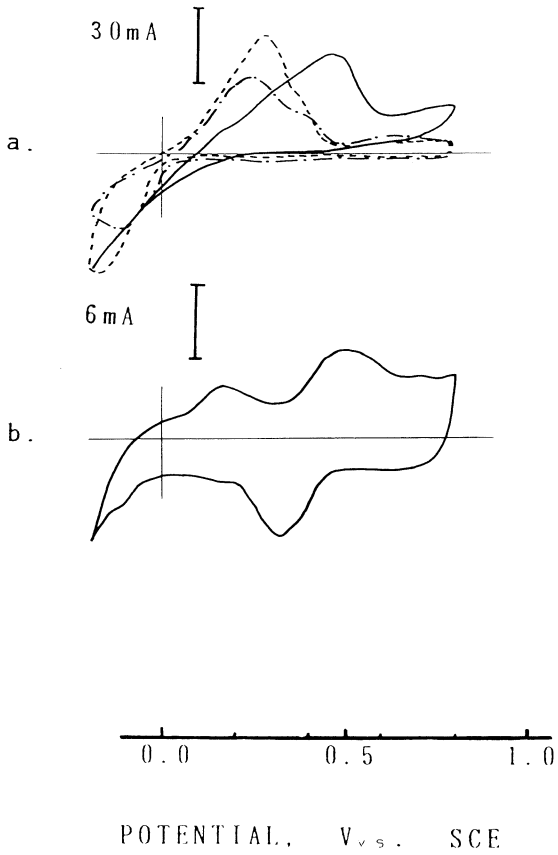


Fig. 4 Cyclic voltammograms in 0.5 M KNO_3 at 50 mV/s. Electrodes: a. Cu^{2+} pre-exchanged zeolite-Y-TAB (——) in the solution without dissolved Cu^{2+} and TAB (------) and TAB-PAN (–•–•) in the solution containing 0.5 M $Cu(NO_3)_2$: b. Cu^{2+} post-exchanged zeolite-Y-TAB without Cu^{2+} in solution.

At the TAB electrode in the neutral solution containing 0.05 M Cu $(NO_3)_2$ the CV-shape is shown by the dashed line in Fig. 4a. It is the same to that in acid solution (Fig. 1c). From these results it is obvious that the activity of cupric ion in both zelite-pores and bulk solution is not so low as all peaks disappearing and thus the cause 2 should also be canceled out.

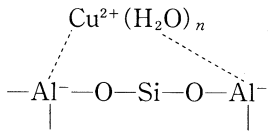
The mechanisms of the ion-exchange and the modification

Thus the present study provides the first manifestation which shows the inside-polymer-zeolite by using electrochemical polymerization. In conclusion, an inductive approach leads to the following mechanisms of the ion-exchange at the present electrodes and its modification with polyaniline.

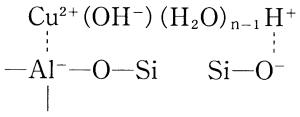
Ion exchange and acid properties of zeolite have been ascribed to tricoordinated aluminium atoms[10] and silanol groups of zeolite. Hydrated cupric ion might link to the sites through ion exchange and dissociate proton under the strong influence of electrostatic field inside the zeolite cavities[11] as formulated by [A-1] and [A-2].

Also it is suggested that the protonated nitrogen atoms in imide radical of polyaniline molecule described in eqs. [I] and [II] can interact with the ion exchange sites of zeolite as formulated by structure [B-1]. As polyaniline hinders the ion exchange sites, the exchange capacity of the post-exchanged zeolite-TAB-PAN electrode decreases considerably as exemplified with the solid curve of Fig. 2 and the both curves of Fig. 3.

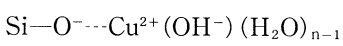
[A-1].



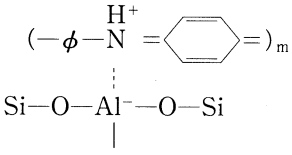
[A-2].



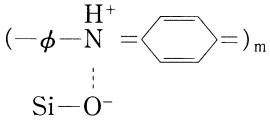
[A-3].



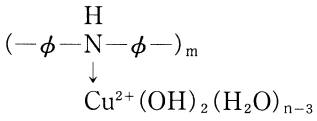
[B-1].



[B-2].



[C].



In generavl, silanol groups of zeolite can dissociate proton easier especially in neutral or alkaline solution and thus those might bind monohydroxy cupric ion strongly as drawn by [A-3], which might have been nominated as "deposit" owing to the anomaly low value of solubility product of $Cu(OH)_2$. Since polyaniline has strong tendence accepting proton, the

dissociation of protons from silanol groups might be promoted at the zeolite modified with polyaniline, taking the structure [B-2].

The effect of solution neutrality, however, is completely different between the post-exchanged zeolite-Y-TAB-PAN (the dashed curve with a dot of Fig. 2) and the post-exchanged zeolite-Y-TAB (Fig. 4b) or the post-exchanged zeolite-A-TAB (the dashed curve of Fig. 5). This fact might be attributed to the surface complex formation through coordination bond between nitrogen of imide group on polyaniline and copper ion inside the zeolite cages due to the large value of stability constant of analogous complexes having N→Cu bond.

The further evidence will be provided in the next paper[3] of this series.

References

1) Rolinson, Dabera R. Chem. Rev., **90**, 867 (1990).
2) a) J. C. Chiang and A. G. MacDiarmid, Synth. Met., **13**, 193 (1986): b) Wu-Song Huang, Brian D. Humphrey, and Alan G. MacDiarmid, J. Chem. Soc., Faraday Trans. I, **82**, 2385 (1986).
3) Wang, B., Yuan, J., and Fujikawa, K., to be published.
4) B. Wang, H. Nakamura, M. Yoshio, and A. Kazawa, Progress in Battery and Battery Materials, **10**, (1991), in press.
5) B. Wang, J. Tang, and F. Wang, Syn. Met., **13**, 329 (1986): X. Jing, J. Tang, Y. Wang, L. Lei, B. Wang, and F. Wang, Science in China (B), **33**, 789 (1990).
6) Gion Calzefferri, Konrad Hadener, and Jianwei Li, J. Chem. Soc., Chem. Commun., 653 (1991).
7) A. Henglein, Ber. Bunsenges, Phys. Chem., **94**, 600 (1991).
8) Patricia Enzel and Thomas Bein. J. Phys. Chem, **93**, 1270 (1989): T. Bein and P. Enzel, Synth. Met., **29**, E163 (1989).
9) Joseph Wang and Teddy Martinez, Analytica Chim. Acta. **207**, 95 (1988).
10) Dollish, F. R. and Hall, W. K., J. Phys. Chem., **71**, 1005 (1967): Stamires, D. and Turkevich, J., J. Amer. Chem. Soc., **86**, 749 (1964): Ben Taarit, Y., Bandiera, J., Mathieu, M. V., and Neccache, C., J. Chim. Phys. Physicochem. Biol., **67**, 37 (1970).
11) Claude M. Naccache and Younes Ben Taarit. J. Cat., **22**, 171 (1971).

Auxiliary Schemes for Axonometric Drawing to Add to its Practical Utility

Akira SUGINOME, Kazutaka KUROSAWA and Satoru INO

Abstract

The present report is intended to help enhance practical utility of axnometric manual drawing techniques. As a pertinent aid, a simple geometrical scheme is introduced to make transformation easier of a trimetric system into its dimetric equivalent, and v. v.; specifically concerning rotation of both systems about any normal to a coordinate/principal plane they have in common.

The above subscheme coupled with now reconsidered auxiliary views to the main drawing and/or the customary resorts serves to make it easier in drawing to account for angular relations between the line of sight and the considered axonometric coordinate system and to address oblique or non-axonometric linear elements and circular segments of an object than only with those resorts, e. g. scale ratios for axonometric lines and coordinate plane revolution to deal with non-axonometric portions (with the known method of intersections as a generalization thereof).

Utility of the customary drawing routine combined with introduced partial alternatives thereto, notably in drawing to meet compound geometrical conditions, is noted in an example to show the agency of our present procedure and others to clarify relatedly conceived additional use of the conventional ellipse guides.

1. Introduction

Rapid progress in computer graphics techniques may be said to have undervalued the normal pursuit of improved skill in manual axonometric drawing. Still, its renovation even to any small extent plainly seems desirable in its reconstitution, e. g., to be more analytical, focused on geometrical basics, irrespective of whether its usage is solely manual or interactive with the former vehicles.

For now, as immediate considerations, certain of axonometric drawing routines, though largely unheeded so far, may be capable of improvement noted in the following.

As a practical need, in its initial sequence any axonometric drawing would rather include explicitly defining the angle between the viewer's line of sight and any relevant prinicipal plane e. g. using its edge views auxiliary to the main drawing. In other words, from the pictorial nature of the drawing that can duly involve artistic sketching, it is natural that the

relative position between the viewer and the considered object or coordinate system had better be intuitively comprehensible.

However, serving the need implicitly alone, the whole preliminary scheme assumed in the standard drawing methodology still remains no more than the angles between the pictures of the system's coordinate axes and the accompanying scale ratios for dimetry and trimetry. In fact, such distinction and scale ratios become secondary as often as not by our subsequently reordering the drawing system taking account of the above priority.

Needed concurrently are appropriate subsystems or devices ancillary to axonometric transformations and to any other drawing work in line with the above primary consideration and to expedite overall geometrical construction; based on such elemental drawing operations as producing from the oblique or non-axonometric segment of a simplex object either its true length or shape and v. v.; fundamental transforms indispensable between an object and its picture.

Those ancillary means amount to auxiliary views of the system and the ordinary means of revolution of coordinate planes; the said devices signify, in the main: the reference points for easier rotation of the principal planes or axes, a simple construction to facilitate the drawing of the ellipse and more practical attempts to add utility to available ellipse guides.

Subsequently, through illustrated examples for developing their more or less combined utility, we are to consider proper use of the foregoing collateral measures to be conducive to axonometric manual drawing.

2. Assumption

In the following for brevity we synonymously refer to axonometric coordinate system as a(n) (axonometric) system unless on defining otherwise; to its coordinate axes/planes as principal planes/axes; to pertinent drawings as drawings or views. Generally, the system to be considered is the one as defined in Ref. [1] along with its auxiliary side view, with its three principal axes stretching toward the viewer of the object lying in principle between its origin and the viewer. Main notation for symbols and abbreviation is given below. With this, any main-auxiliary-combined view drawing is to follow the orthographic third-angle conventions e. g. [2] usual in this country; unless otherwise specified on occasion.

2.1 Notation

i) Literal: In principle, points pertaining to an object are designated by capitals A, B etc. in its drawing and by lower-cases a, b etc. as their projections in space onto a principal plane,

i. e. axonometric coordinate plane.

ii) Suffix : The letter or literal symbol for any point in auxiliary drawings is given suffix "1" or "2" additional to their orininal equivalent in the main drawing, respectively for a first or second auxiliary view. ; additional suffix "0" to literals for points on principal axes or others revolved on to a picture/image plane or parallels thereto, esp. in later discussed examples 1 and 2.

iii) Numeral : i's / i=k, 1, 2. . / refer to transferable points by a sequence of coordnate transformation, with k treated as one of them that is on a dimetric principal axes.

2.2 Abbreviation

Points, line and plane may respectively be abbreviated as pnt., ln., and pl., with "s" to their plural ; point/line of sight as p./l. o. s. ; auxiliary view as a. v. ; true length as TL ; In figures, entries M, A_1 and A_2 signify image planes ; the main, a 1st and a 2nd auxiliary, respectively on both sides of a folding line as intersections between those combined.

3. Subsystems

As is well-known, considerable part of the orthographic drawing technics including those axonometric are usable as eventually equivalent alternatives to each other. Admittedly, the more of them are the better for drawing objects easily subject to visual angles or directions ill-conditioned for analytical drawing operations. In the following, an additional alternative is introduced so that it may be usable combined with other subsystems to the main drawing routine duly including the said auxiliary views and revolution procedure. Their utility will be discussed only as their use correlated or combined with other means.

3.1 Reference Subscheme for Rotation of a System

Though usually needed, still cumbersome seems a mere rotational transformation about a principal axes of any arbitrarily given trimetric system into its dimetric equivalent (though the reverse of this transformation is obvious), without any direct and simple means available even in well-documented textbooks, e. g. [3].

Currently, such a one is introduced. Pertinently, an arbitrarily chosen trimetric system is shown in Fig. 1 with the relatedly assumed axonometric triangle (trace triangle) X_iY_iZ of any size (where i can be any cardinal). Then a circle is drawn with diameter OZ and Center C. Line Mk tangent to the circle at k is drawn from midpoint M of the base of the triangle. Both k and intersection A of horizontal line kk and Z-axis are the necessary reference points in the following sense. Referring at first to point k, intersection X_k of line Ck with the

preceding base can directly determine OX_k as the relevant axis of the required dimetric coordinate system with X_k-, Y_k-and Z-axis; with symmetry readily giving Y_k-axis too.

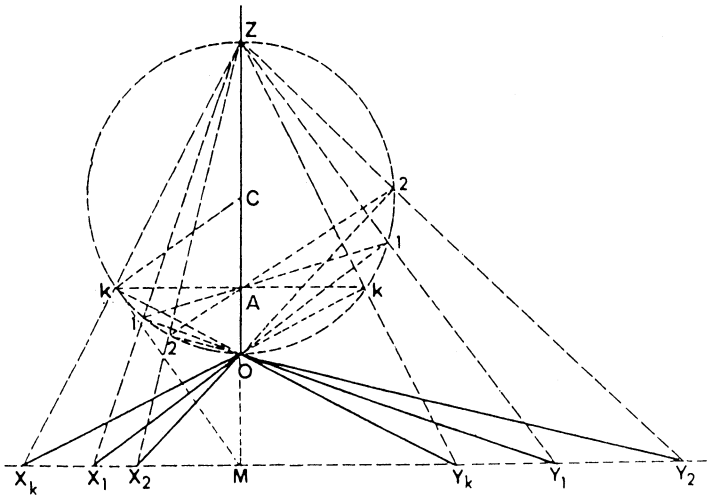


Fig. 1 A geometric relation for transformation between a dimetric system and its trimetric variations.

Next, relating to point A, let arbitrarily assumed $X_{i(i=k,1,2..)}$-axis belong to any trimetric system to be obtained by rotating the above dimetric system about Z-axis. X_i-axis and the said circle obviously intersect at point $i_{(right)}$; and the line drawn though both $i_{(right)}$ and A determine $i_{(left)}$ on the circle (circle C); then line through both O and $i_{(left)}$ provides point Y_i or desired Y_i-axis.

Namely, point k has provided the dimetric system from any of its trimetric counterparts; while point A has commonly served as reference point for any degree of axial rotation above.

The validity of the above concepts is easily confirmed. Shortly noted at least on drawing is for circle C to be the locus of feet i (i=k, 1, 2..), notably including point k, of the perpendiculars to the legs (oblique sides) of trace triangle X_iY_iZ from its orthocenter. Obviously required for any system under consideration to be dimetric is symmetry of points $i_{(left)}$ and $i_{(right)}$ with respect to Z-axis. This holds only when i=k, with symmetric points k obtainable as points of tangency of lines drawn from point M to circle C.

3.2 Major and Minor Auxiliary Circles

Rather than its trimetric variations, a dimetric system now made to be easily afforded is more fitted e. g. for drawing circular objects or revolution loci on a principal plane as in Fig.

2, practically because assuming major and minor auxiliary circles for elliptic drawings can dispense with an auxiliary side view or other ancillary means required in trimetry.

When an ellipse is the revolved entity of a circle lying on the picture plane onto a principal plane as in Fig. 2, the direction of any radius of the circle from its radius vector is not directly detectable without the ellipse drawn beforehand, while most simple is the reverse : to find the direction of ellipse radius vector by use of the circle. Though seemingly too trivial to have been documented so far, the ensuing process fills the purpose.

In Fig. 3, radius vector OX_i is initially given its direction. From intersections (pnts. 1 and 2) of this direction line with the respective major and minor auxiliary concentric circles, a vertical and a horizontal line are drawn to give their intersection, pnt. 3, and the desired radius OX_0. Such pieces of knowledge are convenient in reality e. g. for drawing tangent planes to surfaces of revolution (by applying concentric circle construction [4] or otherwise) and treatment of non-axonometric lines in general.

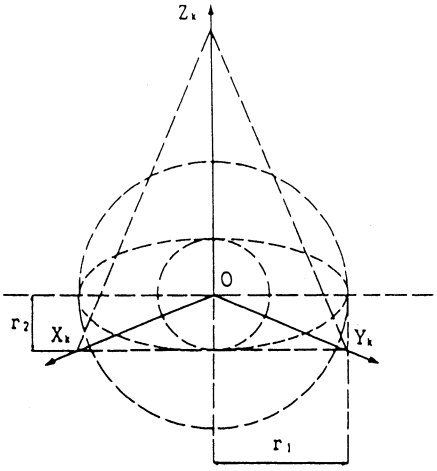


Fig. 2 A dimetric reference system directly affordable by concentric circles or a foreshortening ratio, r_2/r_1.

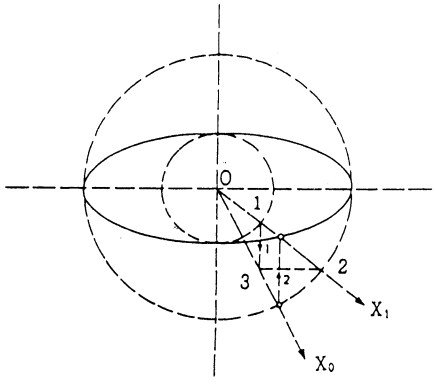


Fig. 3 A way of locating radius of an object circle from a given radius vector of its elliptic view.

3.3 Auxiliary Views to Main Drawing Combined with Other Ancillaries

Despite their apparent inactive practical use so far, auxiliary views to a main axonometric picture seem in fact indispensable in theory and practice, with a trace triangle to the main drawing notably accountable for perpendicular relations between elements of a drawn object. Fig. 4 is intended to exemplify two major aspects of their use : aids to revolution (as the

equivalent for the Mongean term *rabattement* of a principal plane and rotation of line/plane elements of the objects in the context of graphics routine. In that illustration of the ordinary multi-view drawing operations for dihedral angle of planes ABC and BCD, noticeable seems the depicted rotation of the relevant cross-sectional angled lines using a first and second auxiliary view, attended with drawing its locus.

By the nature of a pictorial drawing aimed to be self-explanatory based on the known principles of orthographic drawing and for reasons of space, we let the illustration need no additive accounting for its contents.

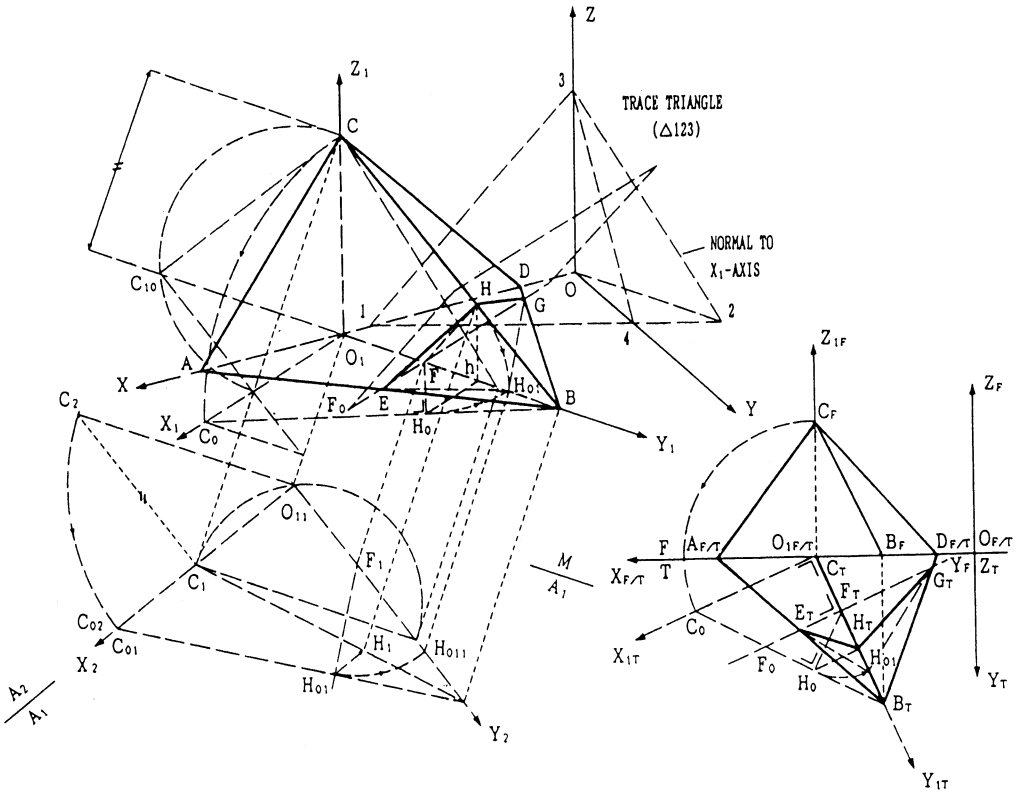


Fig. 4 An axonometric illustration of constructing a dihedral angle by the descriptive geometry.

4. Use of Ellipse Guides

As examples of more practical application of the currently surveyed auxiliary measures, Figs. 5 and 6 introduce a sequence of drawing steps or two for added efficacy of ellipse guides/templates to their customary utility.

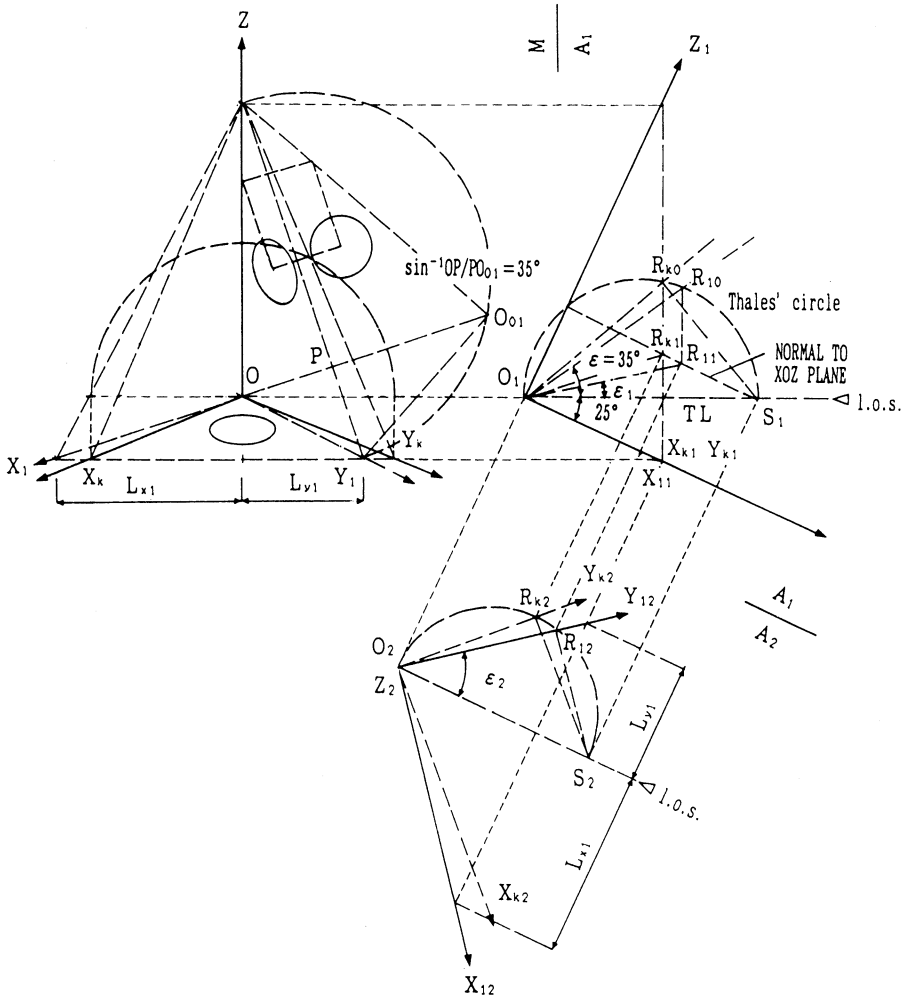
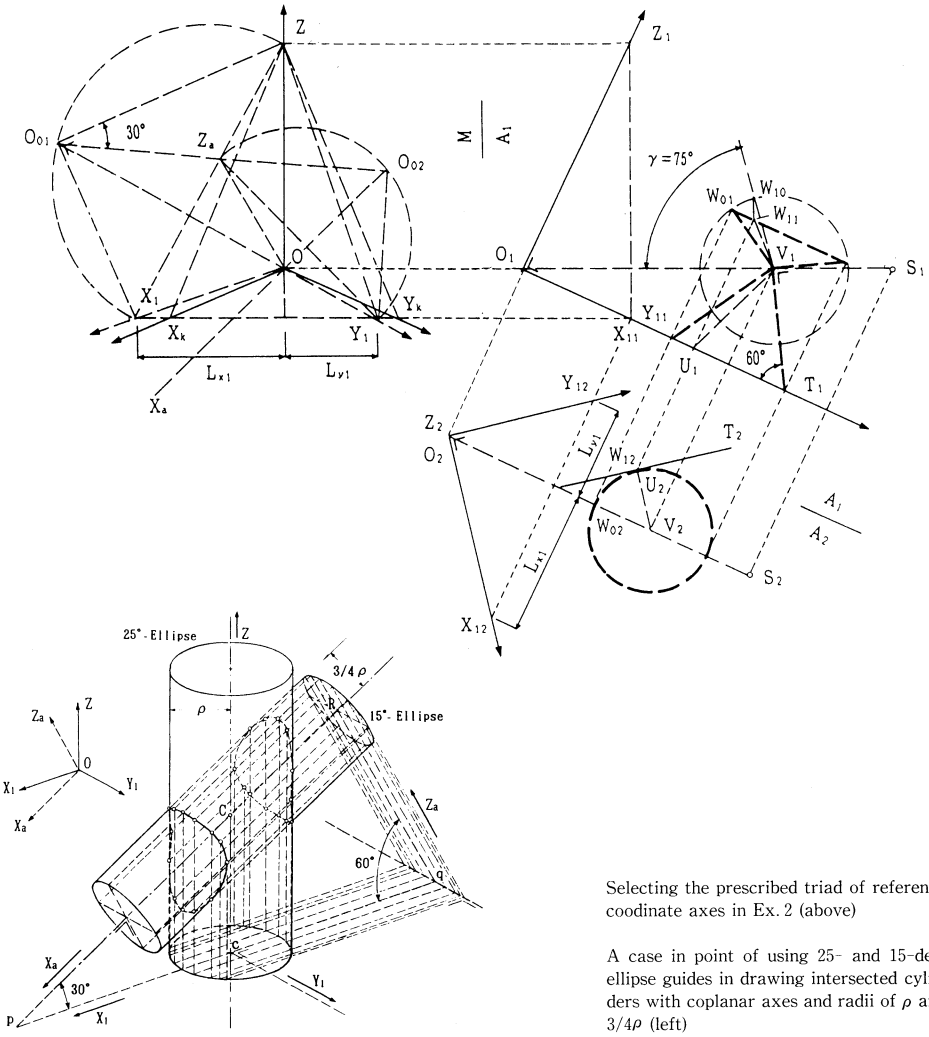


Fig. 5 Example 1 for drawing object circles, laid on different principal planes, as template ellipses of 25- and 35-deg. ellipse angle.

Ex. 1 : Using at first two template ellipse sets different in ellipse angle we are to effect the trimetric drawing of two sets of circles lying on different principal planes ; such usually being the case e. g. in engineering illustration centering on objects with mainly linear and/or circular outlines. Relevantly in Fig. 5, given plane X_kOY_k, beforehand, inclined e. g. through 25 deg. to the picture plane, X_k- and Y_k-axis are to be rotated to the position of X_1- and Y_1-axis so as to turn axonometric projections of circles laid on plane Y_kOZ into ellipse with any assumed ellipse angle, i. e. 35 deg. in the present case.

Such an angle, the same as that of inclination of l. o. s. SO to plane Y_iOZ, where $i=k$, 1 etc., is measurable as angle SOR_i with pnt. R_i as the foot of a normal from expediently chosen p. o. s. S to the plane. Attendant on the rotation through varied angles pnts. R_i's$_{(i=k,1\ etc.)}$ form a circular locus with diameter O_2S_2 which is projected as a line horizontal and a circle in the respective 1st and 2nd a. v.; while forming another with diameter O_1S_1 on the vertical plane assumed through ln. OS in space, when being revolved about axis OS onto that plane.



Selecting the prescribed triad of reference coodinate axes in Ex. 2 (above)

A case in point of using 25- and 15-deg. ellipse guides in drawing intersected cylinders with coplanar axes and radii of ρ and $3/4\rho$ (left)

Fig. 6 Example 2 for methodizing the drawing of object circles, laid on X_1OY_1-principal plane and a plane with a specified 60-deg. inclination to it; to be respective templete ellipses of 25- and 15-deg. ellipse angles; and a directly relevant depiction of intersected objects.

Assumed pnt. $R_{io(i=1)}$ on the latter circle in the 1st a. v. so that angle $R_{io}O_1S_1(=\varepsilon)$ should equal the said 35 deg. is to correspond to R_{11}, in the direction normal to ln. O_1S_1, and further to R_{12} on the former of Thales' circle in a. v. the 2nd, deciding O_2Y_{12} and O_2X_{12} and hence OY_1 and OX_1 in the main drawing.

Ex. 2: In a related context, when an oblique circle lying on a plane is needed to be axonometrically drawn as a template ellipse e. g. with ellipse angle $\varepsilon=15$ deg., provided the object is inclined to plane X_kOY_k through a specified angle e. g. of 60 deg., its position can be decided in a scheme of Fig. 6.

There two cones in a pair, one laid on plane X_kOY_k with that angle as base angle and another, inverted, composed of the normals to the former at its vertex, V, are introduced. Among varied angles that SO, a l. o. s. passing through V, makes with the generatorices of the inverted cone, $\angle WVU$ can be chosen as γ, the complementary to ε, for the reasen to follow.

Because those generatorices may be revolved about l. o. s. SO onto the vertical plane containing this, into the radii of a circle with radius V_1W_{10}, an assumed true-length generatorix V_1W_{10} to make $\gamma=\angle O_1VW_{10}$ with ln. SO can be revolved back into $W_{01}V_1$, which is readily to give the plane or any parallel thereto that can contain the said circle. Namely it is the tangent plane to the first cone through generatorix UV and trace WT, for pnts. U and V correspond in the direction of Z-axis, with plane X_aOZ_a being such a parallel with X_a-axis normal thereto. Incidently included in that figure, as a case in point, is an appropriate axonometric view of two intersecting circular cylinders.

5. Concluding Remark

Though explicitly with only a few specific illustrations, major combinations of the introduced subsystems, including some presumedly novel, seem to have proved of additional use to the conventional means in probable cases of their practical application in constructions under more of quantitative geometrical constraints than those relatively elemental mainly with axonometric lines.

Hence the introduced variations of means are expected to aid types of pictorial drawing where the drawer's depicting compound objects with their circumstantial transfiguration, necessarily grasping their mutual and relative position to the viewer, as part of a total scene tends to be an intricate consideration, unlike simply delineating discrete objects themselves as has mostly been the case.

References

1) Höhenberg, F., "Konstruktive Geometrie in der Technik (3rd Ed.)", Springer-Verlag, Wien, 1966/ Japanese translation (1st Ed.) id. by Masuda, S., pp. 84 ff., Nihonhyoronsha Publ. Co., Tokyo, 1969.
2) Isoda, H. and Suzuki, K., "Introduction to Theories of Graphics—the Basics for Computer Graphics (1st Ed.)", Tokyo Univ. Press, Tokyo, 1969 (in Japanese).
3) Haark, W., "Darstellende Geometrie/III., Axonometrie und Perspektive (5th Ed.)", pp. 28-31, Walter de Gruyter, Berlin, 1980.
4) Giesecke, H. G. et al., "Technical Drawing (6th Ed.)", pp. 110-111, Macmillan Publ. Co., London, 1974.

学術研究発表集録

理　工　編

（平成５年４月１日～平成６年３月31日）

電気電子工学科

H. ITOH T. MATSUMURA K. SATOH H. DATE Y. NAKAO and H. TAGASHIRA* (* Hokkaido Univ.)	Electron transport coefficients in SF_6	J. Phys. D: Appl. Phys.	1993 Vol. 26 pp. 1975-9
H. ITOH Y. TAKEYAMA M. IKEDA K. SATOH Y. NAKAO and H. TAGASHIRA* (* Hokkaido Univ.)	Spectroscopic and Image Intensified investigations of RF plasmas in H_2 and CH_4 mixtures	IEE Proc. - Sci. Meas. Technol.	1994 Vol. 141 pp. 95-8
H. ITOH T. MATSUMURA K. SATOH Y. NAKAO and H. TAGASHIRA* (* Hokkaido Univ.)	Development of electron swarms in CF_4	Proc. 21st Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases (Bochum ; Germany)	1993 Vol. 1 pp. 245-6
H. ITOH Y. TAKEYAMA M. IKEDA K. SATOH Y. NAKAO and H. TAGASHIRA* (* Hokkaido Univ.)	Optical Daignostics of RF plasmas in H_2/CH_4	Proc. 21st Int. Conf. on Phenomena in Ionized Gases (Bochum ; Germany)	1993 Vol. 1 pp. 385-6
H. ITOH M. IKEDA K. SATOH Y. NAKAO and H. TAGASHIRA* (* Hokkaido Univ.)	Spatiotemporally-resolved spectroscopic investigation of RF plasma in CH_4 and H_2 mixtures	Proc. 2nd Int. Conf. on Reactive plasmas & 11th Symp. on Plasma Processing (Yokohama ; Japan)	1994 pp. 383-6
H. ITOH T. NISHIJIMA K. SATOH Y. NAKAO and H. TAGASHIRA* (* Hokkaido Univ.)	Electron collision cross sections for CH_4 and H_2 molecules	Proc. 2nd Int. Conf. on Reactive plasmas & 11th Symp. on Plasma Processing (Yokohama ; Japan)	1994 pp. 295-8

猪股 まどか 松村 俊明 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆 田頭 博昭＊ （＊北大）	電子スオーム特性の多項近似解析	電気学会放電研究会	1993 ED-93-93
畑口 雅人 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆 田頭 博昭＊ （＊北大）	モンテカルロ法による RF グロー放電プラズマの解析	電気学会放電研究会	1993 ED-93-78
池田 誠 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆 田頭 博昭＊ （＊北大）	時空分解による RF プラズマの分光特性	電気学会放電研究会	1993 ED-93-80
三木 維康 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆 田頭 博昭＊ （＊北大）	高 E/N における H_2ガスの電離係数に対する検討	電気学会放電研究会	1993 ED-93-90
西島 俊英 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆 田頭 博昭＊ （＊北大）	水素・メタン混合ガス中の電子スオーム特性	電気学会放電研究会	1993 ED-93-91
池田 誠 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆 田頭 博昭＊ （＊北大）	画像処理法による RF プラズマの時空分解診断	第54回応用物理学会学術講演会	1993 27aHE/I-9
西島 俊英 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆	弱配離気体プラズマの解析（X VI）H_2 の電子衝突断面積	電気関係学会北海道支部連合大会	1992 No. 45
池田 誠 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆	弱電離気体プラズマの解析（X VII）分光法による RF プラズマの解析	電気関係学会北海道支部連合大会	1993 No. 46
猪股 まどか 松村 俊明 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆	弱電離気体プラズマの解析（X VIII）横方向係数の多項近似解析	電気関係学会北海道支部連合大会	1993 No. 47
三木 維康 佐藤 孝紀 伊藤 秀範 中尾 好隆	弱電離気体プラズマの解析（X IX）CF_4 ガスの電離係数の測定	電気関係学会北海道支部連合大会	1993 No. 48
池田 誠 小野寺 幸人 小山田 肇 坂本 誠 伊藤 秀範 中尾 好隆	プラズマ分光診断 4.100 MHzRF プラズマの分光特性	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994 A. 16

猪股　まどか 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆	電子エネルギー分布のボルツマン方程式解析 41．多項近似解析による電子輸送係数の計算	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994 A. 17
西島　俊英 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆	H_2：CH_4 混合ガスの電子輸送解析	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994 A. 39
三木　維康 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆	CF_4 ガスの電離係数および電子付着係数	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994 A. 40
畑口　雅人 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆	H_2：CH_4 混合ガス RF グロー放電の解析	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994 A. 41
畑口　雅人 渡部　将人 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	弱電離気体プラズマの解析（XXV）モンテカルロ法による H_2：CH_4 混合ガス RF グロー放電の解析(1)	電気学会全国大会	1994 No. 152
三木　維康 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	弱電離気体プラズマの解析（XX）CF_4 ガスの電離係数および電子付着係数の測定	電気学会全国大会	1994 No. 225
川島　雅人 三木　維康 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	弱電離気体プラズマの解析（XXI）CH_4+H_2 混合ガスの電離係数の測定(1)	電気学会全国大会	1994 No. 227
池田　誠 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	弱電離気体プラズマの解析（XXII）水素 RF プラズマの基板温度依存性	電気学会全国大会	1994 No. 227
猪股　まどか 松村　俊明 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	弱電離気体プラズマの解析（XXIII）ボルツマン方程式の電離衝突項に関する提案	電気学会全国大会	1994 No. 228
西島　俊英 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	弱電離気体プラズマの解析（XXIV）H_2：CH_4 の電子衝突断面積と電子スオームパラメータ	電気学会全国大会	1994 No. 229
猪股　まどか 佐藤　孝紀 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭＊ （＊北大）	CF_4：N_2 混合ガスの電子輸送解析	第41回応用物理学関係連合講演会	1994 29aZE/I-7

池田　誠 小野寺　幸人 小山田　肇 坂本　肇 伊藤　秀範 中尾　好隆 田頭　博昭* (*北大)	RF プロセシングプラズマの分光診断	第41回応用物理学関係連合講演会	1994 29pZE/I-12
A. Odajima (道工大) T. Teruuchi (道工大) M. Imai	Prediction of acoustooptic sensitivity of single-mode polymer optical fiber	Reports on Progress in Polymer Physics in Japan (RPPPJ)	36 349-350 (1993)
岩本　貴敏 今井　正明 今井　洋 (九州工大)	GeO_2 ドープ偏波保持光ファイバにおける非線形光学効果の測定とその応用	電子情報通信学会技術研究報告	93 (25), 1-7 CS93-25 (1993)
佐藤　信也 堀　清敬 今井　正明 元井　和司 (道工大) 小田島　晟 (道工大)	圧電性高分子被覆ファイバを用いたモード同期 Nd^{3+} ドープファイバレーザ	電子情報通信学会第1回光ファイバ応用技術研究会	1993 33-36 OFT93-9
今井　正明	光部品—能動型光ファイバ部品を中心にして	電子情報通信学会第1回光ファイバ応用技術研究会 (招待講演)	1993 13-18 OFT93-4
佐藤　信也 今井　正明	圧電性高分子被覆ファイバを用いたモード同期ファイバレーザ	日本学術振興会光エレクトロニクス第130委員会・第184回研究会	1994, 2 ,14
今井　正明 佐藤　信也 元井　和司 (道工大) 小田島　晟 (道工大)	ファイバ型位相変調器を用いたモード同期ファイバレーザ	科研費・重点領域研究「超高速・超並列光エレクトロニクス」平成5年度第3回研究会	3 (3) 53-56 (1993)
今井　正明 小田島　晟 (道工大) 元井　和司 (道工大) 小倉　邦男 (古河電工)	多機能光ファイバデバイス—モード同期ファイバレーザへの応用—	科研費・重点領域研究「超高速・超並列光エレクトロニクス」第3年度研究成果報告書・総合シンポジウム講演論文集	1994 171-174 No. 5-6
堀　清敬 佐藤　信也 今井　正明 元井　和司 (道工大) 小田島　晟 (道工大)	圧電性高分子被覆 Nd ドープ光ファイバの光位相変調及びマイクロ波反射特性	電子情報通信学会秋季全国大会	1993.9.5 C-244
木村　宏治 今井　正明 照内　拓之 (道工大) 小田島　晟 (道工大)	高効率 FM モード同期ファイバレーザのための圧電高分子膜厚の最適設計	電子情報通信学会秋季全国大会	1993.9.5 C-245

岩本貴敏 今井正明 今井洋 (九州工大)	GeO_2ドープ偏波保持光ファイバにおける非線形光学効果及び光カー係数の測定	電子情報通信学会秋季全国大会	1993.9.5 C-257
照内拓之 (道工大) 小田島晟 (道工大) 今井正明	単一モードプラスチック光ファイバの超音波感度の予測	電子情報通信学会秋季全国大会	1993.9.6 C-288
佐藤信也 堀清敬 今井正明 元井和司 (道工大) 小田島晟 (道工大)	圧電性高分子被覆 Nd ドープファイバ型モード同期レーザの基礎実験	第54回応用物理学会学術講演会	1993.9.28 28a-K-10
岩本貴敏 今井正明 今井洋 (九州工大)	温度保証した縦属接続 GeO_2 ドープ偏波保持光ファイバの非線形光カー係数測定	平成5年度電気関係学会北海道支部連合大会	1993.10.17 162
堀清敬 佐藤信也 木村宏治 今井正明 元井和司 (道工大) 小田島晟 (道工大)	100MHz 帯域位相変調用 Nd ドープ光ファイバのマイクロ波反射特性	平成5年度電気関係学会北海道支部連合大会	1993.10.17 164
照内拓之 (道工大) 小田島晟 (道工大) 今井正明	単一モードポリマー光ファイバの音響光学的感度の解析と超音波センサへの応用	平成5年度電気関係学会北海道支部連合大会	1993.10.17 170
Y. UEDA S. IKEDA K. MINAMI	Precipitation of α-Fe and structure for amorphous $Fe_{74}Cu_1Nb_3Si_xB_{22-x}$ alloys by annealing	Eighth International Conference on Rapidly Quenched and Metastable Materials	1993.8.26
池田正二 上田勇治	Fe-Si-B-Cu-Nb 非晶質合金中に析出した α-Fe の構造と透磁率	第17回日本応用磁気学会学術講演会	1993. 9 .13
池田正二 上田勇治	非晶質 Fe-Si-B-Cu-Nb 合金の bcc (Fe-Si) 固溶相析出と透磁率	第54回応用物理学会	1993. 9 .29
池田正二 上田勇治	Fe-Si-B-Cu-Nb 非晶質合金の透磁率と組成分布	電気関係学会支部連合大会	1993.10.16
長井優 池田正二 上田勇治	Co 及び Fe 系非晶質合金の透磁率に及ぼす熱処理の影響	電気関係学会支部連合大会	1993.10.16
浜伸一 上田勇治	Fe/Zr 多層膜の構造と電気的及び磁気的性質	電気関係学会支部連合大会	1993.10.16
伊藤雅紀 高倉亘 上田勇治	電着法による Fe-W 合金膜の電気的及び磁気的性質	電気関係学会支部連合大会	1993.10.16
池田正二 上田勇治	Fe-Si-B 系非晶質合金の構造変化と磁気特性の温度依存性	日本金属学会支部講演会	1994. 1 .27
長井優 池田正二 上田勇治	非晶質 Co-Fe-Si-B-M (M=Nb, Zr) 合金の磁気的性質に及ぼす熱処理の影響	日本金属学会支部講演会	1994. 1 .27

池田正二 上田勇治	非晶質 $Fe_{74}Cu_1Nb_3Si_xB_{22-x}$ (x＝0-18) 合金の熱処理による組成分布と磁性温度依存性	日本金属学会春季大会	1994. 3 .31
Y. UEDA N. KIKUCHI	Structure and Magnetic Properties of Electrodeposited Fe-Cu Alloy Films	Jpn. J. Appl. Phys	32 1779-1782 (1993)
Y. UEDA A. KOIZUMI K. MUKASA (Hokkaido Univ.)	Structure and Magenic Properties of Fe/Pb Multilayer Thin Films	J. Magn. Magn. Mater	126, 28-30 (1993)
H. TAZAWA Y. HASHIMOTO M. TAKAMI Y. YUFU C. G. Whittow (ハワイ大学)	Simple, noninvasive system for measuring the heart rate of avian embryos and hatchlings by means of a piezoelectric film	Medical & Biological Engineering & Computing	31, 129-134 (1993)
坂口威 新田希 松浦勇二 畑中雅彦 西辻昭	拡散方程式を用いた He-Ne の混合ガスグロー放電陽光柱の電界一電流特性	電気学会論文誌A	Vol. 114-A No. 1 pp. 25-30 (1994)
畑中雅彦 水戸賢司 松浦勇二 坂口威 西辻昭	グロー放電陽光柱に対するボルツマン方程式について	電気学会研究会資料	ED-93-83 1993,8,3
水戸賢司 松浦勇二 坂口威 畑中雅彦 西辻昭	拡散方程式を用いた Ne-Ar 混合ガス陽光柱の解析	電気学会研究会資料	ED-93-84 1993,8,3
東太 松浦勇二 坂口威 畑中雅彦 西辻昭	アドミタンス法による電子エネルギー分布の高エネルギー部の補正	電気学会研究会資料	ED-93-85 1993,8,3
坂本秀史 東太 松浦勇二 坂口威 畑中雅彦 西辻昭	ネオングロー放電陽光柱の電子エネルギー分布測定	電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1993,10,16
畑中雅彦 水戸賢司 東太 松浦勇二 坂口威 西辻昭	グロー放電陽光柱のボルツマン方程式について(2)	電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1993,10,16
松本誠也 水戸賢司 東太 松浦勇二 坂口威 畑中雅彦 西辻昭	拡散方程式を用いた Ne-Ar 混合ガス陽光柱の解析 (混合比による電子の発生割合)	電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1993,10,16
S. MIYANAGA H. OHTATEME K. KAWANO H. FUJIWARA	Excited-State Absorption and Pump Propagation Effects on Optical Phase Conjugation in a Saturable Absorber	Journal of Optical Society of America B	10, (6) 1069-1076 (1993)

S. MIYANAGA M. IMAI T. ASAKURA	"Radiation Pattern of Light Scattering from the Core Region of Dielectric-Slab-Optical Waveguides," in Slected Papers on Coupled-Mode Theory in Guided-Wave Optics (D. G. Hall, ed.)	SPIE Optical Engineering Press SPIE Milestone Series, MS84	465-472 (1993)
似内映之 宮永滋己	プリズム結合法による有機色素分散薄膜の吸収係数・屈折率分散特性の測定	光学連合シンポジウム旭川 '93	1993年9月
河野克則 似内映之 宮永滋己 中川一夫 藤原裕文	エリトロシンB含有高分子膜による位相共役波の位相変動	光学連合シンポジウム旭川 '93	1993年9月
宮永滋己	飽和吸収による光波混合	第41回応用物理学関係連合講演会	1994年3月
河原善 渡辺克明 A. H. M. Kamal 南條淳二 野村滋 冨士川計吉	シリコン陽極酸化反応機構に関する検討1	電気化学協会北海道支部第18回研究発表会講演要旨集18	1992. 1 .16
高田清尉 渡辺克明 A. H. M. Kamal 南條淳二 野村滋 冨士川計吉	シリコン陽極酸化反応機構に関する検討2	電気化学協会北海道支部第18回研究発表会講演要旨集19	1992. 1 .16
山野辺智美 A. H. M. Kamal 渡辺直行 南條淳二 野村滋	STUDY AND ASSESMENT ON THE PRODUCTION OF ISFET GATE OXIDE FILM	電気化学協会北海道支部第18回研究発表会講演要旨集2	1992. 1 .16
宮崎敏英 桜沢敏弘 南條淳二 冨士川計吉 野村滋	前処理工程の相違によるSi native Oxideに関する研究	平成4年度電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集90	1992.10.11
A. H. M. Kamal 渡辺直行 南條淳二 野村滋	シリコン陽極酸化を用いたISFETのゲート絶縁膜の作製に関する基礎的研究	平成4年度電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集92	1992.10.11
A. H. M. Kamal 渡辺直行 冨士川計吉 南條淳二 野村滋 吉野正樹 橋詰保 (道職訓短大)	ISFETゲート絶縁膜用シリコン陽極酸化膜の形成と評価	第28回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-14	1992.10.28
宮崎敏英 桜沢敏弘 冨士川計吉 南條淳二 野村滋 吉野正樹 (道職訓短大) 橋詰保 (道職訓短大)	前処理工程の相違によるシリコンnative Oxideに関する研究	第28回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-15	1992.10.28

馬場裕隆 川岸享 遠藤敏明 南條淳二 野村滋 吉野正樹 (道職訓短大) 橋詰保 (道職訓短大)	温度勾配凝固法による InP 結晶成長とその評価	第28回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-33	1992.10.29
野村滋	シリコン酸化膜形成前処理洗浄	リアライズ社最新技術講座講演資料	1993.3.4
葛西浩孝 天野賢治 遠藤敏明 野村滋	シリコンウエハーの直接接合	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-28	1994.1.25
野村滋 遠藤敏明 L. Jastrzebski (南フロリダ大学)	Heavy Metal and Organic Cleaning Efficiency Optimization and Monitoring of Silicon wafer by Surface Photovoltage	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-29	1994.1.25
藤田直喜 佐々木宏平 遠藤敏明 野村滋 宮崎敏英 (新日鉄)	シリコンウエハー洗浄方法の相違と形成陽極酸化膜の性質	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-42	1994.1.25
土田満穂 小山登 明瀬克則 遠藤敏明 野村滋 A. H. M. Kamal (アリゾナ州立大)	Composition and Electrical Properties of Small-Dimension Silicon Anodic Oxide Films	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-43	1994.1.25
浅井康晴 成田隆二 遠藤敏明 野村滋 阿部克己 (日本ケミコン)	電解液の相違によるアルミニウム陽極酸化機構の変化	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集A-44	1994.1.25
H. FUKUDA	A Comparative Study of High-Field Endurance for NH_3-Nitrided and N_2O-Oxynitrided Ultrathin SiO_2 Films	IEICE Transactions on Electronics	April 1993 Vol. E76-C No. 4 511-518
H. FUKUDA T. UENO (農工大) H. KAWARADA (早大) I. OHDOMARI (早大)	Effect of Deuterium Anneal on SiO_2/Si(100) Interface Traps and Electron Spin Resonance Signals of Ultrathin SiO_2 Films	Jpn. J. Appl. Phys.	15th April 1993 Vol. 32 Part 2 No. 4B L569-571
H. FUKUDA T. HAYASHI (沖電気) A. UCHIYAMA (沖電気) T. IWABUCHI (沖電気)	Determination of Trapped Oxide Charge in Flash-Type EEPROMs with Heavily Oxynitrided Tunnel Oxide Films	IEE Electronics Letters	27th May 1993 Vol. 29 947-948

H. FUKUDA T. ARAKAWA (沖電気) T. OCHIAI (沖電気) T. HAYASHI (沖電気) T. IWABUCHI (沖電気)	High-Performance Buried-Gate MOSFETs with RTO-Grown Ultrathin Gate Oxide Films	1993 International Conference on Solid State Devices and Materials	31th August 1993 Makuhari Extended Abstract pp. 17-19
Y. KAWAZU (沖電気) H. FUKUDA T. HAYASHI (沖電気) T. IWABUCHI (沖電気)	Characterization of poly-Si/SiO_2/Si(100) Structure by Variable-angle Spectroscopic Ellipsometry	IEE Electronics Letters	30th September 1993 Vol. 29 No. 20 1758-1759
H. FUKUDA T. UENO (農工大) H. KAWARADA (早大) I. OHDOMARI (早大)	Effect of Deuterium Anneal on SiO_2/Si(100) Interface Traps and MOS Tunneling Current of Ultrathin SiO_2 Films	First International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces	17th November 1993 Karuizawa Abstract p. B3-2
T. HAYASHI (沖電気) Y. KAWAZU (沖電気) H. FUKUDA T. IWABUCHI (沖電気)	High-Performance Scaled Flash-Type EEPROMs Fabricated by in situ Multiple Rapid Thermal Processing	IEE Electronics Letters	9th December 1993 Vol. 29 No. 25 2178-2179
T. ARAKAWA (沖電気) Y. YAMASHITA (SORTEC) H. HOGA (沖電気) S. NODA (沖電気) H. FUKUDA	Effect of Synchrotron Radiation on Electrical Characteristics of SiO_xN_y Thin Films Formed by Rapid Thermal Processing in a N_2O Ambient	Applied Physics Letters	13th December 1993 Vol. 63 No. 24 3364-3366
T. OCHIAI (沖電気) H. FUKUDA T. HAYASHI (沖電気) T. IWABUCHI (沖電気)	High-Performance Buried-Gate MOSFETs with RTO-Grown Ultrathin Gate Oxide Films	IEE Electronics Letters	6th January 1994 Vol. 30 No. 1 pp. 87-88
T. ARAKAWA (沖電気) H. FUKUDA	Effect of NH_3 Nitridation on Time-Dependent Dielectric Breakdown Characteristics of Heavily Oxynitrided Tunnel Oxide Films	IEE Electronics Letters	17th February 1994 Vol. 30 No. 4 361-362
福田　永 岩谷正明 (沖電気) 辻本雅夫 (沖電気) 小野　隆 (沖電気) 内山　章 (沖電気)	酸窒化トンネル酸化膜を用いる高信頼性フラッシュ EEPROM の検討	電子情報通信学会信学技報	SDM93-25 1993 pp. 21-26

荒川富行 (沖電気) 福田永 大野守史 (沖電気)	酸窒化トンネル酸化膜の経時絶縁破壊特性評価	1994年春季第41回応用物理学関係連合講演会	1994年 3月28日 明治大学 予稿集 pp. 658
松田瑞史	「材料面から見た超伝導エレクトロニクスの現状と問題点」SQUIDの現状と問題点—酸化物超伝導体—	1993低温工学協会部会シンポジウム	1993, 5 ,18
G. A. ALVAREZ (電総研) M. KOYANAGI (電総研) M. MATSUDA	Effects of Thermally Activated Dissipative Processes on the Current-Voltage Characteristics of YBCO Weak Link Structures	1993 International Workshop on Supercoductivity	1993, 6, 28
M. KOYANAGI (電総研) S. KASHIWAYA (電総研) M. MATSUDA F. HIRAYAMA (電総研) A. SHOJI (電総研) K. KAJIMURA (電総研)	Study of Electronic Properties of $PrBa_2Cu_3O_x$ Thin Film on the a-axis Oriented $YBa_2Cu_3O_x$ Thin Film	1993 International Workshop on Superconductivity	1993, 6, 28
M. KOYANAGI (電総研) S. KASHIWAYA (電総研) M. MATSUDA A. SHOJI (電総研) K. KAJIMURA (電総研)	Study of Electronic States in PBCO Thin film on a-axis Oriented YBCO Film	XX International Conference on Low Temperature Physics (LT-20)	1993, 8, 4
S. KASHIWAYA (電総研) M. KOYANAGI (電総研) M. MATSUDA K. KAJIMURA (電総研)	Study of Zero-bias Conductance Peaks in YBCO Films by LT-STM	XX International Conference on Low Temperature Physics (LT-20)	1993, 8, 4
柏谷聡 (電総研) 小柳正男 (電総研) 高島浩 (東工大) 松田瑞史 梶村皓二 (電総研)	LT-STMによるゼロバイアス異常の研究	日本物理学会秋の分科会	1993,10
松田瑞史 平山文紀 (電総研) 長谷川健一 (千葉工大) 小柳正男 (電総研) 原宏 (千葉工大)	マグネトロンスパッタ法によるエピタキシャルNb薄膜の作製	第54回応用物理学会学術講演会	1993, 9 ,27

平山文紀 (電総研) 松田瑞史 東海林彰 (電総研) 小柳正男 (電総研)	酸素中アニールした MgO 基板表面の AFM 観察	第54回応用物理学会学術講演会	1993, 9 ,27
S. KASHIWAYA (電総研) M. KOYANAGI (電総研) H. TAKASHIMA (東工大) M. MATSUDA K. KAJIMURA (電総研)	Magnetic Responses of Zero-bias Conductance Peaks by LT-STM	6th International Symposium on Superconductivity (ISS '93)	1993, 10, 26
M. MATSUDA F. HIRAYAMA (電総研) K. MIYAMOTO (千葉工大) M. KOYANAGI (電総研)	Fabrication and Characterization of Epitaxial Nb Films by dc Magnetron Sputtering	ETL Workshop on high Temperature Superconductors	1993, 12, 7
T. SHIMIZU (電総研) F. HIRAYAMA (電総研) K. OKA (電総研) H. NONAKA (電総研) M. MATSUDA K. ARAI (電総研)	Growth Behavior and Surface Morphology of Homoepitaxial $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ Thin Films on Flux-grown Single Crystals	Applied Physics Letters	64 1289-1291 (1994)
G. A. ALVAREZ (電総研) M. MATSUDA M. KOYANAGI (電総研) K. NAGASAWA (明治大)	Structural and Electrical Properties of High Quality $YBa_2Cu_3O_x$ Epitaxial Films	第41回応用物理学関係連合講演会	1994. 3 .30
松田瑞史 G. A. ALVAREZ (電総研) 長澤薫 (明治大) 小柳正男 (電総研)	YBCO/PBCO/YBCO エッジ接合の作製	第41回応用物理学会関係連合講演会	1994, 3 ,30
平山文紀 (電総研) 松田瑞史 宮本勝彦 (千葉工大) 小柳正男 (電総研) 東海林彰 (電総研)	マグネトロンスパッタ法によるエピタキシャル Nb 薄膜の特性	第41回応用物理学会関係連合講演会	1994, 3 ,28

材料物性工学科

桑野　寿 石川雄一 (日立機械研究所) 吉村敏彦 (日立機械研究所) 濱口由和	メスバウアー分光法による Fe-28Cr-5Ni 合金中の2相分離相の組成決定	日本金属学会誌	57, No. 2 141-146 (1993)
桑野　寿 大城戸　忍 (日立機械研究所) 吉村敏彦 (日立機械研究所) 石川雄一 (日立機械研究所) 濱口由和	フェライト組織を有する SUS329J2L 鋼の2相分解過程	日本金属学会誌	57, p. 509-514 (1993)
H. KUWANO Y. ISHIKAWA (日立機械研究所) T. YOSHIMURA (日立機械研究所) Y. HAMAGUCHI	Phase Decomposition of commercial duplex- and silgle-phase stainless steel	Nuclear Instruments and Methods in Physics Research	B76 290-291 (1993)
桑野　寿 濱口由和	ナノ結晶作成におけるボールミル容器の検討	北海道テクノネットワーク推進協議会,粉末を利用した新素材開発成果報告書	1993 p. 16-21
H. KUWANO Y. ISHIKAWA T. YOSHIMURA Y. HAMAGUCHI	A Mossbauer Spectrometry Study on the Phase Decompositionof Cast Duplex Stainless Steel	International Conference on the Applications of Mossbauer Effect	1993 Aug., 8-13
伊藤清彦 桑野　寿 石川雄一	2相ステンレス鋼 CF3M の2相分解過程	日本金属学会/日本鉄鋼協会両北海道支部講演	1993 6,17-18
上田剛平 桑野　寿 濱口由和	MA および MG による Mo 系ナノ結晶合金の作成	日本金属学会/日本鉄鋼協会両北海道支部講演	1993 6,17-18
桑野　寿 吉村敏彦 石川雄一 濱口由和	長時間時効した CF3M 2相ステンレス鋼のメスバウアー分光解析	日本金属学会講演春期大会	1993 3,31-4,2
大城戸　忍 桑野　寿 石川雄一	2相ステンレス鋼における2相分離過程の分極およびメスバウアー分光測定	第40回腐食討論会	1993 11,10-12
森田博敬 石垣　徹 桑野　寿	ボールミリングによる Mo のナノ結晶化過程	日本金属学会/日本鉄鋼協会両北海道支部講演	1994 1,26-27
伊藤清彦 桑野　寿 石川雄一	CF3M 2相ステンレス鋳鋼の2相分解過程および生成相の組成決定	日本金属学会/日本鉄鋼協会両北海道支部講演	1994 1,26-27
山田卓陽 桑野　寿 石川雄一	SUS329J2L 2相ステンレス鋼の2相分解過程と分極特性	日本金属学会/日本鉄鋼協会両北海道支部講演	1994 1,26-27

T. BITOH T. SHIRANE S. CHIKAZAWA	Critical Behavior of Linear and Nonlinear Susceptibilities near Curie Temperature in Au_{82} Fe_{18}Alloy	J. Phys. Soc. Jpn	Vol. 62 No. 8 2837-2844 1993
T. BITOH K. OHBA M. TAKAMATSU T. SHIRANE S. CHIKAZAWA	Linear and Nonlinear Susceptibilities in $Cu_{97}Co_3$ Alloy for Ferromagnetic Fine Particles in Metallic Matrix : Comparison with Spin Glass Au96Fe4 Alloy	J. Phys. Soc. Jpn	Vol. 62 No. 8 2583-2586 1993
近澤 進 大場一之 高松正樹 尾藤輝夫 白根崇 永田正一	超常磁性微粒子集合体の磁性III	1993年度日本物理学会秋の分科会(岡山大学)講演予稿集 No. 3	1993年 10月13日
尾藤輝夫 大場一之 高松正樹 近澤進 永田正一	Cu 中の Co 微粒子の磁性：零磁場冷却磁化と磁場中冷却磁化	1993年度日本物理学会秋の分科会(岡山大学)講演予稿集 No. 3	1993年 10月14日
白根崇 森谷朋博 尾藤輝夫 近澤進 永田正一	キュリー点近傍における Ni の非線形磁化率II	1993年度日本物理学会秋の分科会(岡山大学)講演予稿集 No. 3	1993年 10月15日
成田健一 山本哲也 神原覚 尾藤輝夫 白根崇 近澤進 永田正一	高温超伝導体の非線形磁化率	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集 p. 9	1994年 1月24日
高松正樹 岸本真樹 高橋玲児 尾藤輝夫 近澤進 永田正一	マグネタイト超微粒子系の磁性	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会講演予稿集 p. 10	1994年 1月24日
白根崇 佐藤雅治 尾藤輝夫 近澤進 永田正一	反強磁性体 MnF_2の非線形磁化率	1994年度日本物理学会第49回年会(福岡工業大学)講演予稿集 No. 3	1994年 3月30日
S. Nagata T. Abe S. Ebisu Y. Ishihara (Kanazawa U.) K. Tsutsumi (Kanazawa U.)	Superconductivity in the Metallic Layered Compound $NbTe_2$	J. Phys. Chem. Solids	54 (1993) No. 5 895-899
S. Nagata M. Nakajima	Averaging effect of the Anisotropy of the Electrical Resistivity in a Polycrystalline Sample	Physica	B192 (1993) 228-232
I. Shimono (Hokkaido Ind. -Tech. Center) S. Nagata H. Konishi (Shinshu U.) Y. Hamaguchi	Preparation of Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Superconductor by the Citrate Method	J. of the Ceramic Society of Japan, Int. Edition	101 (1993) No. 9 1018-1024

I. Shimono (Hokkaido Ind. -Tech. Center) S. Nagata H. Konishi (Shinshu U.) Y. Hamaguchi	Formation of Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Superconductor from Precursors Prepared by the Citrate Method	J. of the Ceramic Society of Japan, Int. Edition	101 (1993) No. 12 1310-1314
S. Nagata T. Hagino Y. Seki T. Bitoh	Metal-Insulator Transition in Thiospinel $CuIr_2S_4$	Physica	B194-196 (1994) 1077-1078
S. Nagata T. Abe S. Terashima Y. Ishihara (Kanazawa U.) K. Tsutsumi (Kanazawa U.)	Superconductivity in Layered-Structure Compound $NbTe_2$	Physica	B194-196 (1994) 1981-1982
下野 功 (道工技センター) 永田正一 小西哉 (信州大)	$Bi(Sr_{0.5}Ca_{0.5})Oz$ を出発物質に用いた Bi 系酸化物超伝導体の作製に関する研究	J. of the Ceramic Society of Japan	102 (1994) No. 2 194-199
T. Hagino Y. Seki S. Takayanagi (Hokkaido Kyouiku U.) N. Wada (Tokyo U.) S. Nagata	Electrical Resistivity and Low-temperature Specific Heat in CuV_2S_4	Phy. Rev. B	49 (1994) No. 10 6822-6828
S. Nagata T. Abe S. Terashima Y. Ishihara (Kanazawa U.) K. Tsutsumi (Kanazawa U.)	Superconductivity in Layered-structure Compounds $NbTe_2$	Proc. 20th Int. Conf. on Low Temperature Physics (Eugene, Oregon 1993)	Aug. 10 1993 No. PJ-45
S. Nagata T. Hagino Y. Seki T. Bihoh	Metal-Insulator Transition in Thiospinel $CuIr_2S_4$	Proc. 20th Int. Conf. on Low Temperature Physics (Eugene, Oregon 1993)	Aug. 7 1993 No. G4-1
萩埜貴継 戎修二 永田正一	チオスピネル $Cu_{1+x}Ti_{2-x}S_4$ の電気伝導と磁性	1993年度日本物理学会秋の分科会(岡山大学)講演概要集 No. 3 p. 350	1993年 10月12日
永田正一 萩埜貴継 関善隆	チオスピネル $CuIr_2S_4$ の金属—絶縁体転移と磁性	1993年度日本物理学会秋の分科会(岡山大学)講演概要集 No. 3 p. 483	1993年 10月15日
古林孝夫 (金材技研) 松本武彦 (金材技研) 萩埜貴継 永田正一	硫化物スピネル $CuIr_2S_4$ の低温での構造相転移	1993年度日本物理学会秋の分科会(岡山大学)講演概要集 No. 3 p. 483	1993年 10月15日

下野　功 (道工技センター) 永田　正一 小西　哉 (信州大) 濱口由和	クエン酸塩法により合成した Bi 系酸化物超伝導体の反応過程	第13回電子材料研究討論会日本セラミックス協会東京理科大学(神楽坂校舎)講演予稿集 p. 25-26	1993年 10月1日
下野　功 (道工技センター) 木嶋倫人 永田正一 小西　哉 (信州大)	固相反応法による Bi 系2223相の短時間合成	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会(北海道大学)講演予稿集 p. 5	1994年 1月24日
阿部　剛 小松　崇 永田正一	チタンを含むスピネル型化合物の試料作成と超伝導	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会(北海道大学)講演予稿集 p. 7	1994年 1月24日
木嶋倫人 屋代　恒 永田正一	Sr-V-S 系の試料作成とその電気的・磁気的性質	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会(北海道大学)講演予稿集 p. 8	1994年 1月24日
阿竹　徹 (東工大) 東條壮男 (東工大) 萩埜貴継 永田正一	$CuIr_2S_4$ の低温比熱	第49回日本物理学会年会福岡工業大学講演概要集 No. 3　p. 323	1994年 3月28日
永田正一 萩埜貴継 加藤祥昭	スピネル $CuIr_2(S_{1-x}Se_x)_4$ の金属—絶縁体転移	第49回日本物理学会年会福岡工業大学講演概要集 No. 3　p. 324	1994年 3月28日
西原弘訓 (龍谷大) 藤堂直彦 (龍谷大) 生川貴康 (龍谷大) 萩埜貴継 永田正一	CuV_2S_4 の中の ^{51}V および ^{63}Cu の NMR	第49回日本物理学会年会福岡工業大学講演概要集 No. 3　p. 471	1994年 3月31日
辻　成悟 (北大) 熊谷健一 (北大) 萩埜貴継 永田正一	スピネル化合物 CuM_2X_4 の NMR	第49回日本物理学会年会福岡工業大学講演概要集 No. 3　p. 472	1994年 3月31日
萩埜貴継 永田正一	チオスピネル $Cu_{1+x}Ti_{2-x}S_4$ の電気伝導と磁性 II	第49回日本物理学会年会福岡工業大学講演概要集 No. 3　p. 465	1994年 3月31日
下野　功 (道工技センター) 木嶋倫人 永田正一 小西　哉 (信州大)	固相反応法による Bi 系2223相の短時間合成	第41回応用物理学会明治大学理工学部講演予稿集 No. 1　p. 81	1994年 3月28日
S. Mjyanaga K. Kawano H. Ohtateme H. Fujiwara	Excited state absorption and pump propagation effects on optical phase conjugation in a saturable absorber	Journal of the Optical Society of America B	10 1069-1076 (1993)

K. Kawano K. Nakagawa H. Fujiwara	Contribution of population or thermal grating to phase conjugation in saturable xanthen-dye-doped polymer films	Japanese Journal of Applied Physics Part 1	32 5545-5548 (1993)
K. Kawano K. Nakagawa T. Takeda H. Fujiwara	Additional phase change between saturable absorption and holographic components in phase-conjugate interferometry	Optics Communications	102 421-424 (1993)
M. Sato M. Hayakawa K. Nakagawa K. Mukaida H. Fujiwara	Synthesis and properties of polyesters cyanoazobenzene units in the side chain	Macromolecule Rapid Communication	15 21-29 (1994)
藤原裕文 中川一夫	色素膜を用いた位相共役干渉計	学術月報	46 76 (1993)
河野克典 似内映之 宮永滋己 中川一夫 藤原裕文	エリトロシンB含有高分子膜による位相共役波の位相変動	光学連合シンポジウム旭川 '93	1993.9.25
大槻頼克 中川一夫 藤原裕文	メチルオレンジ含有PAA膜による位相共役波の発生	光学連合シンポジウム旭川 '93	1993.9.25
武田知明 山田雅司 中川一夫 藤原裕文	色素膜による位相共役波を用いた動画像抽出	第54回応用物理学学術講演会	1993.9.29
藤原裕文 武田知明 中川一夫	有機色素による3次の非線形光学効果	位相共役・光波ミキシング第1回研究会 日本光学会	1993.11.12
藤原裕文 武田知明	有機色素膜を用いた光情報処理	第24回画像工学コンファレンス	1993.12
山田雅司 武田知明 中川一夫 藤原裕文	2種類の色素を含む膜による位相共役波を用いた動画像抽出	第41回応用物理学関係連合講演会	1994.3.30
武田知明 盛信一 中川一夫 藤原裕文	メチルオレンジ含有高分子膜による位相共役波を利用したマッチトフィルタ	第41回応用物理学関係連合講演会	1994.3.30
K. Nakagawa M. Sato K. Mukaido H. Fujiwara	Optical phase conjugation in polyesters with cyanoazobenzene units in the side chain	Frontiers in information optics optics, Topical meeting of the International Commission for Optics	1994.4.4
T. Takeda M. Yamada K. Nakagawa H. Fujiwara	Novelty filtering using phase conjugate wave in organic dye-doped polymer films	Frontiers in information optics optics, Topical meeting of the International Commission for Optics	1994.4.5
H. Fujiwara T. Takeda K. Nakagawa	Organic dye-doped polymer films for optical phase-conjugate processings	Frontiers in information optics optics, Topical meeting of the International Commission for Optics	1994.4.7

川島利器	硝酸希土類結晶の疑似安定状態における非線形性	平成5年度科学研究成果報告書	94.3.31
川島利器 笹木尊瑞 磯田広史	硝酸ユーロピウム結晶の非平衡状態における動的な性質	日本物理学会平成6年春(福岡工大)	94.3.28
磯田広史 川島利器	断熱法による誘電体結晶の比熱の自動計測	応用物理学会北海道支部会平成6年冬第29回	94.1.25
那須川悟 磯田広史 川島利器	硝酸テルビウム結晶における電気的性質	応用物理学会北海道支部会平成6年冬第29回	94.1.24
深瀬哲也 磯田応史 川島利器	硝酸ネオジウム結晶における時系列計測と解析	応用物理学会北海道支部会平成6年冬第29回	94.1.24
高橋玲児 磯田広史 川島利器	硝酸イッテルビウムの結晶成長と電気的測定	応用物理学会北海道支部会平成6年冬第29回	94.1.24
R. Kawashima T. Saitoh and H. Isoda	Temperature and Frequency Dependence of Electric Properties in Lanthanum Nitrate Crystal	J. Phys Soc. Jpn	62(12) (1993) P4529
川島利器 斉藤栄亮 磯田広史	硝酸ランタン結晶における電気的性質	平成5年秋の物理学会(誘電体分科会)12pJ10 岡山大学	93.10.12
R. Kawashima S. Nasukawa H. Isoda	Temperature and frequency dependence of electric properties in terbium nitrate crystal	J. Solid State Chemistry	107(12) (1993) P503
R. Kawashima T. Sasaki and H. Isoda	The measurements on Temperature and Frequency Variation of AC Conductivity in a Metastable State of Europium Nitrate Crystal	J. Phys. Soc. Jpn	62(5) (1993) P1810
H. TAKANO T. SAITO S. MURAYAMA K. HOSHI	Structures and Magnetic Properties of $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$ in Amorphization Process	Japanese Journal of Applied Physics	32 Suppl. 32-3 421-422 (1993)
H. TAKANO T. SAITO S. MURAYAMA K. HOSHI	Structures and Magnetic Properties of $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$ in Amorphization Process	The 9th International Conference on Ternary and Multinary Compounds	1993,8,9
斎藤貴弘 高野英明 村山茂幸 保志賢介	$Hf_{1-x}Ta_xFe_2$のアモルファス化過程における磁性	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15
斎藤貴弘 高橋誠司 高野英明 村山茂幸 保志賢介	鉄基合金のアモルファス化過程における磁性	日本物理学会第49回年会	1994,3,29
片山博	溶融Mg-CuおよびAl-Cu合金中への静止金属銅円柱の溶解速度	日本鉄鋼協会特基研究会循環性元素分離部会中間報告書	1,39-42 (1993)
片山博 宮内克行 出倉直樹 桃野正 平井伸治	予備還元クロム鉱石の溶融還元挙動	鉄と鋼	79,(6) 652-658 (1993)

H. G. KATAYAMA T. MOMONO M. DOE H. SAITOH	Dissolution Rate of Stationary Solid Copper Cylinder into Molten Al-Cu and Mg-Cu Alloys	ISIJ International	34, (2) 171-176 (1994)
細川和孝 片山博 桃野正	スラグから溶鉄への気相を介したMn移行とその脱硫作用	日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同冬季講演大会	1994.1.27
田湯善章 原徹 桃野正 片山博	Fe-Ni合金と純銅の拡散接合性	日本鉄鋼協会第125回(春季)講演大会	1993.4.1
田湯善章 長谷川和彦 桃野正 片山博	TLP接合したアルミニウム合金の接合界面組織	日本金属学会1994年春季(第114回)大会	1994.3.30
桃野正 他4名	材料プロセス工学	朝倉書店	1993年4月
T. MOMONO S. Jackson* E. R. Wallach* *Univ. of Cambridge	The Transient Liquid Phase Bonding of Aluminium Alloy Metal Matrix Composite Materials	Proceedings of SEMINAR ON JOINING OF ADVANCED MATERIALS	13-14 July 1993
桃野正	固相接合を利用した材料の複合化(I)	日本鋳物協会北海道支部会報	No. 98 p. 6-10 1993年
桃野正	固相接合を利用した材料の複合化(II)	日本鋳物協会北海道支部会報	No. 100 p. 28-33 1993年
桃野正 S. Jackson* E. R. Wallach* *Univ. of Cambridge	SiC/6061複合材料のTLP接合	日本金属学会春期講演大会(第112回)	1993.4.1
桃野正 S. Jackson* E. R. Wallach* *Univ. of Cambridge	アルミニウム合金基複合材料の拡散接合	溶接学会春季全国大会(第52集)	1993.4.16
桃野正	アルミニウム合金基複合材料の液相拡散接合	日本鋳物協会鋳造による複合化研究部会	1993.4.21 資料 No. 9-2
桃野正 S. Jackson* E. R. Wallach* *Univ. of Cambridge 片山博	アルミニウム合金基複合材料のTLP接合	軽金属学会第84回春季大会	1993.5.11
桃野正 S. Jackson* E. M. Wallach* *Univ. of Cambridge	SiC粒子分散強化複合材料の液相拡散接合	日本鋳物協会第122回全国講演大会	1993.5.27
荻子貴康 桃野正 片山博	アルミニウムのTLP接合に及ぼす接合圧力の影響	日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同春季講演大会	1993.6.18

平林克敏 桃野正 片山博	TLP 接合した粒子強化アルミニウム基複合材料の接合強度に及ぼす接合後熱処理の影響	日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同春季講演大会	1993.6.18
桃野正 小澤正義 荻子貴康 田湯善章 片山博	TLP 法による異種材料の拡散接合および複合化	日本金属学会秋期大会シンポジウム講演(第113回)	1993.10.17
佐々木和人 田湯善章 桃野正 片山博	アルミニウム合金の液相拡散接合におけるインサート材の検討	日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同冬季講演大会	1994.1.27
長谷川和彦 田湯善章 桃野正 片山博	アルミニウム合金の液相拡散接合における界面組織と強度特性	日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同冬季講演大会	1994.1.27
小澤正義 桃野正 片山博 加賀寿 (道工技センター)	液相拡散焼結法によるアルミナ粒子強化 Al 基複合材料の組織と機械的性質	日本金属学会日本鉄鋼協会両北海道支部合同冬季講演大会	1994.1.27
嶋影和宜 佐藤忠夫 後藤修	希土類フッ化物系溶融塩中における金属 La および金属 Nd の溶解挙動	日本金属学会平成4年度春期講演会	1993,4,1
高橋千一郎 三上博史 佐藤忠夫 嶋影和宜	反応性イオンプレーティイング法による HfB_2 皮膜の作成とその特性	平成5年度電気化学会春季講演会	1993,4,2
佐藤忠夫 杉浦寿春 嶋影和宜	マイクロ波加熱による窒化ケイ素ならびに炭化ケイ素セラミックスの接合	日本セラミックス学会誌	101 No. 4 422-427 (1993)
嶋影和宜	高純度ニオブの機能材料への応用	金属㈱アグネ	61 No. 5 38-43 (1993)
K. SHIMAKAGE T. SATO S. TODA K. HATSUNO	Saturated Solubility of Metallic Lanthanum and Neodymium in LiF-REF_3 (RE: La, Nd) Binary Melts	Proceedings of the International Symposium on Molten Salt Chemistry and Technology, Edited by M-L. Saboungi and H. Kojima, The Electrochemical Society, INC.	Vol. 93-9 231-239 (1993)
三上博 戸田茂雄 佐藤忠夫 嶋影和宜	熱 CVD 法により作成した VB_2 皮膜の高温酸化	日極鉄鋼協会，日本金属学会北海道支部合同平成5年度春季講演会	1993,6,18
山田豊和 後藤修 佐藤忠夫 嶋影和宜	フッ化物系溶融塩中における希土類金属の溶解	日本鉄鋼協会，日本金属学会北海道支部合同平成5年度春季講演会	1993,6,18
佐藤可紀 佐藤忠夫 嶋影和宜	Al_2O_3/TiB_2 系 HIP 焼結複合材料の作成	日本鉄鋼協会，日本金属学会北海道支部合同平成5年度春季講演会	1993,6,18

嶋影和宜	高純度ニオブ製造とその応用	平成5年度資源・素材関係合同秋季大会分科研究会資料	1993,10,14
嶋影和宜 佐藤忠夫 戸田茂雄	化学的・物理的精製法による粗金属ニオブの高純度化	日本金属学会平成4年度秋期講演会	1993,10,16
嶋影和宜	レア・アース金属および合金の製造プロセス	高温学会誌	19 No.6 239-249 (1993)
K. SHIMAKAGE T. SATO S. TODA	Refining of Crude Niobium by Molten Salt Electrolysis and Electron Beam Melting Processes	Proceedings of the International Conference on Processing Materials for Proterties, Edited by H. Henein and T. Oki, A Publication of TMS	433-436 (1993)
山田豊和 佐藤忠夫 嶋影和宜	フッ化物系溶融塩中における希土類金属の溶解	第25回溶融塩化学討論会要旨集電気化学協会溶融塩委員会	1993,11,18
高橋千一郎 佐藤忠夫 嶋影和宜	反応性イオンプレーティング法により作成した HfB_2 皮膜の高温酸化	日本鉄鋼協会，日本金属学会北海道支部合同平成6年度冬季講演会講演要旨集	1994,1,27
三田村篤 佐藤忠夫 嶋影和宜	鋼の衝撃すべり型疲労迅速試験評価試験機の試作	日本鉄鋼協会，日本金属学会北海道支部合同平成6年度冬季講演会講演要旨集	1994,1,27
藤原与志樹 戸田茂雄 佐藤忠夫 嶋影和宜	ケイ素拡散浸透法による赤外高輝度光源用 $MoSi_2$ 細線の試作	日本鉄鋼協会，日本金属学会北海道支部合同平成6年度冬季講演会講演要旨集	1994,1,27
嶋影和宜	電気分解反応	リサイクル技術百科(分担)㈱工業調査会	1994,2
藤原与志樹 平井伸二 戸田茂雄 嶋影和宜	ケイ素拡散浸透法による $MoSi_2$ 細線の試作	平成6年度日本金属学会春期講演会	1994,3,30
佐藤忠夫 堀米毅 武藤章	ハンダ合金/ペースト界面反応	1994年3協会北海道支部研究発表会	1994.1.20
C. SEKINE T. YOSHIDA S. MURAYAMA K. HOSHI T. SAKAKIBARA (北海道大)	Effect of the Transition Metal Substitution on the Metamagnetic Property in $CeRu_2Si_2$	Physica B	186-188 511-513 1993
S. MURAYAMA C. SEKINE H. TAKANO K. HOSHI K. NISHIYAMA (東京大) K. NAGAMINE (東京大)	μSR Study of $Ce(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ Heavy Electron System	Physica B	186-188 500-502 1993

Y. TAZUKE (北海道大) R. NAKABAYASHI (北海道大) S. MURAYAMA T. SAKAKIBARA (北海道大) T. GOTO (東京大)	Magnetism of R_2Ni_7 and RNi_3 (R=Y, La, Ce)	Physica B	186-188 596-598 1993
K. FUJIWARA (北海道大) K. KUMAGAI (北海道大) C. SEKINE S. MURAYAMA	NMR Study of the Magnetism in the $Ce(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ System	Physica B	186-188 517-520 1993
森田祐二 村山茂幸 保志賢介 小尾俶久 (東北大)	アモルファス合金 $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$ の熱膨張II	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15
滝田秀幸 村山茂幸 保志賢介 小尾俶久 (東北大) Xin LI (アムステルダム大) Frank R. DE BOER (アムステルダム大)	アモルファス合金 $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$ の電子輸送現象	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15
坂本洋 関根ちひろ 村山茂幸 保志賢介 榊原俊郎 (北海道大)	$Ce(Ru_{1-x}Pd_x)_2Si_2$ の磁性	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15
藤原賢二 (北海道大) 山梨洋一 (北海道大) 熊谷健一 (北海道大) 関根ちひろ 村山茂幸	$Ce(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ ($0 \leqq x \leqq 1$) 系の磁性	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15
関根ちひろ 村山茂幸 高野英明 保志賢介 西山樟生 (東京大) 永嶺謙忠 (東京大) 大貫惇睦 (筑波大)	$Ce(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ ($x=0$, 0.15) の μSRIII	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,13
土屋佳則 成田健 尾藤輝夫 村山茂幸 近沢進 永田正一 濱口由和	bcc $Cr_{80-x}Fe_{20}Mn_x$ 合金の磁性	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15

土屋佳則 滝田秀幸 石垣徹 村山茂幸 濱口由和	bcc Cr-Fe-Mn 合金の電気抵抗	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,15
田附雄一 (北海道大) 中林亮 (日立生産技研) 村山茂幸 西山樟生 (東京大) 永嶺謙忠 (東京大)	$LaNi_3$ の磁性と μSR	日本物理学会1993年秋の分科会	1993,10,13
Y. TSUCHIYA H. TAKITA S. MURAYAMA Y. HAMAGUCHI	Electrical Resistivity of bcc $Cr_{80-x}Fe_{20}Mn_x$ and $Cr_{75-x}Fe_{25}Mn_x$ Alloys	J. Phys. Soc. Jpn.	62 3764-3765 1993
Y. MORITA S. MURAYAMA K. HOSHI Y. OBI (東北大)	Thermal Expansion of Sputtered Amorphous (Hf, Ta) Fe_2 Allyos	Jpn. J. Appl. Phys. Suppl.	32-3 419-420 1993
C. SEKINE S. MURAYAMA H. TAKANO K. HOSHI K. NISHIYAMA (東京大) K. NAGAMINE Y. ONUKI (筑波大)	Zero-Field μSR Study of $Ce(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ Heavy Fermion Compound	UT-MSL Newsletter	12, 20 1993
滝田秀幸 村山茂幸 保志賢介 小尾俶久 (東北大)	アモルファス合金 $Hf_{1-x}Ta_xFe_2$ の電気伝導と磁性	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994,1,24
森田祐二 村上悟史 村山茂幸 保志賢介 小尾俶久 (東北大)	アモルファス合金(Hf, Ta)Fe_2 の比熱	日本物理学会第49回年会	1994,3,29
関根ちひろ 坂本洋 村山茂幸 保志賢介 榊原俊郎 (北海道大)	$Ce(Ru, T)_2Si_2$ の磁性における遷移金属 T 置換効果	日本物理学会第49回年会	1994,3,30
関根ちひろ 坂本洋 村山茂幸 高野英明 保志賢介 西山樟生 (東京大) 永嶺謙忠 (東京大) 大貫惇睦 (筑波大)	$Ce(Ru_{1-x}Rh_x)_2Si_2$ (x=0, 0.15) の μSR IV	日本物理学会第49回年会	1994,3,30

土屋佳則 成田健 尾藤輝夫 村山茂幸 近沢進 永田正一 濱口由和	bcc $Cr_{80-x}Fe_{20}Mn_x$ 合金の磁性II	日本物理学会第49回年会	1994,3,30
松本裕之 後藤龍彦 佐藤干城 碇尚博 （太平洋炭礦）	掘進および採炭に伴う沿層坑道周辺岩盤の変位計測	資源・素材学会誌	109, (8) 631-637 (1993)
佐藤孝之 児玉淳一 後藤龍彦 佐藤干城	登別溶結凝灰岩の力学的異方性	平成５年度資源・素材学会北海道支部春季講演会講演要旨集	34-35 (1993)
後藤龍彦 中田雅夫 児玉淳一 佐藤干城	若鍋層頁岩の力学的挙動に関する２，３の室内試験	北海道応用地学合同研究会論文集	(5), 53-58 (1994)
松本裕之 後藤龍彦 佐藤干城 碇尚博 （太平洋炭礦）	払跡に隣接したロックボルト支保における２，３の計測	平成５年度資源・素材学会研究・業績発表講演会講演要旨集	278-279 (1994)
藤井義明 （北海道大） 木山保 （三井建設） 児玉淳一 石島洋二 （北海道大）	岩石の三軸試験時の残留強度に関する考察	平成５年度資源・素材学会研究・業績発表講演会講演要旨集	109-110 (1994)
児玉淳一 石塚与志雄 （清水建設） 安部透 （清水建設） 石島洋二 （北海道大）	微視構造モデルによる花崗岩の強度特性の時間依存性に関する理論的検討	資源・素材学会誌	110, (3) 195-200 (1994)
三沢俊平 鍋谷正史 木村晃彦 高杉隆幸 （東北大）	金属間化合物の環境脆化感受性に効果を及ぼす合金組成の分極曲線挙動	日本金属学会春期(第112回)大会	1993.4.1
木村晃彦 小矢晃久 三沢俊平	TiAl の高温衝撃破壊特性	日本金属学会春期(第112回)大会	1993.4.1
木村晃彦 高橋克宗 三沢俊平	Ti-6Al-4V 合金の水素脆化割れ感受性/組織相関	日本金属学会春期(第112回)大会	1993.4.1
木村晃彦 泉博之 三沢俊平	Co_3Ti の環境脆化割れに及ぼす水素分圧の影響	日本金属学会春期(第112回)大会	1993.4.2
山下正人 幸英昭 長野博夫 （住友金属） 三沢俊平	低合金鋼の大気腐食生成物の構造	日本金属学会春期(第112回)大会	1993.4.2

三沢俊平	鉄鋼の大気中さび，海水中さび，そして原油タンク中さび特性	日本造船研究協会SR220部会講演	1993.4.12
T. MISAWA A. KIMURA H. SAITOH H. TANABE H. IZUMI	Room-Temperature Enviromental Embrittlement and Electrochemical Behavior of Co_3Ti Intermetallic Compounds	1993年電気化学学会日米合同大会 Honolulu, Hawaii, USA	1993.5.19
山村美彦 田辺博義 藤原幹男 斎藤英之 三沢俊平	走査型微小容量電極法によるSUS304鋼の孔食内部の液性状計測	日本鉄鋼協会・日本金属学会両支部合同春季講演大会	1993.6.18
泉博之 斎藤英之 三沢俊平	Co_3Ti の環境脆化割れに及ぼす水素分圧の影響	日本鉄鋼協会・日本金属学会両支部合同春季講演大会	1993.6.18
A. KIMURA T. MISAWA	Impact Properties of Intermetallic Compounds at High Temperatures	JIMIS-7「結晶性材料の高温における変形と破壊の様相」国際シンポジウム	1993.7.28
A. KIMURA H. IZUMI T. MISAWA	Environmental Intergranular Embrittlement in Intermetallic Compounds at High Temperatures	JIMIS-7「結晶性材料の高温における変形と破壊の様相」国際シンポジウム	1993.7.28
三沢俊平	鉄鋼腐食生成物と腐食とのかかわり	中国技術振興センター腐食・防食技術研究会講演会	1993.8.2
三沢俊平	新材料開発の現状と将来「変わる鉄」	平成5年度第1回大学研究内容説明会北海道地域技術振興センター	1993.9.2
三沢俊平	耐フッ酸材料	第96回腐食防食シンポジウム「フッ化物によるステンレス鋼の腐食」	1993.9.13
T. MISAWA M. YAMASHITA H. MIYUKI H. NAGANO (住友金属)	Protective Rust Layer Formed on Weathering Steel by Atmospheric Corrosion for a Quarter of a Century	Proc. 12th International Corrosion Congress, Houston, Texas, USA. NACE	1993,9,20 pp612-623
山下正人 幸英昭 長野博夫 (住友金属) 三沢俊平	長期間暴露による耐候性鋼のさび安定化	土木学会第48回年次学術講演会	1993.9
A. KIMURA H. KAYANO H. MATSUI (東北大) T. MISAWA	A Designation of Alloy Composition of Low Activation Martensitic Steel	6th International Conference on Fusion Reactor Materials, Lago Maggiore, Italy	1993.9
三沢俊平	エコマテリアルとしてみた鉄鋼	平成5年度室蘭工業大学公開講座「次世代を支える材料」	1993.10.6 室蘭 1993.11.8 苫小牧

T. MISAWA A. KIMURA H. SAITOH H. TANABE H. IZUMI	Room-Temperature Environmental Embrittlement and Electrochemical Behavior of Co_3Ti Intermetallic Compounds	Proc. of the Symposium on Corrosion, Electrochemistry, and Catalysis of Metastable Metals and Intermetallics, The Electrochemical Society	1993年10月 284-295
山下正人 幸英昭 長野博夫 (住友金属) 藤原幹男 三沢俊平	低合金鋼の大気腐食生成物性状に及ぼす合金元素の影響	日本金属学会秋期(第113回)大会	1993.10.16
木村晃彦 三沢俊平	金属間化合物における水素脆化割れのモデリング	日本金属学会秋期(第113回)大会	1993.10.17
森村太郎 木村晃彦 三沢俊平	9Cr-2W マルテンサイト鋼の破壊靱性に及ぼす Si, Mn, Ni 添加の影響	日本金属学会秋期(第113回)大会	1993.10.17
泉博之 斎藤英之 木村晃彦 三沢俊平	金属間化合物 Co_3Ti の環境脆化に及ぼす水素分圧の影響	日本金属学会秋期(第113回)大会	1993.10.18
M. ETO M. SUZUKI S. JITSUKAWA (原研) T. MISAWA	Development of a Miniaturized Bulge Test (Small Punch Test) for Post-Irradiation Mechanical Property Evaluation	ASTM-STP 1204 "Small Specimen Test Techniques Applied to Nuclear Reactor Vessel Thermal Annealing and Plant Life Extension	1993.10 pp241-255
泉博之 斎藤英之 木村晃彦 三沢俊平	金属間化合物 Co_3Ti の環境脆化挙動	日本金属学会誌	57巻, 10号 1215-1220 (1993)
山下正人 幸英昭 松田恭司 長野博夫 (住友金属) 三沢俊平	耐候性鋼安定さび層形成過程の新しいモデル	防錆管理	37巻, 11号 1-5(1993)
三沢俊平	材料と環境のあいだ（巻頭言）	材料と環境	42巻, 11号 693(1993)
A. KIMURA S. MATSUBARA T. MISAWA	Hydrogen Induced Cracking in Type 316 Stainless Steels for International Thermonuclear Experimental Reactor	Materials Transactions, JIM	Vol. 34 No. 11 1097-1105 (1993)
A. KIMURA H. TSURUGA T. MORIMURA S. MIYAZAKI (筑波大) T. MISAWA	Effects of Post-Irradiation Annealing on the Transformation Behavior of Ti-Ni Alloys	Materials Transactions, JIM	Vol. 34 No. 11 1076-1082 (1993)
幸英昭 山下正人 長野博夫 (住友金属) 藤原幹男 三沢俊平	長期間暴露による耐候性鋼のさび層安定化過程	第40回腐食防食討論会講演集	1993.11.10 pp357-358

斎藤英之 泉博之 三沢俊平 木村晃彦	金属間化合物 Co_3Ti の環境脆化に及ぼす試験雰囲気の影響	第40回腐食防食討論会講演集	1993.11.10 pp585-588
山村美彦 田辺博義 斎藤英之 三沢俊平	走査型微小電極を用いた SUS304鋼の局部腐食領域の液性状その場観察	第40回腐食防食討論会講演集	1993.11.12 pp503-506
A. KIMURA T. MORIMURA T. MISAWA	High Temperature Impact Properties of Intermetallic Compounds	Proc. 3rd Japan Internatinal SAMPE Symposium "Intermetallic Compounds for High-Temperature Structural Applications"	1993.12 1433-1437
T. MISAWA H. SAITOH Y. YAMAMURA H. TANABE T. TAKASUGI (東北大)	Hydrogen Elecrode Behavior of Co_3Ti, TiAl and Ti_3Al Intermetallics Having Enviromental Embrittlement Susceptibility	ibid	1993.12 1438-1443
H. IZUMI T. MISAWA H. SAITOH A. KIMURA	Hydrogen Pressure-Displacement Rate-Fracture Energy Diagram in Hydrogen Embrittlement of Co_3Ti Intermetallic Compound	ibid	1993.12 1449-1454
三沢俊平	耐候性鋼とさび層の現状と問題—大気さびの生成過程	第4回技術セミナー腐食防食協会	1994.1.19 テキスト pp1-17
山下正人 幸英昭 長野博夫 (住友金属) 三沢俊平	長期大気腐食による耐候性鋼さび層の安定化過程	材料と環境	43巻，1号 26-32
山村美彦 田辺博義 斎藤英之 三沢俊平	走査型微小電極を用いたステンレス鋼の孔食部のイオン濃度分布その場観察	94年電気化学協会・腐食防食協会・表面技術協会北海道支部研究発表会	1994.1.20
竹村光雄 斎藤英之 三沢俊平	低 P-Fe 合金の焼もどし時効処理におけるアノード分極曲線	94年電気化学協会・腐食防食協会・表面技術協会北海道支部研究発表会	1994.1.20
三沢俊平	微小試験片法による材料評価に関する最近の話題	東北大学工学部附属破壊力学応用研究施設特別講演会	1994.1.24
三沢俊平	鋼材の特殊鋼化と溶鋼技術の進歩 —スクラップ起因不純物元素の鋼材への影響	日本金属学会・日本鉄鋼協会両北海道支部冬季講演会，第4回企画講演会	1994.1.26
吉田真人 酒井彰 藤原幹男 斎藤英之 三沢俊平 田中大之 (道工試) 田中壽晃 相馬英明 (室蘭テクノ)	マイクロ波プラズマ CVD 法によるダイヤモンド薄膜の合成	日本金属学会・日本鉄鋼協会両北海道支部冬季講演会	1994.1.27

泉　博之 斎藤英之 木村晃彦 三沢俊平	金属間化合物 Co_3Ti 中の水素の挙動	日本金属学会・日本鉄鋼協会両北海道支部冬季講演会	1994.1.27
三沢俊平	最近の鉄鋼材料 —鉄鋼材料の最近の動向と開発状況	北海道中小企業短期技術者研修・金属材料課程	1994.2.16
M. YAMASHITA H. MIYUKI Y. MATSUDA H. NAGANO (住友金属) T. MISAWA	The Long Term Growth of the Protective Rust Layer Formed on Weathering Steel by Atmospheric Corrosion During a Quarter of a Century	Corrosion Science	Vol. 36 No. 2 283-299 (1994)
三沢俊平	金属間化合物の水素脆化と水素吸蔵過程	文部省科学研究費補助金　重点領域研究「金属間化合物」ニュースレター	No. 3 74(1994)
大貝　猛* 下野隆一郎* 斎藤英之 林　安徳* (*九州大学)	RF リアクティブスパッタ法による鉄窒化膜の磁気特性	第17回日本応用磁気学会学術講演会	1993.9.11
斎藤英之	トリチウム・電顕オートラジオグラフ法による核融合材料中の水素トラップサイトの可視化	第21回北海道核融合研究者会議	1993.9.14
斎藤英之 大貝　猛* 下野隆一郎* 林　安徳* (*九州大学)	Fe-N 系スパッタ膜の微細組織と磁気特性	日本金属学会秋期(第113回)大会	1993.10.18
斎藤英之 三沢俊平	トリチウム・電顕オートラジオグラフ法によるグリーンマテリアル材料組織中の水素トラップサイトの可視化	東北大学金属材料研究所共同利用研究会	1993.11.30
船田勝也 山中　厚 島田浩次 金木則明 原　弘	ナフィオン膜を用いた FET 湿度センサに関する研究	平成4年日本化学会北海道支部大会	1994年 2月6日
A. Yamanaka T. Takatsuka* and K. Kumagai* (*Hokkaido Univ)	Cu-NQR/NMR Studies of $Y_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_\delta$ and $Gd_{1-x}Pr_xBa_2Cu_3O_\delta$	Physica B	194-196 (1994) 345-346

応用化学科

富塚　仁 星　孝弘 (アルバック-ファイ㈱) 田中彰博 (アルバック-ファイ㈱) 菖蒲明己	酸素イオンビームを用いた SIMS 分析でのトランジェント領域の図上解析	表面科学	Vol. 14 No. 8 493-499 (1993)

菖蒲明己 鈴木英之 安孫子勤	O_2-Jet を用いた Cs, Re 添加銀粉体表面の動的 XPS 測定	表面科学	Vol. 14 No. 9 558-564 (1993)
A. AYAME K. HONDA	Preparation of Platinum - Supported Alumina Lewis Superacid Catalyst Using A CVD Method	Acid-Base II-Preprint ; (Intern. Symp. in Honor of Kozo TANABE)	Dec. 2-4 1993 pp. 134 - 137
菖蒲明己 佐伯孝之 乾貫一郎 今西和弘	固体ルイス酸によるベンゼン類のアルキル化反応	日本化学会第65回春季年会	1993年 3月29日
西川欣克 菖蒲明己	高温塩素処理アエロジルシリカのキャラクタリゼーション	日本化学会第65回春季年会	1993年 3月31日
新谷龍二 菖蒲明己	TiO_2 に添加した金属元素の電荷状態と Ti の酸化還元挙動の XPS による観察	日本化学会第65回春季年会	1993年 3月31日
内田浄孝 菖蒲明己	XPS による UHV 下の Bi-Mo 複合酸化物表面の酸化還元挙動	日本化学会第65回春季年会	1993年 3月31日
菖蒲明己 富田教之	ホーレン草ハウス内及び表土中のガス分析	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993年 7月23日
小林正義 (北見工大) 馮臨 菖蒲明己	Ag 担持多孔質セラミックス膜反応器の特性とエチレン酸化反応	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993年 7月23日
菖蒲明己 嘉指忠禎	カーボン担持 Pt, Pt-Ru 触媒を用いたメタノールスチームリホーミング反応	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993年 7月23日
富塚仁 菖蒲明己	単色化 X 線源 XPS による絶縁物分析時の帯電現象	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993年 7月23日
嘉指忠禎 菖蒲明己	カーボン担持 Pt 触媒上のメタノールスチールリホーミング反応における希土類元素の添加効果	平成5年度触媒研究発表会	1993年10月 28日
内田浄孝 菖蒲明己	XPS による Bi-Mo 複合酸化物スパッタ還元表面の再酸化挙動	表面科学講演大講演会	1993年 11月30日
富塚仁 菖蒲明己	絶縁物の光電子分光測定における電子線照射効果	表面科学講演大講演会	1993年 12月1日
富塚仁 菖蒲明己	アルミナプレート表面の単色化 X 線光電子分光測定と試料マスキング効果	表面科学講演大講演会	1993年 12月1日
横山雅宏 菖蒲明己	DTA による Cs, Re 添加銀上の酸素吸着挙動	日本分析学会北海道支部1994年冬季	1994年 2月3日
M. Sugioka	Activity Enhancement of Metal Ion-Containing Catalysts by Sulfiding with Hydrogen Sulfide	Critical Reviews in Surface Chemistry	3(2), 101 (1993)
M. Sugioka N. Sato D. Uchida	Activity Enhancement of Me^{n+}/SiO_2 Catalysts by Sulfiding with H_2S for Acid-Catalyzed Reactions	Proc. Intern Acid-Base Catal. II	p.343 (1993)
M. Sugioka	Development of Highly Active Zeolite-Based Hydrodesulfurization Catalysts	Technical paper of 3rd Japan-Saudi-Arabia Symposium on Catalysts	p. 55 (1993)

M. Sugioka	Development of Highly Active Zealite-Based Hydrodesulfurization Catalysts	Paper of 1st Japan-Kuwait Symposium on Catalysts	p. 3 (1993)
杉岡正敏	モリブデン系固体触媒の特性と触媒作用(総説)	日本エネルギー学会誌	73, 17 (1994)
杉岡正敏	地球環境改善のための高性能ゼオライト系脱硫触媒の開発(解説)	月刊「水」	No. 5, 18 (1994)
M. Sugioka	Development of Highly Active Zeolite-Based Hydrodesulfurization Catalysts	Erdölzkohle Erdgas Petro-Chemie	in press (1993)
M. Sugioka Y. Nakata T. Kobayashi T. Uemichi	Enhancement of the Catalytic Activities of Natural Zeolites by Modification with Ammonium Salt Solutions	Proc. of Intern, Natural Zeolite Conference	(1993) in press
杉岡正敏 前崎直人 栃山千賀 佐渡文彦	新しい脱硫触媒をめざして	日本化学会第66秋季年会講演ハイライト	1993年 9月24日 (神戸)
杉岡正敏	沸石（ゼオライト）を利用した高性能脱硫触媒の開発	神戸新聞他	1993年 9月30日
前崎直人 栃山千賀 杉岡正敏	ゼオライト担持 Rh 触媒によるチオフェンの水素化脱硫反応	石油学会第36回年会	(東京) 1993.5.21
阿部寛和 杉岡正敏 小泉聡 小林隆夫 杉岡正敏	アルカリ金属ゼオライト上での触媒反応に対する共存硫化水素の促進作用	日本化学会北海道支部研究発表会	(釧路) 1993.5.23
大和田昌彦 杉岡正敏 小谷川毅	担持鉄硫黄系触媒の特性	日本化学会北海道支部研究発表会	(釧路) 1993.5.23
佐渡文彦 栃山千賀 前崎直人 杉岡正敏	Mo/ゼオライト系触媒の調製と脱硫活性	日本化学会北海道支部研究発表会	(釧路) 1993.5.23
杉岡正敏 前崎直人 栃山千賀 佐渡文彦	次世代型高活性脱硫触媒の開発	日本化学会第66秋季年会	(神戸) 1993.9.30
大和田昌彦 杉岡正敏 小谷川毅	硫酸根添加による金属酸化物の表面改質と触媒特性	日本化学会第66秋季年会	(神戸) 1993.9.30
前崎直人 栃山千賀 佐渡文彦 杉岡正敏	ゼオライト担持複合貴金属触媒の水素化脱硫活性	石油学会第41回研究発表会	(大分) 1993.11.18
杉岡正敏	ゼオライト触媒上での脱硫反応と新規脱硫触媒への展開	第9回ゼオライト研究発表会	(鳥取) 1993.11.26
杉岡正敏	新しい脱硫触媒の創製 —地球環境改善を目指して—	触媒学会北海道地区講演会	(北見) 1993.12.22
長崎尚樹 阿部寛和 杉岡正敏	アルカリ金属ゼオライト触媒によるブランの異性化反応に対する共存硫化水素の促進作用	日本化学会北海道支部研究発表会	(札幌) 1994.2.2

松本靖史 佐藤延介 杉岡正敏	ブテン異性化反応に対するゼオライトの硫化処理効果	日本化学会北海道支部研究発表会	(札幌) 1994.2.2
星野恭之 藤原絵理子 杉岡正敏 他2名	担持貴金属触媒のチオフェン水素化脱硫活性	日本化学会北海道支部研究発表会	(札幌) 1994.2.2
鈴木慎 上道芳夫 杉岡正敏 金塚高次	活性炭担持コバルト触媒の水素化活性	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993.7.23
上道芳夫 杉岡正敏 金塚高次	固体酸触媒によるポリオレフィンの分解	日本化学会第66秋季年会	1993.9.27
上道芳夫 上林英文 杉岡正敏 金塚高次	固体酸触媒によるポリスチレンの分解	高分子論文集	50, (11) 887-892 (1993)
上道芳夫	炭素繊維の触媒材料としての利用に関する研究	池谷科学技術振興財団年報	4, 170-171 (1993)
上道芳夫 伊東俊博 杉岡正敏 金塚高次	ポリオレフィンの接触分解による再資源化	マテリアルライフ第5回研究発表会	1994.1.28
伊東俊博 上道芳夫 杉岡正敏 金塚高次	複合触媒によるポリエチレンの分解	日本化学会北海道支部1994年冬季研究発表会	1994.2.3
戸田純 上道芳夫 杉岡正敏 金塚高次	水素共存下での Co/活性炭触媒によるシクロヘキサノールの脱水素反応	日本化学会北海道支部1994年冬季研究発表会	1994.2.3
上道芳夫 戸田純 杉岡正敏 金塚高次	Co/活性炭触媒のシクロヘキサノール脱水素活性に対する水素の共存効果	日本化学会第67春季年会	1994.3.31
星野行男 田中裕人 竹野昇	パラジウム触媒存在下，オルガノボラン類によるシス型 α,β—不飽和ケトン類の還元反応	日本化学会第66秋季年会(西宮)	1993.9.29
菊池慎太郎	Mycobacterium 属および近縁細菌のホメオスタシス	放線菌研究会	1993.6.19 (東京)
菊池慎太郎	海洋微生物応用の新展開（招待講演）	応用微生物シンポジウム	1993.7.27 (東京)
S. KIKUCHI M. FUKUMOTO	Heavy Metals and Bacterial Infections	IUMS Congress: Bacteriology & Mycology	1993.10.20 (京都)
菊池慎太郎 福本水紀	ヒト型結核菌の重金属保持と感染	生物工学会1993年度大会	1993.11.12 (大阪)
菊池慎太郎 福本水紀 高見沢一裕 (岐阜大)	硫酸還元菌混合発酵による有機金属の除去（招待講演）	日本農芸化学会藪田セミナー	1994.2.10 (岐阜)
菊池慎太郎 P. E. Kolattukudy (オハイオ州大)	ヒト型結核菌脂肪酸合成酵素遺伝子の解析	脂質生化学研究	Vol. 36 1125-1128 (1993)

菊池 慎太郎	海洋微生物による海産毒の無毒化	生物工学会誌	Vol. 71 355(1993)
S. KIKUCHI M. FUKUMOTO H. TAKAHASHI	Iron Storage in Mycobacterium smegmatis Grown under Iron-sufficient and Iron-overload Conditions	Bioscience, Biotechnology Biochemistry	Vol. 58 885-888 (1994)
菊池 慎太郎 峰 露 竹内 隆男 高橋 裕 舘脇 正和 (北大海藻研) 大嶋 尚士 (新薬開発研)	微生物によるゴニオトキシン類の分解	生物工学会誌	Vol. 72 1088-1093 (1993)
秋吉 亮 久木 哲 福田 隆至 (北開試) 小幡 英二 安藤 公二	低濃度シアン化水素の酸化分解処理 —一酸化炭素，二酸化炭素の生成について—	化学工学論文集	19(3) 540-543 (1993)
大友 祐晋 (大同ほくさん㈱) 狩野 三郎 (大同ほくさん㈱) 小幡 英二 安藤 公二	不飽和ポリエステル樹脂をマトリックスとする人造大理石の熱水劣化	化学工学会秋田大会	1993.8.4
安藤 公二 阿部 丈晴 大平 勇一 小幡 英二 福田 隆至 (北開試)	スピルリナの酸素発生速度におよぼす断続照射の効果	化学工学会秋田大会	1993.8.3
小幡 英二 仲居 達 安藤 公二	テーパー流動層における粒径分布測定法と分級効果	化学工学会秋田大会	1993.8.3
和田 誠司 後藤 尚子 大平 勇一 小幡 英二 安藤 公二	ニトロソモナス菌による水中アンモニアの硝化	第3回化学工学・粉体工学北海道研究交流会	1994.1.27
E. OBATA K. ANDO	PARTICLE SIZE MEASUREMENTS BY FLUIDIZATION : FROM LAMINAR FLOW REGION TO THE TURBULENT FLOW REGION	Gulf Publishing Co	Encyclopedia of Fluid Mechanics Supplement 2 (1993)
K. Fujikawa J. Nanjo (北見) K. Watanabe	A Mechanism of SiO_2 Film Growth on the Surface of Anodically Polarized Si Single Crystal	Spring Meeting of The Electrochemical Soc	May 16 1993
冨士川 純 冨士川 計吉 太田 勝久	CO と OH の相互作用—EH 法による検討—	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993.7.23

渡辺克明 冨士川計吉 南條淳二 (北見) 国松敬二 (イムラジャパン)	P-Si の陽極酸化機構	日本化学会北海道支部1993年夏季研究発表会	1993.7.23
冨士川計吉 南條淳二 (北見工大) 渡辺克明	シリコンの陽極酸化(1)　クレーター型ピンホールの形成機構	1993年電子情報通信学会秋季大会	1993.9.8
渡辺克明 南條淳二 冨士川計吉 冨士川純 国松敬二 (イムラジャパン)	シリコンの陽極酸化(2)　赤外分光法による検討	1993年電子情報通信学会秋季大会	1993.9.8
渡辺克明 冨士川純 冨士川計吉 酒井彰 南條淳二 (北見工大)	シリコン陽極酸化膜と基板の界面 —IR およびラマン散乱による検討—	第54回応用物理学会学術講演会	1993.9.27
冨士川計吉 南條淳二 (北見工大) 渡辺克明 国松敬二 (イラムジャパン)	シリコン陽極酸化膜の界面相について	平成5年度電気関係学会北海道支部連合大会	1993.10.17
K. Fujikawa J. Nanjo (Kitami Inst. Tech)	Interesting Aspects in Anodic Oxidation of Silicon	Gordon Research Conference -ElectroChemistry-	1994.1 16-21
冨士川純 冨士川計吉 太田勝久	EH 分子軌道法による Metal-CO-OH 系の検討 —CO_2 形成の分子軌道—	電気化学協会北海道支部1994年研究発表会	1994.1.20
渡辺克明 冨士川計吉 南條淳二 (北見工大) 酒井彰 国松敬二 (イムラジャパン)	陽極酸化膜を形成した単結晶シリコンの赤外およびラマン分光	電気化学協会北海道支部1994年研究発表会	1994.1.20
冨士川純 冨士川計吉 太田勝久	EH 分子軌道法による Metal-CO-OH 系の検討 —Au_2, Pt_2, Hg_2 について—	日本化学会北海道支部1994年冬季研究発表会	1994.2.2
袁鏡慧 蔣鶴亭 冨士川計吉	ゼオライト修飾 TAB 電極におけるフェロー/フェリシアン化鉄イオンのレドックス挙動	日本化学会北海道支部1994年冬季研究発表会	1994.2.2
冨士川計吉 南條淳二 (北見工大) 渡辺克明 国松敬二 (シムラジャパン) 酒井彰	シリコンの陽極酸化によって形成される種々の酸化種について	日本化学会北海道支部1994年冬季研究発表会	1994.2.2

冨士川　計　吉 南　條　淳　二 (北見工大) 渡　辺　克　明 吉　野　正　樹 (職能大) 酒　井　　彰 国　松　敬　二 (イムラジャパン) 橋　詰　　保 (職能大)	シリコンとシリコン酸化物界面にかかるストレスの観察	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994.1.24
吉　田　　豊 松　田　博　臣 佐　藤　浩　司 徳　田　昭八郎 西　辻　　昭	レーザ光音響分光法におけるガス濃度計測システムについて	資源・素材学会平成5年度研究・業績発表講演会	1993.3.30
吉　田　　豊 玉　木　秀　典 屋　木　健　司 徳　田　昭八郎 西　辻　　昭	可視光レーザの降雨・降雪時における減衰特性について	資源・素材学会道支部平成5年度春季講演会	1993.6.14
玉　木　秀　典 屋　木　健　司 吉　田　　豊 徳　田　昭八郎	降雨・降雪中を伝搬する可視光レーザの減衰性	第3回化学工学・粉体工学北海道研究交流会	1994.1.27
上　坂　憲　生 秋　野　　薫 吉　田　　豊 徳　田　昭八郎	振動ボールミルを用いた石炭の微粉砕性	第3回化学工学・粉体工学北海道研究交流会	1994.1.27
山　岸　岳　人 鎌　田　雄　二 吉　田　　豊 徳　田　昭八郎	レーザ光伝搬損失を用いた河川水懸濁粒子群濃度測定法	第3回化学工学・粉体工学北海道研究交流会	1994.1.27

数理科学

五十嵐　敬　典	カルタン空間におけるリー微分の導入	第28回フィンスラー幾何と応用シンポジウム(筑波大学)	1993 8.23-25
T. IGARASHI	Lie derivative of d-object fields in the cotangent bundle	Tensor, N. S.	Vol. 52 No. 3 255-267 (1993)
T. IGARASHI	Lie derivatives in Cartan spaces	Tensor, N. S.	Vol. 52 No. 3 268-278 (1993)

建設システム工学科

溝　口　光　男 荒　井　康　幸	二方向水平力を受ける鉄筋コンクリートL型開断面耐震壁の弾塑性性状に関する実験的研究	日本建築学会構造系論文報告集	第450号 pp. 71-80 1993.8

川田晃三 荒井康幸 溝口光男 野路利幸 (三井建設) 山中久幸 (三井建設) 小坂英之 (三井建設)	セミアクティブ動吸振器の制振効果に関する基礎的研究	日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	B(構造Ⅰ) pp.695-696 1993.9
荒井康幸 奈良剛成 溝口光男 野路利幸 (三井建設) 山中久幸 (三井建設) 小坂英之 (三井建設)	減衰力可変型制振構造に関する基礎的研究 （その５．振動台実験）	日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	B(構造Ⅰ) pp.859-860 1993.9
溝口光男 荒井康幸 武田力 鈴木博	二方向水平力を受ける鉄筋コンクリート並列Ｌ型開断面耐震壁の弾塑性性状 （その１．実験概要および破壊状況）	日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	C(構造II) pp.283-284 1993.9
溝口光男 荒井康幸 武田力 鈴木博	二方向水平力を受ける鉄筋コンクリート並列Ｌ型開断面耐震壁の弾塑性性状 （その２．最大耐力）	日本建築学会大会(関東)学術講演梗概集	C(構造II) pp.285-286 1993.9
溝口光男 石山祐二 (北海道大学) 井野智 (北海道大学) 城攻 (北海道大学)	1993年北海道南西沖地震災害調査（速報） （４．構造物の被害）	日本建築学会	pp. 11-18 1993.9
川田晃三 荒井康幸 溝口光男 野路利幸 (三井建設) 山中久幸 (三井建設) 小坂英之 (三井建設) 川田昌宏	可変減衰装置を用いた多層建物の振動制御	日本建築学会北海道支部研究報告集	No. 67 pp. 93-96 1994.3
溝口光男 荒井康幸 岡杖孝一	鉄筋コンクリートＬ型耐震壁の曲げ耐力に及ぼす直交壁の影響について（その４．直交壁の面内終局耐力）	日本建築学会北海道支部研究報告集	No. 67 pp.105-108 1994.3
武田力 荒井康幸 溝口光男 フォアド・カイラック 中村宏 竹内栄作 村田哲 野尻揮一郎	二方向水平力と鉛直力を受ける鉄筋コンクリートＬ形断面耐震壁の曲げ破壊性状	日本建築学会北海道支部研究報告集	No. 67 pp.109-112 1994.3
尾崎訓 菅田紀之 河内雄二 (新日鉄)	コンクリート用骨材としてのスチールダストの利用について	土木学会北海道支部論文報告集	50 976-981 (1994)
吉田行 尾崎訓 菅田紀之	海水による各種コンクリートの塩分浸透と鉄筋腐食の検討	土木学会北海道支部論文報告集	50 1012-1017 (1994)

水吐則行 局崎　訒 菅田紀之	コンクリートの水中における圧縮疲労の低下に関する一考察	土木学会北海道支部論文報告集	50 1018-1023 (1994)
N. Nishi (分担)	Semi-Rigid Connections in Steel Frames	Council on Tall Building and Urban Habitat	1993
N. Kishi (分担)	Advanced Analysis of Steel Frames: Theory, Software and Applications	CRC Press	1993
岸　徳光 (分担)	構造工学シリーズ6　構造物の衝撃挙動と設計法	土木学会	1994.1
三上　浩 (三井建設) 田村富雄 (三井建設) 岸　徳光 松岡健一	組紐状 AFRP ロッドで補強した RC 梁の耐衝撃挙動	第15回コンクリート工学年次論文報告集	Vol. 15 No. 2 923-928 1993.6
田村富雄 (三井建設) 三上　浩 (三井建設) 岸　徳光 松岡健一	AFRP ロッドを緊張材に用いた PC 梁の衝撃挙動に及ぼす緊張材位置の影響	第15回コンクリート工学年次論文報告集	Vol. 15 No. 2 929-934 1993.6
岸　徳光 中野　修 (道開発局) 西　弘明 (道開発局) 田村富雄 (三井建設)	AFRP ロッドで補強した RC スラブを用いた緩衝構造に関する実証実験	第15回コンクリート工学年次論文報告集	Vol. 15 No. 2 935-940 1993.6
菅田紀之 中野　修 (道開発局) 岸　徳光 三上　浩 (三井建設)	PC 多主桁上に設置した新素材を用いた RC 版を有する緩衝構造の緩衝特性	第15回コンクリート工学年次論文報告集	Vol. 15 No. 2 941-946 1993.6
H. Nakajima (三井建設) N. Kishi T. Mikami (北海道大) K. G. Matsuoka S. G. Nomachi (北海道大)	Impact Behavior of RC Beams Reinforced with Steel Bars and Braided AFRP Rods	Proc. of the 12th SMiRT	J11/2 291-296 1993.8
N. Kishi O. Nakano (道開発局) H. Mikami (三井建設) K. G. Matsuoka N. Sugata	Field Test on Shock-Absorbing Effect of Three-Layered Absorbing System	Proc. of the 12th SMiRT	JH13/6 357-362 1993.8
N. Kishi K. G. Matsuoka H. Mikami (三井建設) T. Tamura (三井建設)	Impact Resistance of PC Beams Using Braided AFRP Rods as PC Tendons	Proc. of the FIP '93	835-842 1993.10

N. Kishi W. F. Chen (Purdue Univ.) Y. Goto (名工大) K. G. Matsuoka	Design Aid of Semi-Rigid Connections for Frame Analysis	AISC Engineering Journal	Vol. 30 No. 3 90-107 1993
T. Tamura (三井建設) H. Mikami (三井建設) O. Nakano (道開発局) N. Kishi	Absorbing Capacity of Cushion System Using Concrete Slab Reinforced with AFRP Rods	ACI	SP-138 301-313 1993
N. Kishi W. F. Chen (Purdue Univ.) Y. Goto (名工大) K. G. Matsuoka	Analysis Program for Design of Flexibly Jointed Frames	Computers and Structures	Vol. 49 No. 4 705-713 1994
岸　徳　光 中　野　修 (道開発局) 松　岡　健　一 菅　田　紀　之	RC 覆工の衝撃応答解析手法の適用性に関する実証的検討	土木学会論文集	No. 483/ I-26 97-106 1994
岸　徳　光 後　藤　芳　顯 (名工大) Rafiq Hasan 小　室　雅　人	半剛結鋼骨組の力学挙動に及ぼす三要素パワーモデルの形状指数の影響	土木学会構造工学論文集	Vol. 40A 1275-1286 1994.3
岸　徳　光 三　上　隆 (北海道大) 菅　田　紀　之 松　岡　健　一	各種片持 RC 覆工の弾性衝撃応答特性	土木学会構造工学論文集	Vol. 40A 1581-1592 1994.3
佐　藤　昌　志 (道開発局) 西　弘　明 (道開発局) 岸　徳　光 菅　田　紀　之	敷砂を緩衝材とする重錘落下による PC 多主桁の弾性衝撃挙動	土木学会構造工学論文集	Vol. 40A 1593-1604 1994.3
三　上　敬　司 (道専修短大) 三　上　浩 (三井建設) 松　岡　健　一 能　町　純　雄 (北海道大)	重錘落下衝撃を受ける単鉄筋 PC 床板の耐衝撃挙動に関する実験的研究	土木学会構造工学論文集	Vol. 40A 1619-1630 1994.3
田　村　富　雄 (三井建設) 岸　徳　光 佐　藤　昌　志 (道開発局) 中　野　修 (道開発局) 渡　辺　明 (九工大)	AFRP ロッドを補強筋とした RC スラブを芯材とする三層緩衝構造の緩衝特性	土木学会構造工学論文集	Vol. 40A 1631-1638 1994.3

三上　浩 (三井建設) 岸　徳光 佐藤昌志 (道開発局) 中野　修 (道開発局) 松岡健一	AFRP 補強 RC 版を芯材とする三層緩衝構造体の緩衝性能に及ぼす表、裏層材の影響	土木学会構造工学論文集	Vol. 40A 1639-1646 1994.3
中野　修 (道開発局) 岸　徳光 菅田紀之 三上　隆 (北海道大) 安藤智啓 (防衛庁)	緩衝構造の緩衝特性に関する数値解析的検討	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	13-16 1993.6
松岡健一 岸　徳光 三上　浩 (三井建設) 松岡　篤 (ドーピー建設)	各種 FRP ロッドで補強した RC 梁の繰り返し衝撃荷重載荷実験	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	113-118 1993.6
田村富雄 (三井建設) 三上　浩 (三井建設) 岸　徳光 松岡健一	AFRP ロッドを用いた PC 梁の衝撃荷重載荷実験	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	119-122 1993.6
三上　浩 (三井建設) 田村富雄 (三井建設) 岸　徳光 松岡健一	AFRP ロッドを用いた四辺単純支持 RC 版の耐衝撃性に及ぼすコンクリート強度の影響	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	123-128 1993.6
三上敬司 (道専修短大) 中野　修 (道開発局) 岸　徳光 松岡健一	重錘衝撃を受ける敷砂材のラーメ定数の推定	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	184-187 1993.6
中野　修 (道開発局) 西　弘明 (道開発局) 松岡健一 尾山靖史 (長大)	三層緩衝構造の芯材 RC スラブの剛性が緩衝性能に与える影響	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	188-191 1993.6
中野　修 (道開発局) 岸　徳光 松岡健一 遠藤　紘 (三菱油化 バーディッシェ)	三層緩衝構造の緩衝性能に及ぼす裏面材料の影響	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	192-198 1993. 6
中野　修 (道開発局) 岸　徳光 松岡健一 遠藤　紘 (三菱油化 バーディッシェ)	各種緩衝構造を用いた落石覆工の実証実験	土木学会第 2 回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	230-235 1993.6

菅田紀之 松岡健一 中野修 (道開発局) 森哲也 (ドーピー建設)	敷砂を緩衝材とするPC多主桁の弾性衝撃挙動	土木学会第2回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	270-275 1993.6
中野修 (道開発局) 山内敏夫 (道開発局) 岸徳光 竹本伸一 (ドーピー建設)	三層緩衝構造を用いたPC多主桁の荷重分担性状	土木学会第2回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	276-281 1993.6
西弘明 (道開発局) 中野修 (道開発局) 岸徳光 三上隆 (北海道大)	各種緩衝構造を用いたPC製覆工の断面試算	土木学会第2回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集	282-285 1993.6
今野久志 (建設省土研) 中野修 (道開発局) 岸徳光 遠藤紘 (三菱油化バーディッシェ)	三層緩衝構造におけるEPS材の役割	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1436-1437 1993.9
西弘明 (道開発局) 中野修 (道開発局) 岸徳光 三上隆 (北海道大)	三層緩衝構造を用いた場合のPCロックシェッドの断面設計	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1438-1439 1993.9
尾山靖史 (長大) 岸徳光 中野修 (道開発局) 西弘明 (道開発局)	三層緩衝構造の芯材RCスラブの剛性が緩衝構造に与える影響	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1440-1441 1993.9
佐竹利治 中野修 (道開発局) 菅田紀之 岸徳光	三層緩衝構造を設置したPC多主桁の弾性衝撃挙動	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1442-1443 1993.9
竹本伸一 (ドーピー建設) 菅田紀之 松岡健一 中野修 (道開発局)	敷砂を緩衝材とするPC多主桁の重錘落下衝撃実験	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1444-1445 1993.9
三上浩 (三井建設) 中野修 (道開発局) 岸徳光 松岡健一	AFRPロッドで補強したRC版を用いた緩衝構造の実証実験	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1446-1447 1993.9

中島規道 (三井建設) 三上浩 (三井建設) 松岡健一 岸徳光	AFRP ロッドを緊張材に用いた PC 梁の衝撃特性に与える緊張材位置の研究	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1448-1449 1993.9
三上敬司 (道専修短大) 岸徳光 三上浩 (三井建設) 松岡健一	重錘落下衝撃を受ける単鉄筋 RC 矩形床板の耐衝撃挙動	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1456-1457 1993.9
松岡健一 岸徳光 中野修 (道開発局) 安藤智啓 (防衛庁)	DYNA3D を用いた重錘落下衝撃を受ける敷砂の衝撃応答解析	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1464-1465 1993.9
安藤智啓 (防衛庁) 中野修 (道開発局) 岸徳光 菅田紀之	DYNA3D を用いた重錘落下衝撃を受ける実覆工の衝撃応答解析	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1468-1469 1993.9
竹村瑞元 岸徳光 三上隆 (北海道大) 菅田紀之	片持式覆工の弾性衝撃応答特性	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1470-1471 1993.9
菅田紀之 中野修 (道開発局) 西弘明 (道開発局) 三上隆 (北海道大)	RC 落石覆工の衝撃応答解析におけるモデル化の影響	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1472-1473 1993.9
中野修 (道開発局) 山内敏夫 (道開発局) 西弘明 (道開発局) 岸徳光	各種緩衝構造を用いた落石覆工の実証実験	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1478-1479 1993.9
R. Hasan N. Kishi Y. Goto (名工大) K. G. Matsuoka	Comparison of Real Connection Tests Data with EC3 Code	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1540-1541 1993.9
工藤正彦 (北海道電力) 岸徳光 後藤芳顯 (名工大) 松岡健一	半剛結骨組の断面設計システムの開発	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1542-1543 1993.9
岸徳光 後藤芳顯 (名工大) 松岡健一	剛結および半剛結接合を組み合わせた鋼骨組の横移動量解析	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1544-1545 1993.9

小室雅人 岸徳光 後藤芳顯 (名工大) 松岡健一	アングル系接合の M-θ_r 特性に用いる形状指数の決定	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第1部	1546-1547 1993.9
松岡篤 (ドーピー建設) 三上浩 (三井建設) 松岡健一 岸徳光	各種 FRP ロッドで補強した RC 梁の繰返し衝撃載荷実験	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第5部	318-319 1993.9
篠崎裕生 (三井建設) 三上浩 (三井建設) 岸徳光 松岡健一	AFRP ロッドを用いた RC 版の耐衝撃性に与えるコンクリート強度の影響	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第5部	320-321 1993.9
田村富雄 (三井建設) 中野修 (道開発局) 岸徳光 三上浩 (三井建設)	AFRP ロッドで補強した RC 版を用いた緩衝構造の緩衝特性	土木学会第48回年次学術講演会講演論文集第5部	322-323 1993.9
岸徳光 後藤芳顯 (名工大) 松岡健一 小室雅人	半剛結横移動骨組柱の有効座屈長の算定	土木学会北海道支部論文報告集第50号	42-47 1994.2
岸徳光 後藤芳顯 (名工大) W. F. Chen (Purdue Univ.) R. Hasan	Revision of Semi-Rigid Connection Data Base	土木学会北海道支部論文報告集第50号	48-53 1994.2
岸徳光 後藤芳顯 (名工大) R. Hasan 小室雅人	半剛結横拘束骨組柱の有効座屈長の算定	土木学会北海道支部論文報告集第50号	54-59 1994.2
岸徳光 中野修 (道開発局) 安藤智啓 (防衛庁) 角掛久雄	DYNA3D を用いた落石覆工の弾性衝撃解析	土木学会北海道支部論文報告集第50号	72-77 1994.2
岸徳光 佐藤昌志 (道開発局) 西弘明 (道開発局) 佐竹利治	敷砂緩衝材の緩衝性能に及ぼす均等係数の影響	土木学会北海道支部論文報告集第50号	78-83 1994.2
岸徳光 中野修 (道開発局) 三上隆 (北海道大) 竹村瑞元	片持式覆工の衝撃挙動に及ぼす荷重分散幅の影響	土木学会北海道支部論文報告集第50号	84-89 1994.2

松岡健一 三上浩 (三井建設) 中島規道 (三井建設) 三上隆 (北海道大)	緊張材の特性と配置位置がPC梁の耐衝撃挙動に及ぼす影響	土木学会北海道支部 論文報告集 第50号	90-95 1994.2
松岡健一 三上浩 (道開発局) 岸徳光 田村富雄 (三井建設)	AFRPロッドで補強した実大桁の耐衝撃挙動	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	96-101 1994.2
松岡健一 熊谷守光 (道開発局) 中野修 (道開発局) 竹村瑞元	ルランベツ覆道の衝撃挙動解析	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	108-113 1994.2
佐藤昌志 (道開発局) 西弘明 (道開発局) 佐藤京 (道開発局) 松岡健一	5トンの重錘を用いた三層緩衝構造の緩衝性能に関する実験的研究	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	136-141 1994.2
西弘明 (道開発局) 佐藤昌志 (道開発局) 岸徳光 松岡健一	敷砂緩衝材を用いたPC多主桁の重錘落下衝撃実験	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	142-147 1994.2
佐藤昌志 (道開発局) 西弘明 (道開発局) 松岡健一 竹本伸一 (ドーピー建設)	PC桁の耐衝撃挙動に関する実証実験	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	148-151 1994.2
佐藤昌志 (道開発局) 西弘明 (道開発局) 岸徳光 松岡健一	三層緩衝構造の緩衝性能に及ぼす芯材RCスラブの継手部の影響	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	152-157 1994.2
菅田紀之 岸徳光 中野修 (道開発局) 三上隆 (北海道大)	箱型落石覆工の落石荷重に対する断面力算定法	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	158-163 1994.2
岸徳光 三上浩 (三井建設) 松岡健一 田中功 松坂祐介	補強筋の特性とコンクリート強度がRC梁の耐衝撃挙動に及ぼす影響	土木学会北海道支部 論文報告集第50号	180-185 1994.2

三上　浩 (三井建設) 田村富雄 (三井建設) 篠崎裕生 (三井建設) 岸　徳光	緊張材の特性と配置位置がPC梁の静的耐荷挙動に及ぼす影響	土木学会北海道支部論文報告集第50号	186-191 1994.2
土屋　勉 後藤延明	PILED-RAFTの支持力機構に関する一考察	第28回土質工学研究発表会	1639-1640 1993.6
土屋　勉 谷岡靖之	杭支持建物の実用的な沈下過程解析	日本建築学会大会学術講演梗概集	B(構造Ⅰ) 1843-1844 1993.9
大楽健司 土屋　勉	鉛直荷重を受ける多翼小径鋼管杭の有限要素法解析	日本建築学会大会学術講演梗概集	B(構造Ⅰ) 1789-1790 1993.9
茶木康友 土屋　勉	水平荷重を受ける杭基礎構造物における杭間の相互作用	日本建築学会大会学術講演梗概集	B(構造Ⅰ) 1805-1806 1993.9
土屋　勉 寺内　哲	多翼小径鋼管杭の応力・変形に関する研究	日本建築学会北海道支部研究報告集	No. 67 pp. 81-84 1994.3
土屋　勉 馬場将考 高橋信考	ネガティブフリクションが作用する群杭の有限要素法解析	日本建築学会北海道支部研究報告集	No. 67 pp. 85-88 1994.3
土屋　勉 後藤延明	PILED-RAFTの支持力と沈下特性に関する解析的研究	構造工学論文集	Vol. 40B pp. 61-67 1994.3
Wut Dankittikul K. Izumi et al	Cross-cultural comparison of community response to road traffic noise in Japan and Thailand	Proceedings of the 6th ICBEN International Congress	Vol. 2 197-200 1993
T. Yano K. Izumi et. al.	Cross-cultural comparison of community response to road traffic noise in Hokkaido and Kyushu, Japan	Proceeding of the 6th ICBEN International Congress	Vol. 2 217-220 1993
山下俊雄 矢野　隆 泉　清人 黒沢和隆	北海道と九州における道路交通騒音に関する社会反応の多変量解析 —道路交通騒音に対する社会反応の地域比較研究II—	日本建築学会計画系論文報告集	第451号 9-18，1993
T. Yamashita T. Yano and K. Izumi	Social survey on anoyance caused by road traffic noise in Kumamoto	Proceedings of International Symposium '93 on Design of Amenity	218-219 1993
山下俊雄 矢野　隆 泉　清人 黒沢和隆	タイにおける道路交通騒音に対する社会反応と居住環境の評価に関する調査研究	熊本大学工学部研究報告	第42巻 第3号 219-228 1993
伊藤正義 井野智 杉野目章 植松武是	RCスラブの歩行時の振幅推定法	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)	平成5年9月 pp.935-936
植松武是 伊藤正義 井野智 杉野目章	あるRC建物における床スラブの歩行時の振動感覚評価	日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)	平成5年9月 pp.935-936

伊藤正義 井野智 杉野目章 植松武是	SRC又はRC建物における梁・柱・壁部材の施工精度調査	日本建築学会北海道支部研究報告集	第67号 平成6年3月 pp.225-228
植松武是 井野智 杉野目章	RC又はPRCフラットプレートの長期たわみに関する一考察	日本建築学会北海道支部研究報告集	第67号 平成6年3月 pp.241-244
伊藤正義 井野智 杉野目章 佐藤尚	鉄筋コンクリート床スラブの1次固有周期推定法	日本建築学会構造系論文集	第457号 平成6年3月 pp. 77-82
安芸義信	歩行者空間の景観分析手法に関する研究（その4）	日本建築学会北海道支部研究報告集	No. 67 481-484 (1994)
藤間聡 井形淳	ニューロンモデルを用いた気象衛星ひまわりの雲画像解析	土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部	148-149 (1993)
藤間聡 今井里美	ファジィ・ニューラルネットワークを用いた洪水流量逐次予測	土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部	222-223 (1993)
藤間聡 薄木琢嗣 中田満洋	北海道日高沿岸鵡川河口周辺の海浜変形	土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部	896-897 (1993)
藤間聡	帯水層パラメータの推定	水文・水資源学会モデリング技術の最近の進歩に関する講座	107-130 (1993)
S. TOHMA	Saturated-Unsaturated Infiltration Flow	Japan Society of Civil Engineers, Journal of Hydroscience and Hydraulic Enginnering, Special Issues	No. SI-3 Hydrology 121-122 (1993)
S. TOHMA S. IMAI	Flood Runoff Forecasting Using a Fuzzified Neural Network	Proceeding of Int1. Congress on Modelling and Simulation	361-366 (1993)
藤間聡 井形淳	ニューロンモデルを用いた気象衛星ひまわりの雲画像解析（その2）	土木学会北海道支部論文報告集	50,370-375 (1994)
藤間聡 今井里美	ファジィ・ニューロモデルを用いた洪水流量の逐次予測	土木学会北海道支部論文報告集	50,376-381 (1994)
藤間聡 岩本英規	亀裂岩盤内の浸透流流動解析	土木学会北海道支部論文報告集	50,404-407 (1994)
藤間聡 薄木琢嗣 今日出人 (室蘭開建)	鵡川河口部の海浜変形に関する実験的研究	土木学会北海道支部論文報告集	50,574-579 (1994)
藤間聡 井形淳	ニューラルネットワークによるGMSデータを用いた降雨域の推定	土木学会水工論文集	38,39-44 (1994)
藤間聡 今井里美	ファジィ・ニューラルネットワークによる洪水流出予測	土木学会水工論文集	38,805-808 (1994)
近藤俶郎 藤間聡 藤原満 渡部富治 古沢彰範	浮上型振り子式波浪発電システムに関する基礎的実験	土木学会海洋開発論文集	9, 301-306 1993

H. KONDO I. SUGIOKA S. OSANAI	The concept of true cost of energy and its application to ocean energies	Proc. International Symposium on Ocean Energy Development (ODEC93, Muroran)	101-106 1993
A. FURUSAWA H. KONDO S. TOUMA M. FUJIWARA	Uplifting type of Pendulor wave power extractor	Proc. International Symposium on Ocean Energy Development (ODEC93, Muroran)	299-306 1993
S. URASHIMA H. KONDO	Hydrodynamics of slotted walls in front of wave power extractors	Proc. International Symposium on Ocean Energy Development (ODEC93, Muroran)	311-319 1993
H. KONDO S. URASHIMA	The concept of true cost of energy and its application to renewable energies	Proc. of 94 MIE International Forum & Symposium on Gloval Environment and Friendly Energy Technology	81-82 1993
近藤俶郎 木村祥明 浦島三朗	日本海発生津波の噴火湾への伝播特性	土木学会北海道支部論文報告集	50,598-601 1994
木村祥明 近藤俶郎 浦島三朗	93北海道南西沖地震による津波波力について	土木学会北海道支部論文報告集	50,602-605 1994
浦島三朗 近藤俶郎 木村祥明 梅沢一之 (北日本港湾コンサルタント)	平面水槽の波高分布に及ぼす側壁反射率の影響	土木学会北海道支部論文報告集	50,630-633 1994
古沢彰範 近藤俶郎	浮上型振り子式波浪発電システムに関する二次元数値解析	土木学会北海道支部論文報告集	50,638-641 1994
石井進一 (海洋科学技術センター) 近藤俶郎 藤原満 渡部富治	日本近海における海洋エネルギー利用システムの開発に関する研究	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告	4, 1-47 1994

機械システム工学科

N. Sugawara (秋田大) H. Saito N. Seki (北大名誉教授)	Experimental Study of Freezing of Water in a Closed Circular Tube with Pressure Increasing	The 4th International Symposium on Thermal Engineering and Science for Cold Regions	p. 96-101 Sept. 28 Oct. 1 1993 Hanover, NH.) U. S. A.

斉藤　図 岸浪　紘機 田中　純治 (本州製紙) 安沢　典男 (新日鉄) 水戸　寛 (清水建設)	蒸発をともなう泡沫流体の高温熱伝達特性	日本機械学会第70期通常総会講演会講演論文集(II)	p. 825-827 3/31-4/2 1993 (東京)
中藪　俊幸 (高砂熱学) 斉藤　図 岸浪　紘機 鎌田　紀彦 鈴木　淳 小張　泰弘 (室工大院)	太陽集熱器内における層流複合対流熱伝達に関する研究	日本機械学会第70期通常総会講演会講演論文集(II)	p. 828-830 3/31-4/2 1993 (東京)
斉藤　図 岸浪　紘機 鎌田　紀彦 鈴木　淳 中藪　俊幸 (高砂熱学) 小張　泰弘 西巻　淳也	太陽集熱器内の複合対流熱伝達の研究	第6回，寒地環境工学研究会合同シンポジウム講演論文集	p. 1-8 4/23,1993 (北見)
斉藤　図 岸浪　紘機 鈴木　淳 数納　隆史 漆坂　洋務 (第一工業)	運動量・翼素複合理論による風車出力特性に関する基礎的研究	第6回，寒地環境工学研究会合同シンポジウム講演論文集	p. 197-204 4/23,1993 (北見)
斉藤　図 岸浪　紘機 鈴木　淳 梅木　久 (室工大院) 篠田　達郎 (エバラ インフィルコ) 小林　千晃 (住友重機)	ステップ伝熱面における自然一強制複合対流熱伝達に関する研究（ステップ前後に温度差がある場合）	日本機械学会北海道支部第34回講演会講演概要集 No. 932-1	p. 114-116 8/20-8/21 1993 (札幌)
K. KISHINAMI H. SAITO J. SUZUKI	"COMBINED FORCED AND FREE LAMINAR CONVECTIVE HEAT TRANSFER FROM A VERTICAL PLATE WITH COUPLING OF DISCONTINUOUS SURFACE HEATING"	"Numerical Methods in Thermal Problems" Edited by R. W. LEWIS, PINERIDGE PRESS. 8th Internotional Conference on "Numerical Methods in Thermal Problems" held at Swansea	Vol. 8 Part 1 p. 597-608 1993 (7/11-7/16 1993 Swansea in U. K)
西岡　純二 (北海道電力) 杉山　弘 新井　隆景 亀　知之 水野　知博	地中熱ヒートポンプ採熱管の気液二相流れに関する研究（二重管内上昇流れの可視化実験と数値シミュレーション）	第12回混相流シンポジウム '93講演論文集	P. 241-244 1993,7,15

スハルト 杉山　弘 新井　隆景 金野　悟 (東芝) 小林　洋一郎 (東芝)	横流ファン流れに関する研究	日本機械学会，流体工学部門講演会講演論文集	930-49 P. 101-103 1993,8,20
三上　英寿 杉山　弘 新井　隆景 牛明　生 (焦作鉱業学院) 菊地　範晃	鈍頭物体を過ぎる微粒子—気体高速流動に関する研究	日本機械学会，流体工学部門講演会講演論文集	930-49 P. 193-195 1993,8,20
片寄　隆裕 杉山　弘 新井　隆景 久保田　信孝	気泡流中の圧力波伝播現象に及ぼす気泡径の影響	日本機械学会，流体工学部門講演会講演論文集	930-49 P. 199-201 1993,8,20
宇野　直嗣 新井　隆景 杉山　弘 誉田　学 本郷　智	超音速二平行流れの乱流混合と垂直噴射による混合促進（LDV による乱流混合の評価）	日本機械学会，流体工学部門講演会講演論文集	930-49 P. 324-326 1993,8,20
杉山　弘 新井　隆景 本郷　智 宇野　直嗣 誉田　学	流路内の圧縮性乱流境界層と多数の衝撃波の干渉	日本機械学会第71期全国大会講演論文集	930-63 P. 262-264 1993,10,4
T. ARAI N. UNO H. SUGIYAMA M. HOMAREDA	Estimate of Turbulent Mixing of Supersonic Parallel Free Streams by LDVMeasurements	AIAA 5th Int. Aerospace Planes and Hypersonic Technologies Conferece	AIAA Paper 93-5019 1993,12,1
杉山　弘 新井　隆景 三上　英寿 菊地　範晃	微粒子—気体衝撃波管内に置かれた楕円柱まわりの流れ	平成５年度衝撃波シンポジウム講演論文集	P. 137-140 1994,1,21
誉田　学 新井　隆景 杉山　弘 宇野　直嗣	後向きステップの下流で再付着する超音速乱流境界層	日本航空宇宙学会第34回航空原動機・宇宙推進講演会論文集	P. 83-86 1994,1,24
宇野　直嗣 新井　隆景 杉山　弘 誉田　学	超音速乱流混合層の乱流特性に関する一実験（高速側および低速側流れを別々にシーディングした LDV 実験）	日本航空宇宙学会北部支部1994年総会・講演会ならびに第４回ラム・スラムジェットエンジンシンポジウム論文集	P. 240-245 1994,3,2
杉山　弘 新井　隆景 片寄　隆裕 久保田　信孝	気泡流中を伝播する衝撃波の実験	日本機械学会第71期通常総会講演会講演論文集 Vol. 3	940-10 P. 277-279 1994,3,29
杉山　弘 新井　隆景	流路内の圧縮性乱流境界層と衝撃波の干渉現象の解明	平成５年度科学研究費補助金実績報告書	1994,3
片山　二郎 佐藤　森 高橋　洋志	垂直管内対向気液二相流における流下抑制の研究	第30回日本伝熱シンポジウム講演論文集	B112 1993,5
片山　二郎 佐藤　森 高橋　洋志	垂直管内対向二相流の流動様式と圧力損失	機械学会流体部門講演会譜演話文集	P. 214 1993,8

H. TAKAHASI N. KOMATSU	Cold model study on burden behaviour in the lower part of blast furnace	ISIJ International	Vol. 33 (1993) No. 6 655
J. Chen T. Akiyama H. Nogami J. Yagi H. Takahashi	Modeling of solids flow in moving beds	ISIJ International	Vol. 33 (1993) No. 6 664
高　橋　洋　志	高炉移動層の粉体工学的解析	日本鉄鋼協会「鉄鋼工学セミナー」テキスト	pp.120-132 (1993)
高　橋　洋　志	高炉移動層の粉体工学的解析	新日本製鉄株式会社専門講座「製銑プロセス工学」テキスト	pp. 1-30 (1993)
青　山　　浩 田　村　享　子 本　田　芳　彦 黒　沢　誠　治 高　橋　洋　志	回転カラム型リアクターの特性と固定化乳酸菌への応用	化学工学会第26回秋季大会講演要旨集	E206 1993,9
吉　田　卓　司 片　山　二　郎 高　橋　洋　志	コールドモデルによる高炉下部の粒子速度場の研究	化学工学会第26回秋季大会講演要旨集	U202 1993,9
本　田　恭　久 高　島　史　郎 片　山　二　郎 小　幡　英　二 高　橋　洋　志	高速循環流動層内の単一水平円管の伝熱係数に関する基礎的研究	化学工学会第26回秋季大会講演要旨集	M103 1993,9
高　橋　洋　志	移動層における粒子の流れ	北海道懇話回第93回講演会講演要旨集	p. 61 1994,1
森　　貴　叙 赤　石　憲　也 (核融合科学研究所) 久保田　雄　輔 (核融合科学研究所) 本　島　　修 (核融合科学研究所) 花　岡　　裕	LaB_6 膜の空気排気特性	真空	36, (12) pp.932-935 (1993-12)
花　岡　　裕 戸　倉　郁　夫 横　山　治　文 津　田　英　克	偏心取付された排水管の容器内排水渦に及ぼす影響	第6回寒地環境工学合同シンポジウム講海論文集	1994,4,23 134-139
戸　倉　郁　夫 花　岡　　裕 安　沢　典　男 (新日鉄) 新　田　晋　也	気泡分散系流体の流動特性（第2報）	第6回寒地環境工学合同シンポジウム講演論文集	1993,4,23 128-133
渡　辺　敏　晃 花　岡　　裕 戸　倉　郁　夫 横　山　真　吾	急減圧下での液体窒素のフラッシング現象に関する研究	第30回日本伝熱シンポジウム講演論文集	1993.5 820-822
花　岡　　裕 高　橋　秀　典 戸　倉　郁　夫	回転カラム型リアクタ内流動の可視化に関する研究	日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集	(930-49) 1993-8 pp. 50-52

花岡　裕 津田　英克 横山　治文 戸倉　郁夫	偏心排水管を有する円筒形貯水槽内の定常排水渦流れに関する研究	日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集	(930-49) 1993-8 pp.416-418
戸倉　郁夫 花岡　裕 安沢　典男 (新日鉄) 新田　晋也	流路内の泡沫流動に関する研究	日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集	(930-49) 1993-8 pp.232-234
森　貴叙 赤石　憲也 (核融合科学研究所) 久保田　雄輔 (核融合科学研究所) 本島　修 (核融合科学研究所) 花岡　裕	ボロン膜の酸素排気実験	第34回真空に関する連合講演会	1993.10
山田　則行 黒沢　和隆 窪田　英樹 吉田　豊 藤本　繁 (テクノ菱和) 花岡　裕	空気膜利用による局所空間空調(1)	平成5年度空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集	1993.10 pp.101-104
花岡　裕 戸倉　郁夫	流体工学，4・2気液・液々二相流（分担報筆）	日本機械学会平成5年度論文集（B編）	59，(564) p.2342 1993-8
花岡　裕 津田　英克 戸倉　郁夫	円筒形貯水槽内の排水渦流れに関する研究	第28回空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集	1994-3 P.49-52
小川　徳哉 花岡　裕 戸倉　郁夫 鈴木　洋 (東洋エンジニアリング) 平田　泰昌 (財・宇宙環境利用推進センター) 米田　昌司 (新エネルギー産業技術総合開発機構)	過熱液体のフラッシングによる沸騰様相の観察	第3回短時間無重力利用に関する講演会講演論文集	1994-3 P.11-16
山田　則行 窪田　英樹 伊地知　健 岡野　智範 黒沢　和隆 吉田　豊 花岡　裕	空気膜利用による局所空間空調(2)	第28回空気調和・衛生工学会北海道支部学術講演会論文集	1994-3 65-68
戸倉　郁夫 花岡　裕 小川　徳哉 鈴木　洋 (東洋エンジニアリング) 平田　泰昌 (宇宙環境利用推進センター) 米田　昌司 (新エネルギー産業技術総合開発機構)	微小重力下における液体の加熱実験 (細線による沸騰熱伝達)	第3回短時間無重力利用に関する講演会講演論文集	1994-3 P.7-10

媚山政良 王愛栄 川本周朗 小山敏弘 松本尚雄 山本司 水野玲子 義永秀樹	全空気方式雪冷房システム	寒地環境工学合同シンポジウム講演論文集(第6回)	1993.4.23
王愛栄 媚山政良 義永秀樹	雪一空気直接熱交換器の温度の自己平衡特性	日本雪氷学会全国大会講演会予稿集	1993.10.20
四戸久貴 媚山政良 林重信	雪の圧密機構に関する研究（第3報，圧縮速度，含水率による違いについて）	日本機械学会北海道支部第33回講演会講演概要集	(932-1) 158-160 (1993)
王愛栄 媚山政良 林重信	雪一空気直接熱交換に関する研究	日本機械学会北海道支部第33回講演会講演概要集	(932-1) 161-163 (1993)
竹谷信徳 媚山政良 林重信	雪氷の管輸送に関する研究（第4報，円管内の固液二相流について）	日本機械学会流体工学部門講演会	(930-49) 452-454 (1993)
媚山政良 高橋剛 王愛栄 義永秀樹 川本周朗 松本尚雄	全空気方式雪冷房一経済性の検討一	寒地技術シンポジウム'93講演論文集	1993 64-67
右田圭 (東京部品) 臺丸谷政志 小林秀敏	ブレーキ・ドラムの熱応力解析（ライニング圧の影響）	機械学会北海道支部第34回講演会(札幌)	1993 8.20-21
山田和喜 臺丸谷政志 小林秀敏	コンクリート梁の衝撃破壊	機械学会北海道支部第34回講演会(札幌)	1993 8.20-21
矢部裕司 臺丸谷政志 小林秀敏	セラミックス円管の横圧試験結果と引張試験結果の関係	機械学会北海道支部第34回講演会(札幌)	1993 8.20-21
小林秀敏 臺丸谷政志	片持ち梁の弾塑性曲げ変形	第71期日本機械学会全国大会(広島)	1993 10.2-4
小林秀敏 臺丸谷政志	セラミックス円管の横圧縮変形挙動	日本機械学会材料力学部門講演会(大阪)	1993 11.15-16
小田美紀男 臺丸谷政志 小林秀敏	面内方向衝撃を受ける平板の破壊 （引張応力波の集中と衝撃破壊パターン）	日本機械学会論文集(A編)	59(561) 1300-1305 (1993)
M. Daimaruya H. Kobayashi Bustami Syam	Dynamic Behavior of Plates with T-type Configuration Subjected to Impact Loading	Proceedings of Experimental and Theoretical Mechanics 93 (etm '93), Bangdung, Indonesia	p. 321-326 (1993)
M. Daimaruya H. Kobayashi Khairul Fuad	Elasto-Plastic Thermal Stress in Brake Drum under Transient Thermal Loading	Proceedings of Experimental and Theoretical Mechanics 93 (etm '93), Bangdung, Indonesia	p. 76-81 (1993)

H. Kobayashi M. Daimaruya	Three Point Bending of Sandwich Beam with Honeycomb Core	Proceedings of Experimental and Theoretical Mechanics 93 (etm '93), Bangdung, Indonesia	p. 227-232 (1993)
臺丸谷　政　志 小　林　秀　敏 小　田　美紀男	三角形平板における引張応力波の集中と衝撃破壊パターン	第4回材料の衝撃問題シンポジウム(京都)	1993 5.11-12
小　林　秀　敏 臺丸谷　政　志 白　馬　豪　紀	切り欠きを通過する表面波の挙動	第4回材料の衝撃問題シンポジウム(京都)	1993 5.11-12
小　林　秀　敏 臺丸谷　政　志 上　田　真　一	ハニカムパネルの静的及び動的3点曲げ	第35回構造強度に関する講演会(京都)	1993 7.6-8
山　田　　豊 世　利　修　美 田　頭　孝　介 永　田　公　二 (住友軽金属工業㈱)	ホスホン酸系溶液中における銅の孔食に及ぼすCa硬度の影響と孔食のモニタリング	表面技術	44, (4) 353-356 (1993)
Funju Meng Rujun Tang K. Tagashira	Study of the comet-shaped carbides in the uppermost surface layer of bearings	Wear	(162) 466-470 (1993)
鎌　田　正　己 田　頭　孝　介 橋　本　健　一 (道工大)	寒冷下における溶着金属部の拡散性水素量に及ぼす温湿度環境の影響	寒地環境工学合同シンポジウム論文集	6, 112-127 (1993)
田　頭　孝　介 (分担執筆)	極低炭素鋼板の金属学	日本鉄鋼協会	1993
山　田　　豊 世　利　修　美 田　頭　孝　介 永　田　公　二 (住友軽金属工業㈱)	ホスホン酸をインヒビターとして含む水溶液中における銅の孔食について	材料と環境	42, (9) 558-563 (1993)
山　田　　豊 世　利　修　美 田　頭　孝　介 永　田　公　二 (住友軽金属工業㈱)	ホスホン酸水溶液中における銅の孔食に及ぼす Cl^- の影響	表面技術	44, (9) 753-756 (1993)
中　村　　満 菊　地　靖　志 田　頭　孝　介 堀　江　　皓	炭素鋼溶接熱影響部の再熱過程での応力緩和挙動	溶接学会論文集	11, (4) 520-525 (1993)
Y. Yamada O. Seri K. Tagashira K. Nagata (住友軽金属工業㈱)	Pitting corrosion of copper in aqueous solutions containing phosphoric acid as an inhibitor	Corrosion Engineering	42 675-684 (1993)
相　馬　英　明 (室蘭テクノセンター) 田　中　壽　晃 (室蘭テクノセンター) 田　頭　孝　介 山　口　　栄	レーザ照射によるチタンの着色皮膜形成	表面技術	45, (1) 67-72 (1994)

田頭孝介	社会人の生涯学習と大学の役割	社会教育	38, (2) 60-69 (1994)
鎌田正己 田頭孝介 橋本健一 (道工大)	低温環境下で溶接した低炭素鋼の割れ発生に及ぼす予・後熱処理の影響	高温学会誌	20, (2) 79-86 (1994)
F. Meng K. Tagashira R. Azuma H. Sohma (室蘭テクノセンター)	Role of eta-carbide precipitations in the wear resistance improvements of Fe-12Cr-Mo-V-1.4C tool steel by cryogenic treatment	ISIJ International	34, (2) 205-210 (1994)
鹿毛秀彦 田中雄一	オーステンパ球状黒鉛鋳鉄の平面曲げ疲れ特性に及ぼす Mn 及び黒鉛組織の影響	鋳物	65-5, 382 (1993)
井川克也 (石巻専修大学) 新山英輔 (東北大学) 田中雄一 堀江告 (岩手大学) 桃野正	材料プロセス工学	朝倉書店	(1993)
Y. Tanaka Y. Ysafune	Progresses in Mechanical Properties and Following Development of Spheroidal Graphite Cast Iron	Proceedings of the International Conference on Mechanical Behevior of Ductile Cast Iron and Other Cast Metals	60(1993)
Y. Tanaka Y. Yang K. Miyamoto (浅間技研工業)	The Effect of Graphite Nodule Size on the Fatigue Strength of High-Quality Spheroidal Graphite Cast Iron	Proceedings of the International Conference on Mechanical Behevior of Ductile Cast Iron and Other Cast Metals	243(1993)
長船康裕 田中雄一 中村義勝 (日本ピストンリング株式会社)	射出成形した TiAl 金属間化合物の脱脂・焼結過程に関する研究	日本鉄鋼協会・日本金属学会北海道支部春期講演会	平成5年6月18日
佐藤賢一 楊忠亮 田中雄一	球状黒鉛鋳鉄の疲れ限度に及ぼす黒鉛粒径及びマトリックス組織の影響	日本鉄鋼協会・日本金属学会北海道支部春期講演会	平成5年6月18日
鹿島英樹 上出英彦 田中雄一	人工海水を塗布した TiAl の高温腐食	日本鉄鋼協会・日本金属学会両支部合同春季講演大会	1993.6.18
上出英彦 田中雄一	Na_2SO_4-NaCl 混合塩中における NiAl の高温繰返し腐食におよぼす Si の影響	日本金属学会誌	57(1993) 533
上出英彦 田中雄一 藤塚健二	H_2SO_4-NaCl 溶液中における α'-マルテンサイトの溶解深さと面積の関係	第113回日本金属学会講演会	1993.10.16
上出英彦 田中雄一 鹿島英樹	人工海水中の塩による TiAl の高温腐食	第40回腐食防食討論会	1993.11.11
上出英彦 田中雄一	ひずみ電極の溶解速度に及ぼす塑性仕事による温度上昇の影響	日本金属学会誌	58(1994) 303

斉当建一	タッピンねじの適正締付け—評価方法の検討—	精密工学会1993年度北海道支部学術講演会講演論文集	1993.9.11
成田忠雄 (道職訓短大) 疋田弘光 山下光久	速応性を考慮したスライディング・モード・サーボ系	日本機械学会ロボット・メカトロニクス講演会 '93	1993.7.7
H. HIKITA M. YAMASHITA Y. KUBOTA (創価大学)	Repetitive Control for a Class of Nonlinear Systems	JSME International Journal Series C : Dynamics, Control, Robotics, Design and Manufacturing	Vol. 36 No. 4 p. 430-434 1993-12
長野勝利 疋田弘光 山下光久	周期外乱除去オブザーバとサーボ系への応用	日本機械学会論文集(C編)	Vol. 59 No. 568 3805-3810 1993-12
H. HIKITA T. NARITA (道職訓短大) M. YAMASHITA	Servo-Type Output Tracking Control via Variable Structure Technique	Proceeding of 32nd IEEE Conference on Decision and Control	Vol. 1 p. 407-411 1993-12
田中信行 山下光久 疋田弘光	入力外乱評価に自由度を持たせた4ブロック問題	第26回計測自動制御学会北海道支部学術講演会	1994.1.30
山下光久 疋田弘光	ファジィ推論を用いたディジタルフィルタの構成(続報)	第10回計測自動制御学会北海道支部主催シンポジウム「ディジタル信号処理と数値解析」	1993.9.24
大家康良 山下光久 疋田弘光	ファジィニューラルネットワークによるトレーラトラックの後退運転制御	第26回計測自動制御学会北海道支部学術講演会	1994.1.29
藤原満 (分担)	冷凍空調便覧　機器編	日本冷凍協会	第5版 第2巻 43-54 (1993)
藤原満 渡部富治 茂利英智 (日立製作所) 遠藤和広 (日立製作所) 鈴木昭 (日立製作所)	ねじシールの潤滑油ミスト遮断性能に関する研究	日本機械学会論文集(C編)	59, (562) 1884-1890 (1993)
T. YAMADA (Hitachi, Ltd.) A. YAMAMOTO (Hitachi, Ltd.) M. FUJIWARA Y. KUNUGI (Hitachi, Ltd.)	Strength evaluation and effect of graphite on strength of electroless nickel plating on cast iron	Journal of Materials Science	28 3513-3518 (1993)
藤原満 高坂義人	マイクロ歩行体に関する基礎研究	平成5年度日本設計工学会北海道支部研究発表講演会	1994,1,28
藤原満 稲葉典史	マイクロコンプレッサの可能性検討	平成5年度日本設計工学会北海道支部研究発表講演会	1994,1,28

鈴木浩之 水口直樹 駿河秀一 渡部富治 近藤俶郎	浮遊型振子式波力発電の性能に関する研究	日本機械学会東北支部第29期総会・講演会	1994,3,11
渡部富治 鵜飼隆好 (北海道大学) 小田切北都 (北海道工業大名誉教授) 片岡更一 (北見工業大) 竹内茂 (北海道工業大) 藤原満 横内弘宇 媚山政良 戸倉郁夫 新井隆景	手巻きウインチシステム設計	日刊工業新聞社	(1994)
三品博達	印刷システムの統合管理	日本印刷学会誌	30, (3) 184-190 (1993)
千田順二 湯浅友典 三品博達	網点画像解析に基づく印刷物発色評価	日本印刷学会誌	30, (4) 260-265 (1993)
T. YUASA T. NIIMI H. MISHINA	Analysis of Laser Generated Halftone Patterns on Film	The 9th International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technology	1993.11 pp.462-465
三品博達	やさしい画像処理の話１.	印刷情報	53, (4) 98-104 (1993)
三品博達	やさしい画像処理の話２.	印刷情報	53, (6) 74-80 (1993)
三品博達 湯浅友典	カラーハードコピーの品質評価	画像電子学会誌	22, (3) 195-204 (1993)
三品博達	ISO/TC130ミュンヘン会議報告（WG2）	日本印刷学会誌	30, (4) 272-273 (1993)
三品博達	やさしい画像処理の話３.	印刷情報	53, (8) 73-80 (1993)
三品博達	やさしい画像処理の話４.	印刷情報	53, (10) 73-77 (1993)
三品博達	やさしい画像処理の話５.	印刷情報	53, (12) 114-119 (1993)
三品博達	やさしい画像処理の話６.	印刷情報	54, (2) 77-83 (1994)
H. MISHINA	Contract for Permission of Use of SCID	ISO/TC130/WG2 Muenchen Meeting, Germany	1993.5.3

H. MISHINA	Production and Distribution Process for SCID	ISO/TC130/WG2 Muenchen Meeting, Germany	1993.5.3
H. MISHINA	Standard Color Image Data Draft Ver. 4	ISO/TC130/WG2 Muenchen Meeting, Germany	1993.5.3
湯浅友典 三品博達 佐野泰三 (大和製缶) 秋吉学 (大和製缶)	印刷画像に発生するロゼット成分の解析	日本印刷学会第90回研究発表会予稿集	1993.6.23 pp.159-162
三品博達	印刷システムの知的統合管理(Ⅰ)	日本印刷学会第90回研究発表会予稿集	1993.6.23 pp.163-166
三品博達	「印刷技術の国際標準化はどのようになされつつあるか」—カラーおよび標準画像—	日本印刷学会第90回研究発表会予稿集	1993.6.23 pp. 94-95
新見伊志 湯浅友典 三品博達	三次元体積による画像評価（第2報）ノイズ付加時の官能評価と平滑化の三次元体積変化	日本印刷学会第90回研究発表会予稿集	1993.6.23 pp.123-126
水野秀樹 千田順二 湯浅友典 三品博達	カラー網点計測と表現色予測（第5報）	日本印刷学会第90回研究発表会予稿集	1993.6.23 pp.135-138
相津佳永 鷲山裕之 三品博達	位相ドップラー粒径測定における飛跡依存誤差	光学連合シンポジウム旭川 '93	1993.9.25 p. 219
藤谷正志 金子憲一 湯浅友典 相津佳永 三品博達	高感度水準面検出(III)	第54回応用物理学会学術講演会	1993.9.29 p. 881
足立彰 相津佳永 三品博達	網膜血流測定用レーザードップラー法の有効性	第54回応用物理学会学術講演会	1993.9.29 p. 869
T. YUASA T. NIIMI H. MISHINA	Analysis of Laser Generated Halftone Patterns on Film	The 9th International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies Proceedings	1993.10.4 pp.462-465
三品博達 湯浅友典	印刷システムの知的統合管理(2)関連知識の画像表示	日本印刷学会第91回研究発表会予稿集	1993.11.12 pp. 53-56
湯浅友典 三品博達	印刷画像に発生するロゼット成分の解析(2)位相ずれが及ぼす影響の解析	日本印刷学会第91回研究発表会予稿集	1993.11.12 pp. 13-16
新見伊志 湯浅友典 三品博達	三次元体積による画像評価(3)相関有無の一様乱数について三次元体積と官能評価との比較	日本印刷学会第91回研究発表会予稿集	1993.11.12 pp. 17-20
金子憲一 湯浅友典 相津佳永 三品博達	高感度傾斜角検出器の不要振動制御	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994.1.24 p. 106
鷲山裕之 相津佳永 三品博達	位相ドップラー粒子計測法における位相変動誤差の検討	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994.1.24 p. 95
水野秀樹 三品博達 湯浅友典 相津佳永	拡散媒体上パターン画像を二値化するための閾値決定法	第26回計測自動制御学会北海道支部学術講演会	1994.1.29 p. 105

Y. AIZU Franz DURST (Erlangen大) Gerard GREHAN (Rouen大) Fabrice ONOFRI (Rouen大) Tien-Hua XU (Erlangen大)	PDA - system without Gaussian beam defects	Proceedings of the 3rd International Congress on Optical Particle Sizing, Yokohama, Japan	1993.8.26 pp.461-470
Y. AIZU T. ASAKURA (北大) K. OGINO (興和㈱) T. SUGITA (興和㈱) Y. SUZUKI (東大) K. MASUDA (東大)	Measurements of blood flow in retinal vessels using time-varying laser speckle	Optics in Medicine, Biology and Environmental Research. Eds. G. von Bally and S. Khanna, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam	1993 pp.146-148
Y. AIZU K. OGINO (興和㈱) T. SUGITA (興和㈱) M. SUEMATSU (興和㈱) T. ASAKURA (北大)	Measurements of blood flow volume in retinal vessels using bio-speckle phenomena	Optics for protection of man and environment against natural and technological disasters. Eds. G. von Bally and H. I. Bjelkhagen, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam	1993 pp.233-238
柳田美穂 (日本電気㈱) 花島直彦 栄坂俊雄 (北見工大) 土谷武士 (北海道大) 田川遼三郎 (旭川高専)	ロバストモデルマッチングによる燃料調量サーボ系の設計	電気学会論文誌D	133, (9) 1069-1077 (1993)
T. EISAKA (Kitami Inst. of Tech.) N. HANAJIMA Y. YANAGITA (NEC corp.) R. TAGAWA (Asahikawa national college of Tech.)	Control of A Magnetic Levitation System by Robust Model Matchng	Preprints of 12th IFAC World Congress, Sydney	4,399-402 (1994. JULY)
N. HANAJIMA T. EISAKA (Kitami Inst. of Tech.) Y. YANAGITA (NEC corp.) T. TSUCHIYA (Hokkaido Univ. Elec. Eng.) R. TAGAWA (Asahikawa national college of Tech.)	Robust Model Matching Design using Normalized Left Coprime Factorization approach	Proc. of the 1993 Korean Automatic Control Conference, Seoul Korea	1994 360-365

花島直彦 栄坂俊雄 (北見工大) 柳田美穂 (日本電気㈱) 土谷武士 (北海道大) 田川遼三郎 (旭川高専)	柔軟構造物の位置・姿勢制御系に対するロバストモデルマッチングの適用	計測自動制御学会論文集	30, (3) 310-318 (1994)
花島直彦 栄坂俊雄 (北見工大) 柳田美穂 (日本電気㈱) 土谷武士 (北海道大) 田川遼三郎 (旭川高専)	Collocated feedback 制御系のロバストモデルマッチングによる低感度化	システム制御情報学会論文誌	7, (2) 51-58 (1994)
花島直彦 栄坂俊雄 (北見工大) 土谷武士 (北海道大) 田川遼三郎 (旭川高専)	ロバストモデルマッチングにおける NLCF ロバスト安定条件	平成5年度電気関係学会北海道支部連合大会講演	1993.10.17
花島直彦 栄坂俊雄 (北見工大) 土谷武士 (北海道大) 田川遼三郎 (旭川高専)	NLCF を用いたロバストモデルマッチングの一設計法	第26回計測自動制御学会北海道支部学術講演会	1994.1.29

情報工学科

島田一洋 杉岡一郎	ホットスタンバイ方式による UNIX システムの高信頼化	情報処理学会論文誌	Vol. 34 No. 5 1010-1018 1993年5月
杉岡一郎 望月定 丹治辰男 畑中雅彦 佐藤孝紀 近藤俶郎 藤間聡 西川博樹	噴火湾を中心とする地域の気象海象に関する総合的研究について	第2回噴火湾談話会研究発表会	平成5年5月
杉岡一郎 丹治辰男 望月定	NOAA 受信システムを用いた画像処理基礎教育	CAI 学会誌	Vol. 10 No. 2 pp. 71-76 1993年6月
H. KONDO I. SUGIOKA S. OSANAI	THE CONCEPT OF TRUE COST OF ENERGY AND ITS APPLICATION TO OCEAN ENERGIES	Proceedings of International symposium on ocean energy development	pp.101-106 Aug. 1993

M. Hatanaka Y. Ohta H. Takeya I. Sugioka A. Nishitsuji M. Wada	AN EVALUATION METHOD OF SNOWPARTICLE SIZE DISTRIBUTION FUNCTIONS FROM VTR IMAGE FOR METEOROLOGICAL RADAR OBSERVATIONS	Proceedings of International geoscience symposium and remote sensing	1916-1918 Aug. 1993
橋本幸男 土谷武士 杉岡一郎 松田敏彦	直進形クレーンにおける吊り荷の横揺れ抑制制御	ロボット学会誌	Vol. 11 No. 7 pp.141-150 平成5年 10月
大西孝臣 黒島利一 杉岡一郎	有限要素法による円形テーパ導波管の電磁界解析	室蘭工業大学研究報告(理工編)	第43号 pp. 1-18 平成5年 11月
橋本幸男 土谷武士 松田敏彦 杉岡一郎	荷揺れ情報を必要としないクレーンの吊り荷の振動抑制制御	計測自動制御学会論文誌	Vol. 30 No. 2 pp.172-180 平成6年 2月
F. Miller J. Maeda H. Kubo	Template Based Method of Edge Linking with Low Distortion	IEICE Trans. Information and Systems	E-76D 6,711-716 (1993)
J. Maeda T. Sakabe	Estimation of Optimal Regularization Parameter in an Iterative Anisotropic Image Restoration Method	Proc. 8th Scandinavian Conf. on Image Analysis, Tromso	Vol. 1 191-198 May(1993)
F. Miller J. Maeda H. Kubo	Template Based Method of Edge Linking Using a Weighted Decision	Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robuts and Systems, Yokohama	Vol. 3 1808-1815 July (1993)
J. Maeda H. Heishi H. Kubo	Shift-, Rotation-, and Scale-Invariant Image Retrieval Using Data-Driven Transform and Distributed Associative Memory	Proc. 1993 Asian Conf. on Computer Vision (Osaka)	67-70 Nov.(1993)
石坂　徹 前田純治	反復画像復元法における最適な正則化パラメータの推定	光学連合シンポジウム旭川 '93	1993.9
前田純治	画像復元と逆問題	第54回応用物理学会学術講演会	1993.9
大田雅之 前田純治	局所的論理演算による画像の適応的2値化	第29回応用物理学会北海道支部学術講演会	1994.1
Y. KUMAGAI J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. and Tech.) H. HIKATA	Exact Data Retrieval of Associative Memory based on Cross Talk Formulation	Proc. of IEEE Int'l Symposium on Circuits & Systems, Chicago IL, USA	Vol. 4 2395-2398 (1993)
J. KAMRUZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI H. HIKITA	Comparison of Convergence Behavior and Generalization Ability in Backpropagation Learning with Linear and Sigmoid Output Units	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Vol.E76-A No. 6 1035-1042 (1993)

J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI H. HIKITA	Robust Performance using Cascaded Artificial Neural Network Architecture	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Vol.E76-A No. 6 1023-1034 (1993)
M. HAMAMOTO (Shumitomo Metals Industry Co. Ltd.) J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI	New Trends in Neural Computation, Lecture Notes in Computer Science 686. J. Mira, J. Cabestany and A. Prieto (Eds.) (Realization of Surjective Correspondence in Artificial Neural Network using Fahman and Lebiere's Learning Algorithm)	Springer Verlag: Berlin Heidelberg	pp.243-248 (1993)
K. ITOH M. HAMAMOTO (Shumitomo Metals Industry) J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI	New Trends in Neural Computation, Lecture Notes in Computer Science 686. J. Mira, J. Cabestany and A. Prieto (Eds.) (Invariant Object Recognition using Fahlman and Lebiere's Learning Algorithm)	Springer Verlag: Berlin Heidelberg	pp.237-242 (1993)
M. HAMAMOTO (Shumitomo Metals Industry Co. Ltd.) J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI	Incremental Learning of Artificial Neural Network Using Fahlman and Lebiere's Learning Algorithm with Training Patterns Disturbed by Noise	Proc. of World Congress on Neural Networks, Portland OR, USA	Vol. 3 pp.475-479 (1993)
J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI H. HIKITA	Extended Architecture of Cascaded Artificial Neural Network	Proc. of World Congress on Neural Networks, Portland OR, USA	Vol. 3 pp.470-474 (1993)
Y. KUMAGAI J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Jose L. PEREZ H. HARA	Probability of Exact Data Retrieval in Associative Memory with Reduced Cross Talk	Proc. of World Congress on Neural Networks, Portland OR, USA	Vol. 2 pp.313-318 (1993)
K. ITOH M. HAMAMOTO (Shumitomo Metals Industry Co. Ltd.) J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI	Invariant Object Recognition by Artificial Neural Network Using Fahlman and Lebierer's Learning Algorithm	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Vol.E76-A No. 7 1267-1272 (1993)
Y. KUMAGAI J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Jose L. PEREZ	ICANN '93, S. Gielen and B. Kappen (Eds.) Proceedings of International Conference on Artificial Neural Networks, Amsterdam, The Netherlands. (Architecture of Associative Memory with Reduced Cross Talk and Its Performance Formulation)	Springer Verlag, London	pp. 517 (1993)

M. HAMAMOTO (Shumitomo Metals Industry Co. Ltd.) J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI	ICANN '93, S. Gielen and B. Kappen (Eds.), Proceedings of International Conference on Artificial Neural Networks, Amsterdam, The Netherlands, (Deletion of Trained Patterns by Incremental Learning in Artificial Neural Network Using Fahlman and Lebiere's Learning Algorithm)	Springer Verlag : London	pp.464-467 (1993)
J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI H. HIKITA	ICANN '93, S. Gielen and B. Kappen (Eds.), Proceedings of International Conference on Artificial Neural Networks, Amsterdam, The Netherlands, (On Generalization Ability of Cascaded Neural Net Architecture)	Springer Verlag : London	pp. 1014 (1993)
J. KAMRUZZAMAN (Bangladesh Univ. of Engg. & Tech.) Y. KUMAGAI H. HIKITA	Generalization Ability of Extended Cascaded Artificial Neural Network Architecture	IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	Vol. E76 - A No. 10 1877-1883 (1993)
H. MORIYA (Tohoku University) K. NAGANO H. NIITSUMA (Tohoku University)	Precise Source Location of AE Doublets by Spectral Matrix Analysis of Triaxial Hodogram	Geophysics	59 (1) 36-45 (1994)
永野宏治 森谷祐一 浅沼宏 佐藤源之 新妻弘明 (東北大) 海江田秀志 (電力中央研究所)	雄勝高温岩体フィールドにおける予備水圧破砕の坑井内3軸AE計測	日本地熱学会誌	16 85-108 (1994)
K. NAGANO M. AIDA K. SATO H. NIITSUMA (Tohoku University) H. KAIEDA (Central Research Institute of Electric Power Industry)	Acoustic emission sequences measured in Ogachi HDR geothermalfield	Proc. 1993 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications	3 863-866 (1993)
永野宏治 相田真人 佐藤一彦 新妻弘明 (東北大) 海江田秀志 (電力中央研究所)	雄勝高温岩体フィールドにおける水圧破砕時のAE発生時系列	第5回地下と土木のAE国内コンファレンス論文集	(1993) 81-87
K. NAGANO H. SAITO (Tohoku University) H. NIITSUMA (Tohoku University)	Guided Waves Trapped in a Subsurface Artificial Fracture	Final program and abstracts 2nd. Borehole Seismics Conference	30-31 (1993)

K. SATO GONG Fangming K. ITAKURA	Measurement of tool force and twist exerted on TBM disc cutters	Proc. 2nd International Symposium on Mine Mechanization and Automation	1993 271-278
佐藤一彦 襄放鳴 浅井秀明 (前田建設工業)	TBMゲージカッタに作用する切削抵抗の抑制方法について	第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集	1994 581-586
佐藤一彦 板倉賢一	円周軌道切削によるディスクカッタの性能試験法に関する研究	平成5年度科学研究費補助金(試験研究B2)研究成果報告書	1994.3
佐藤一彦 板倉賢一	トンネル支保施工エマニピュレータの制御に関する研究	平成5年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書	1994.3
佐藤一彦 板倉賢一 永野宏治	断裂系岩体の力学応答とAEによる破壊過程の評価	科学研究補助金(重点領域)平成5年度研究成果報告書	1994.3 80-87
港高学 小原雄一 佐藤一彦	坑道支保施工へのロボット・ビジョンの適用について	資源・素材学会1994年春季大会	1994.3.29
板倉賢一 佐藤一彦 田崎拓雄 (住石ボーリング) 奥山徳男 (第一興業) 亀井昭彦 (住石ボーリング)	小口径ボーリングのビット位置自動検出システムの開発	平成5年度資源・素材学会北海道支部春季講演会	1993.6.14
板倉賢一 佐藤一彦 出口剛太 (石炭技術研究所)	ロックボルト孔のMWDと情報処理	平成5年度資源・素材関係学協会合同秋季大会分科研究会資料	1993, E8 25-28
草野恭文 板倉賢一 永野宏治	水圧破砕に伴うAEの発生特性について	資源・素材学会1994年春季大会	1994.3.31
沖井広宣 金木則明 小野功一	色分けによる病理画像の領域分割	第32回日ME学会学術講演会	1993,5,19
山本篤 沖井広宣 島田浩次 原弘	ニューラルネットワークを用いたカラー画像の領域分割	電子情報通信学会秋季大会	1993,9,5
須磨昭文 沖井広宣 金木則明 小野功一	ニューラルネットワークを用いた病理画像の特徴抽出	第7回日ME学会秋季大会	1993,10,7
H. Okii N. Kaneki H. Hara and K. Ono	Automatic Color Segmentation Method Using a Neural Network Model for Stained Images	IEICE Transactions on Information and Systems	Vol. E77-D No. 3 343-350 (1994)
川原徹 島田浩次 金木則明 原弘	酸化物半導体を用いたにおいの判別	日本化学会支部冬季研究発表会	1994年2月3日

本間英之 坂井宏光 金木則明 原　弘	化学発光を利用した光ファイバー免疫センサ	日本化学会支部冬季研究発表会	1994年2月3日
H. SAKAI N. KANEKI H. HARA	Analytical application for Chemicals using an enzyme sensor based on an ISFET	Sensors and Actuators B	13 578 (1993)
畑中雅彦 和田　誠 (国立極地所) 太田貴之 西辻　昭	VTR 画像からの降雪の粒径分布算出法について	日本気象学会1993年度春季大会予稿集	1993.5.17 p. 44
川村　務 太田利彦 佐々木信也 畑中雅彦 西辻　昭 今野信義 (登別 厚生年金病院) 宮崎美司 (登別 厚生年金病院)	MRI による下肢動静脈分離イメージング法の検討	電子情報通信学会技術研究報告	MBE-93-37 pp. 59-65 1993.6.24
畑中雅彦 水戸賢司 松浦勇二 坂口　威 西辻　昭	グロー放電陽光柱に対するボルツマン方程式について	電気学会放電研究会資料	ED-93-83 pp. 49-57 1993.8.3
畑中雅彦 川村　務 佐々木信也 西辻　昭 北田千津 (東芝メディカル) 今野信義 (登別 厚生年金病院) 宮崎美司 (登別 厚生年金病院)	Multi-slice FE 法による下肢動静脈分離 subtruction-MRA (II)	日本医用画像工学会雑誌 Med. Imag. Tech	11, (3) pp.393-394 (1993)
畑中雅彦 竹谷　弘 西辻　昭 星山満雄 (北大電科研) 和田　誠 (国立極地研)	気象レーダの新しい解析法による高さ毎の降水強度の推定(3)	第16回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨	1992.8.4 pp. 55-56
畑中雅彦 太田貴之 竹谷　弘 西辻　昭 和田　誠 (国立極地研)	VTR 画像から求めた昭和基地における降雪の粒径分布について	第16回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨	1992.8.4 p. 9
竹谷　弘 畑中雅彦 西辻　昭 星山満雄 (北大電科研) 和田　誠 (国立極地研)	南極昭和基地にて観測された気象レーダエコーの解析について	電子情報通信学会技術研究報告	A・P93-56 pp. 9-16 1993.8.17

M. HATANAKA Y. OHTA H. TAKEYA I. SUGIOKA A. NISHITSUJI M. WADA (国立極地研)	An Evaluation Method of Snow Pamticle Size Distribution Functions from VTR Image for Meteorological Radar Observations	Proceedings of 1993 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '93)	IV 1916-1918 1993.8.18
M. HOSHIYAMA (北大電科研) M. HATANAKA A. NISHITSUJI M. WADA (国立極地研)	On the Estimation of the Precipitation Rate by a New Method of the Meteorological Radar Echos (2) -abstract-	Proceeding of the NIPR Symposium on Polar Meteorological and Glaciology	(7), p. 91 (1993.9)
M. HATANAKA M. HOSHIYAMA (北大電科研) A. NISHITSUJI M. WADA (国立極地研)	On the Estimation of the Precipitation Rate at Each Altitude by a New Method for the Meteorological Radar Echos (2) -abstract-	Proceeding of the NIPR Symposium on Polar Meteorological and Glaciology	(7), p. 94 (1993.9)
畑中雅彦 水戸賢司 東太 松浦勇二 坂口威 西辻昭	グロー放電陽光柱のボルツマン方程式について(2)	平成5年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1992.10.16 p. 73
佐々木信也 川村務 畑中雅彦 西辻昭 児島富美敏 (東芝)	3-D MR 画像からの頭部血管系の位置情報抽出について(2)	平成5年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1992.10.16 p. 379
アンディ ザカリア 佐々木信也 畑中雅彦 西辻昭	MRI 画像を対象とした可逆圧縮に関する基礎的な検討	平成5年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1992.10.16 pp.380-381
川村務 佐々木信也 畑中雅彦 西辻昭 町田好男 (東芝)	交差平均法を用いた Short TIIR 画像作成法の検討	平成5年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1992.10.16 p. 382
竹谷弘 畑中雅彦 西辻昭 星山満雄 (北大電極研) 和田誠 (国立極地研)	気象レーダエコーを用いた降水強度の推定(2)	平成5年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集	1992.10.17 p. 252
Y. Suzuki Y. Abe K. Ono	Self-organizing QRS Wave Recognition System in ECG Using ARTZ	World Cogress on Neual Networks	pp. 39-42 1993
三浦一 竹内一詔 鈴木幸司	ネオコグニトロニによるイメージ文字パターン認識	電子情報通信学会技術報告	MBE93-31 pp. 17-23 1993
高橋圭一 山口忠 鈴木幸司	遺伝的アルゴリズムを用いた格子状グラフにおける方向付の最適化	電子情報通信学会技術報告	MBE93-32 pp. 25-32 1993
野崎晃 今野紀雄 鈴木幸司	ファジー連想記憶の想起特性	電子情報通信学会技術報告	MBE93-30 pp. 7-5 1993

鈴 木 幸 司	ニューラルネットワークによる心電図の自己組織的信号処理	日本ME学会MEにおけるニューロ情報処理研究会第4回	pp. 1-4 1993
Y. Suzuki	Self-organizing QRS-Wave Recognition in ECG Using Newal Networks	IEEE Trans. Neural Networks	投稿中

CONTENTS

Science and Engineering

Nov. 1994 Whole No. 44

Surface Photovoltage Monitoring of Heavy Metal Contamination on Silicon During Chemical Cleaning in IC Manufacturing
.....Shigeru Nomura, Toshiaki Endou, Hisashi Hukuda, Ludek Jastrzebski and Jacek Lagowski 1

Anodic Oxidation of Narrow Region of Silicon Substrate
.....Shigeru Nomura, Toshiaki Endou, Hisashi Hukuda and Abu Hena Mostafa Kamal 15

Mōssbauer Spectroscopy Analysis of Aging Behavior in Duplex Stainless Steel
.....Takuyo Yamada, Hisashi Kuwano and Yuuichi Ishikawa 33

Transformation of Natural Zeolites into Highiy Active Catalysts by Surface Modifications
.....Takao KOBAYASHI, Yukiko NAKATA, Yoshio UEMICHI and Masatoshi SUGIOKA 39

Electrochemical Behavior of Polyaniline-zeolite Composite Electrodes I. Redox of Copper-zeolites .....Wang BAOCHEN, Yuan JINGHUI and Keikichi FUJIKAWA 57

Auxiliary Schemes for Axonometric Drawing to Add to its Practical Utility
.....Akira SUGINOME, Kazutaka KUROSAWA and Satoru INO 67

Other Achievements Studies for 1993 by professor in this Institute 77

平成６年11月25日　印　刷
平成６年11月25日　発　行
（非売品）

編　集
発　行　室蘭工業大学

印　刷　㈱アジプロ
札幌市中央区北2条東3丁目
ＴＥＬ（011）221－5715