



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



チャンネル型2次電子増倍管によるExoelectron放射の検出

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-07-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 杉岡, 一郎, 北村, 正一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3630

チャンネル型 2 次電子増倍管による Exoelectron 放射の検出

杉 岡 一 郎・北 村 正 一

Detection of Exoelectron Emission by Means of Channel Electron Multipliers

Ichiro Sugioka and Shoichi Kitamura

Abstract

Exoelectron emission has been detected mainly by means of the open window type Geiger-Müller flow counters. In this paper we show that the channel electron multiplier developed by the Murata Manufacturing Co. Ltd., which consists of ceramic semiconductors, is suited to measure exoelectron emission. The results obtained are as follows:

- (1) Electron emission from an abraded single line of aluminium specimen was observed with the counting rates 0.5/sec to 20/sec at the pressure near 5×10^{-6} Torr.
- (2) Photostimulated exoelectron emission displayed the different patterns of emission rate curves from the dark emission rate curves obtained in the case (1).
- (3) The background counting rate was 0.2/sec.

1. は じ め に

Exoelectron 放射 (E E E) の現象が組織的に研究されてから約 25 年経過している。

その間、放射電子の検出と測定には、殆ど、ガイガー計数管が用いられてきている。ガイガー計数管は放射線検出器として広く使われているための便利さはあるが、窓を通過できる高エネルギーの電子でなければ検出されない。窓を除去したものは直接放射電子を捕えることができるが、電子なだれをつくるためには気体を流さなければならない^{1),2)}。E E E は試料の表面状態に強く影響されるため、ガス流方式のガイガー計数管を用いるのは適しないことがある。そのため、普通の電子増倍管に窓を開けたものでダイノードに Cu-Be 合金のものを用いた例がある^{3),4)}。この場合出力は電流のアナログ量として測定できる特長をもっている。しかし、このような電子増倍管の増幅率は一般に不安定であるので、長時間の連続測定には適していない。また別に、高エネルギーの E E E の検出用として、シンチレーション計数器も使われている⁵⁾。

上記の電子増倍管と類似の 2 次電子増倍原理を用いた連続ダイノードをもつものと等価なチャンネル型 2 次電子増倍管は構造が簡単で取り扱い易く、しかも増幅率が非常に高いもので、入手が容易になった。筆者等はこの増倍管の特性に着目して E E E の検出に試みて予期した成果が得られたので報告する。

2. チャンネル型2次電子増倍管

2. 1 検出器としての特性^{6),7)}

チャンネル型2次電子増倍管(CEM)は、内径1 mm程度の絶縁性の物質で作られた円筒状のもので、その内面が2次電子放出面になっている。管の入口付近の内面に、2次電子放出に必要なエネルギーを持つ電子が入射すると、管に加えられた電界によって、つぎつぎと2次電子増幅を行ない、出口では約 $10^7 \sim 10^8$ 倍の電子数をもつ電子群となる。この電子群は、ほぼ40~50 ns程度の幅をもつパルス状の電流として出力電極から取り出される。この電子増幅率は長時間使用では不安定になるので、アナログ量の増幅器としては適当でない。しかし、パルスとして計数できるので、入射電子数と出力パルス数を対応させることが可能である。

CEMの使用例は、主として、 β 粒子、ガスイオン、遠紫外線、X線および50 eV~20 keVの高エネルギーの電子の検出用であった。検出できる電子エネルギーの下限が50 eVとされているのは、CEMの2次電子放出比との関係によるものである。検出対象の電子を加速してCEMに入射できる場合には、それ以下の低エネルギーの電子でも十分に検出できるはずである。しかし、筆者等の調査の範囲では、CEMをEEEの検出に用いた例は見られなかった。

CEMをパルス・モードの検出器として使用するとき問題となる点は、計数率の上限と下限および計数落しである。計数率の上限は、a) CEM出力パルスの波高値に散らばりがあるために使用する増幅器の周波数特性によって、b) CEMの増幅率を高めるとパルス幅が増すために、およびc) CEMの管抵抗を大きくすると⁸⁾、減少する。オーロラ粒子の検出用として計数率が $10^7/s$ のものが報告されている⁸⁾。計数率の下限はバックグランド計数率による。これは、CEMの特性、真空の状態およびCEMの印加電圧による⁹⁾。計数落しは、a) 入射電子が殆ど同時にCEM入口付近の別の場所に衝突したとき、b) 非常に大きいパルスが出た直後の不感時間が生じたとき、に発生するものと考えられる。この不感時間はCEMの特性と印加電圧等によって異なるが、大体 $100\mu s$ 以下⁷⁾になっている。これに対して、ガイガー計数管では $200 \sim 400\mu s$ といわれている¹⁰⁾。以上のことから、計数上の特性を良くするためには、CEMの増幅率をあまり高めないで、CEMの後に接続する増幅器の周波数特性を少なくとも100 MHz以上にするのである。

2. 2 使用増倍管

使用したチャンネル型2次電子増倍管は、村田製作所の「セラトロン®E」EMW-1081(ラップ付)である。材料はチタン酸亜鉛系のセラミック半導体で、

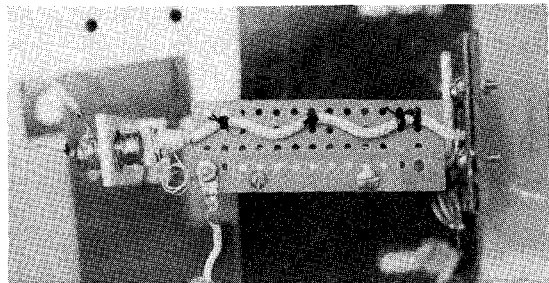


図-1 チャンネル型2次電子増倍管(セラトロン)

アメリカ合衆国で開発発展されているガラス管に酸化錫半導体薄膜をつけたものとは異なっている。管の外形は図-1に示すように波の形をしていて、管の内径は1.2mm、外径は2.5mm、長さは80mm、波形の最大振幅は8mmとなっている。入口に付けられているラップの有効開口面積は約70mm²で長さは10mmである。製作時の特性は表-1に示してある。

表-1 使用したチャンネル型2次電子増倍管の特性

管印加電圧-利得特性		管抵抗値	
印加電圧(kV)	利得	印加電圧(V)	抵抗値(Ω)
4.5	2.2×10^8	100	7×10^{12}
4.0	1.5×10^8	250	5×10^{12}
3.5	8.0×10^7	500	3×10^{12}
3.0	2.0×10^7	1000	1.3×10^{12}
2.5	1.0×10^6	-	-

3. セラトロンを用いた放射電子計数装置

2. 1に示された2次電子増倍管の特性を考慮して、比較的計数率の低い使用を目的とする計数装置を試作し、その計数限界を求めた。その装置の構成を図-2に示す。この図でフィラメントは試験用熱電子放射体で、細く短かいタングステンを用い、そこに流す電流は任意に調節される。フィラメントとセラトロン入口の電極との間の加速電圧は200v以下で、セラトロンの印加電圧は2kv~4kvにとってある。セラトロンの出力電流パルスは図-3に示すように、そのパルス高は種々であるので、これを増幅し波形整形して周波数カウンターに加えるようにしてある。真空槽の真空度は $(4 \sim 6) \times 10^{-6}$ Torrの範囲で測定された。電子放射源を熱電子とし、その放射電子数を毎秒当り1万個以下にするときは、その表面温度はかなり低いため温度測定が困難になった。そのため、フィラメント電流を変化して放射電子数を変えた。実験結果として、フィラメント電流に対する計数率の変化を図-4に示す。

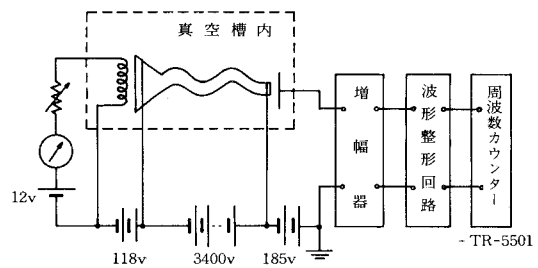


図-2 セラトロンを用いた放射電子計数装置

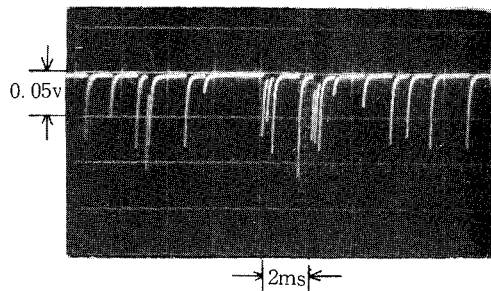


図-3 セラトロンの出力電流パルス

この図で、計数率の上限が $5 \times 10^3/s$ と低いのは、使用した直流増幅器の周波数特性によるものである。このときのバックグラウンド計数率は100秒間の平均で0.2/sであった。したがって、1/sの計数率は信頼できる値であると考えられる。

4. Exoelectron 放射の測定

Exoelectron 放射測定装置は、図-2の計数装置のうち、電子放射源を exoelectron 放射源に置き換えればよい。その測定装置の放射源の様子を図-5に示す。金属試料のアルミニウム板を円筒形の絶縁体にまきつけ、試料に加える機械的刺激は加圧した針による線状の塑性変形を用いる。この機械的刺激に光（水銀ランプ）の照射を併用して、つぎの4種類の実験を行なう。

- i) 光を照射しないで、機械的刺激のみで測定する。(図-6)
- ii) フィルターを使用して、4300 Å の波長の光を照射しながら機械的刺激を加えて測定する。(図-7)

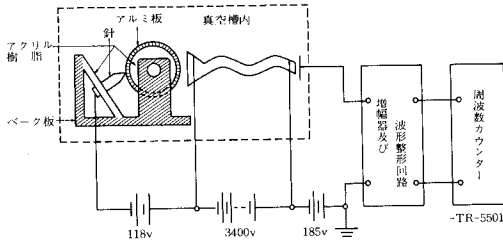


図-5 Exoelectron 放射測定装置

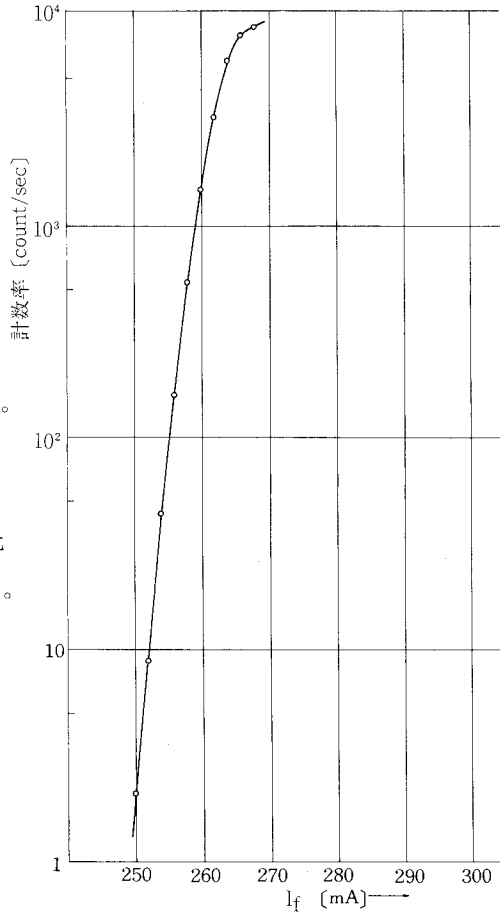


図-4 フィラメント電流 (I_f) に対する計数率の変化

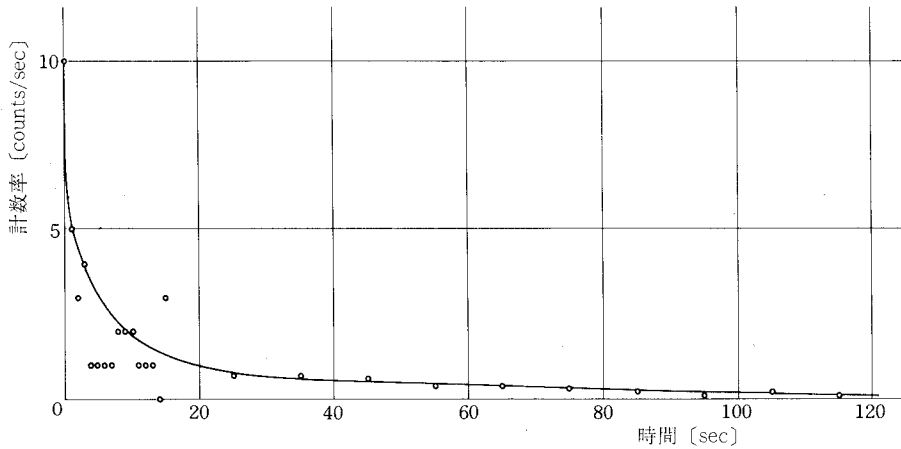


図-6 試料に光を照射しないで機械的刺激を加えて測定した場合

iii) 先に機械的刺激を加えた試料に光を照射して測定する。(図-8)

iv) 光を照射しながら、機械的刺激を加えて測定する。(図-9)

上記4種類の測定結果から、計数率 $10/s$ 以下のものも比較的簡単に求められることが明らかにされたものと考えられる。

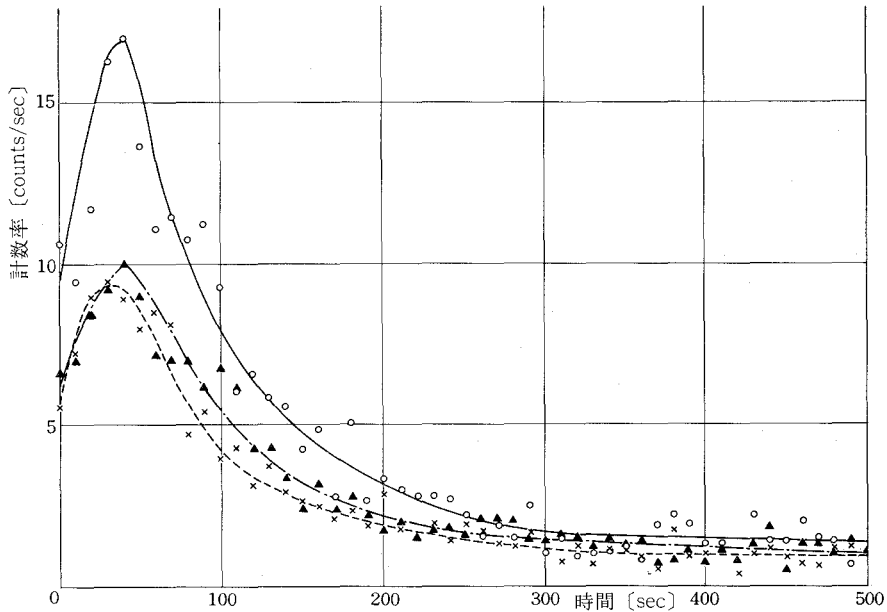


図-7 試料に4300 Åの波長の光を照射しながら機械的刺激を加えて測定した場合

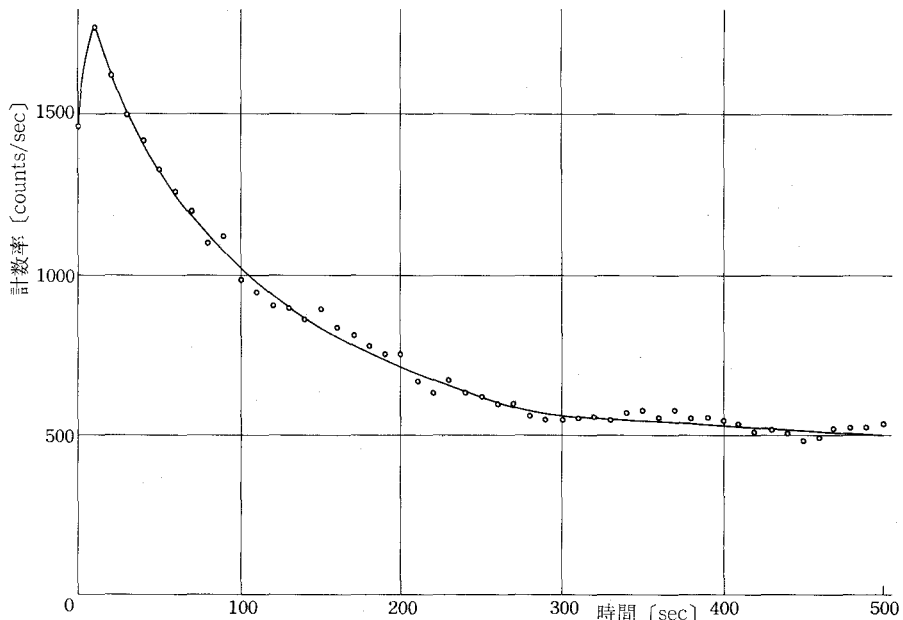


図-8 先に機械的刺激を加えた試料に光を照射して測定した場合

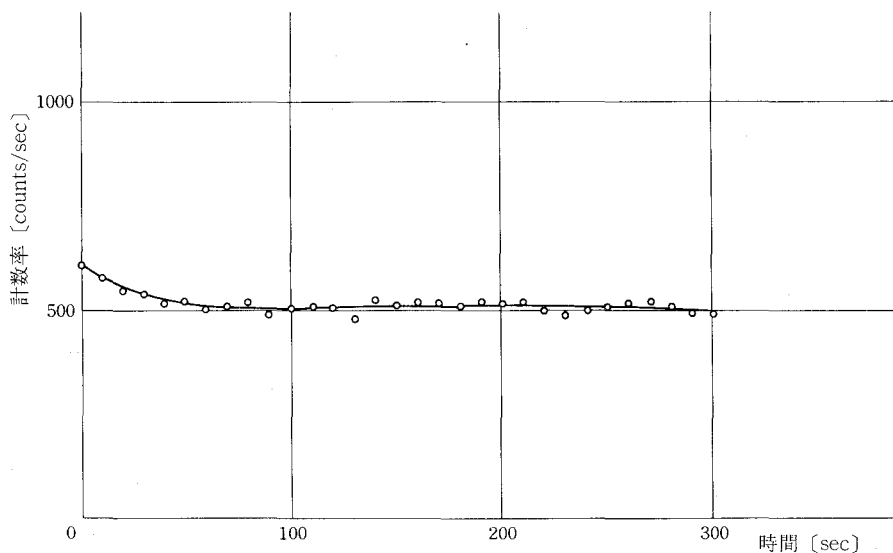


図-9 試料に光を照射しながら機械的刺激を加えて測定した場合

5. お わ り に

Exoelectron 放射現象は最近特に固体表面の研究に深い関係を持っている。しかし、その測定技術はまだ充分ではない。本報告で示したチャンネル型 2 次電子増倍管に増幅器と波形整形器およびカウンターを加えた装置は、特に増倍管が小形軽量で取り扱いが簡単である上に、増幅率が高く雑音が低いという長所をもっている。したがって、放射量の少ない現象の測定に優れていると考えられる。前項で示した実験例からも知られるように、他の刺激を加えない機械的刺激のみによる放射現象の場合に有用である。本実験で用いた増幅器は周波数特性の低いものであったので計数率は低かったが、この特性を高めると計数率は高まるはずである。

終りに、本実験に積極的に助力して下さった、本学の卒業生熊谷典久、長沢一伸および永洞和正また文部技官内田清秋の諸氏に厚く感謝します。

(昭和 50 年 5 月 20 日受理)

文 献

- 1) 斉藤安俊, 品田豊, 菅原康夫: 日本金属学会誌 **37**, 1923 (1973)
- 2) Onsgaard, J. and K. R. Ennow: 4th Intern. Symposium on Exoelectron Emission and Dosimetry, 79 (1974)
- 3) Ramsey, J. A.: Surface Science **8**, 313 (1967)
- 4) Scharmann, A.: Proc. 3rd Intern. Symposium on Exoelectron Emissions (1970)
- 5) Link, E. and J. Wollbunt: 4th Symposium on Exoelectron Emission and Dosimetry, 75 (1974)
- 6) Schmidt, K. C. and C. F. Hendee: IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-**13**, 100 (1966)
- 7) Adams, J. and B. W. Manley: IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-**13**, 88 (1966)

- 8) Smith, J. B. : Rev. Sci. Instrum., **43**, 488 (1972)
- 9) Becker, H., E. Dietz and U. Gerhardt : Rev. Sci. Instrum., **43**, 1587 (1972)
- 10) 大野和郎, その他:放射線測定 朝倉書店