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

# 斜対称形LiNbO3単相駆動超音波モータの小形化の検討と試作評価


| | |
|---|---|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者: 日本音響学会<br>公開日: 2012-09-21<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 田村, 英樹, 川合, 孝二郎, 高野, 剛浩, 富川, 義朗, 広瀬, 精二, 青柳, 学<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/10258/1666 |

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

# 斜対称形LiNbO3単相駆動超音波モータの小形化の検討と試作評価

| | |
|---|---|
| その他（別言語等）のタイトル | Trials for the Miniaturization of Single-Phase USM Using a LiNbO3 Diagonally Asymmetric Plate |
| 著者 | 田村　英樹, 川合　孝二郎, 高野　剛浩, 富川　義朗, 広瀬　精二, 青柳　学 |
| 雑誌名 | 日本音響学会研究発表会講演論文集 |
| 巻 | 2007年春季 |
| ページ | 1175-1176 |
| 発行年 | 2007-03 |
| URL | http://hdl.handle.net/10258/1666 |

# 斜対称形$LiNbO_3$単相駆動超音波モータの小形化の検討と試作評価

○田村 英樹, △川合 孝二郎, 高野 剛浩†, 富川 義朗, 広瀬 精二, 青柳 学‡
(山形大・工, †東北工大, ‡室蘭工大)

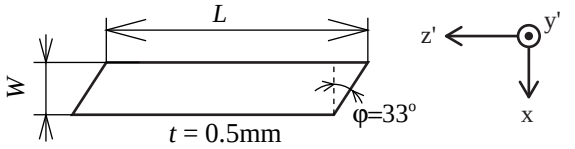
## 1. まえがき

超音波モータへの応用においても圧電単結晶や非鉛圧電セラミックスを利用したデバイス研究が進んでおり、[1,2] 筆者らは$LiNbO_3$バルク振動子を用いた高速回転型モータに関して報告している。[3,4] $LiNbO_3$は従来の圧電セラミック材と比べると圧電定数は小さいが、大きな変位速度や高い駆動周波数においても低損失で発熱などの影響が少なく、[5] すなわち小形化に向いた材料と考えられる。小形化を指向する際には構造が簡素である事も重要であり、前報 [3] に続いて結合モードを利用する斜対称形振動子による単相駆動モータを検討した。振動子寸法を縮小すると変位は小さくなるが変位速度はほぼ変わらず、従って軽負荷用途では小形化しても同様の出力が得られるとの期待から、振動子寸法を 1/2 としたモータを試作評価し比較を行った。

## 2. 振動子とモータ構成

図 1 に示すように斜対称形にダイシングされた X140 度回転 Y 板$LiNbO_3$の上下全面に Cr+Au 蒸着電極を設けた振動子を用いる。この形状の決定に当たっては図 2 に示す FEM による解析結果を基にした。一方向への回転に特化し、結合モードのうち電気機械結合係数の大きな周波数の高いほうの upper-mode を用いる。その際にロータシャフトとの接触点の変位がシャフトに対して垂直に加圧する$u_V$成分と、シャフトの周方向に変位する$u_H$成分がお互いに同程度となる条件とした。但し、この形状では縦振動と屈曲振動の結合はそれほど強くなく、縦振動が主要な成分となっている。なお、図 2 の変位は無負荷・フリー状態で $Q$ 値 5000 と仮定した際に共振周波数で 1V の電圧印加条件にて得られた upper-mode に関する値である。

長さ及び幅について等比となる大小 2 種のサンプルを用いてモータを試作し、特性を比較した。大形振動子は前報と同じく、図 3 に示すようにリン青銅の支持兼給電板を導電性接着剤で振動子に取り付けた後、アクリルホルダで挟み込んで固定した。これはホルダが大きく、またリン青銅板のたわみによって加圧時に振動子の逃げが生じるという問題もあった為、小形モータは図 4 に示す新たな保持構造を用いた。振動子上下面の中央に直径 0.5mm の金属ピンを導電性接




(a) $L$ = 20, $W$ = 4 mm　　$LiNbO_3$ X140° Y-cut
(b) $L$ = 10, $W$ = 2 mm

図 1 モータ特性比較用振動子形状

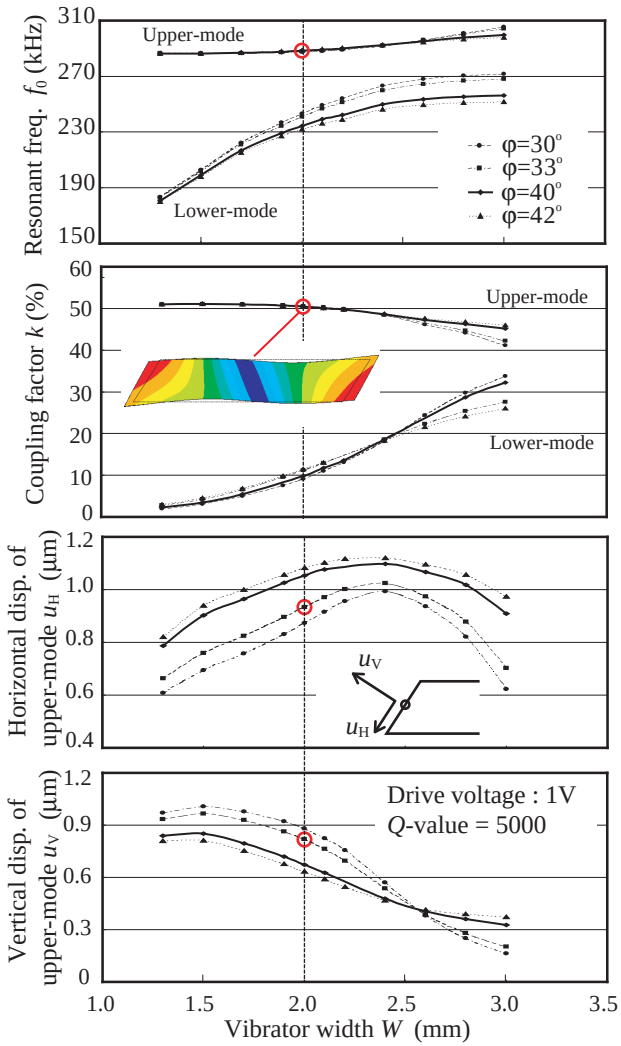



図 2 $L$=10mm での振動子幅に対する共振周波数と電気機械結合係数ならびに駆動変位に関する解析結果

表 I　X140°回転Y板斜対称振動子特性

| | $L$=20mm | $L$=10mm |
|---|---|---|
| $f_0$ (kHz) | 143.921 | 288.102 |
| $R$ (Ω) | 7.36 | 50.76 |
| $Q$ | 10286 | 2783 |

* Trials for the Miniaturization of Single-Phase USM Using a $LiNbO_3$ Diagonally Asymmetric Plate , by Hideki Tamura, Koujiro Kawai, Takehiro Takano†, Yoshiro Tomikawa, Seiji Hirose and Manabu Aoyagi‡ (Yamagata Univ., †Tohoku Inst. of Tech. and ‡Muroran Inst. of Tech.)

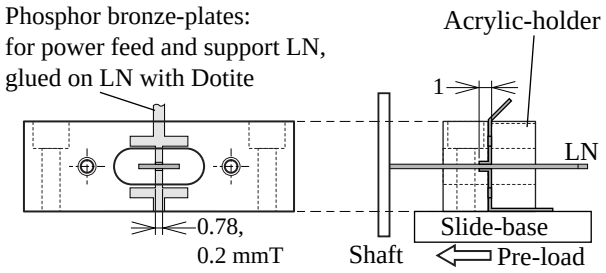



図 3 大型振動子の保持治具

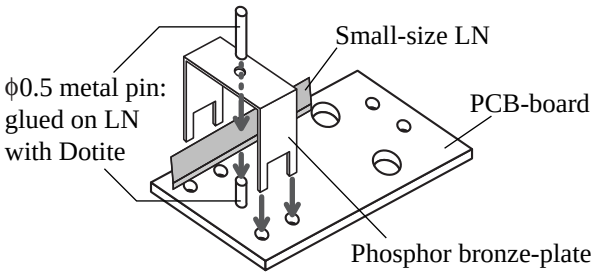



図 4 小型振動子の保持治具

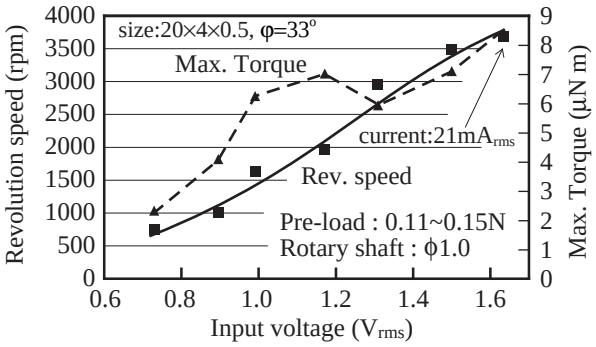



図 5 *L*=20mm 大型振動子のモータ特性

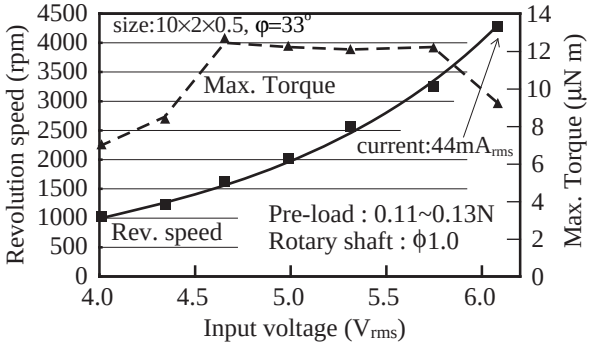



図 6 *L*=10mm 振動子、シャフト直径 1mm のモータ特性

着剤で固定する。固定部が相対的に大きく固くなった為、保持後の振動子特性は表 I に示すように小型振動子では *Q* 値が低くなっている。

ロータは端部に回転速度計測用の直径 24.5mm で 1 回転 300 パルス出力のコードホイールが取り付けられ、慣性モーメントは約 $4\times10^{-8}$kg/mである。回転立上がり特性よりトルク他を算出した。[6)]

## 3. 実験結果

図 5 に大型振動子でロータシャフト直径 1mm のモータ特性、同様に小型振動子の場合を図 6、さらに小型振動子でシャフト直径 3mm の結果を図 7 に示す。同じシャフトを用いた場合には、加圧量等による違いが若干あるがほぼ同様の特性が得られている。但し、小型振動子は電極面積が小さいのみならず相対的に厚みが 2 倍あり、等価抵抗が大きいため高い駆動電圧を要している。

ロータ径を大きくするとそれだけ回転数が落ちるが、見積りトルクは 10 倍以上得られている。ただし、図 8 から確認されるようにシャフト軸受けの精度の低さからブレが生じており、一回転あたりで駆動力が加減速を繰り返すように周期的変動がある。この変動は駆動入力電流にも振幅と位相の変化として現れ、その為正確な駆動電力ならびに効率は評価出来なかった。図 5 - 7 中に示した電流値は、変動する最大の値である。

小形化により周辺機構の精度影響を強く受けるが、モータ特性としては 2 倍の寸法の場合と比較してもほぼ同様の出力結果が得られた。

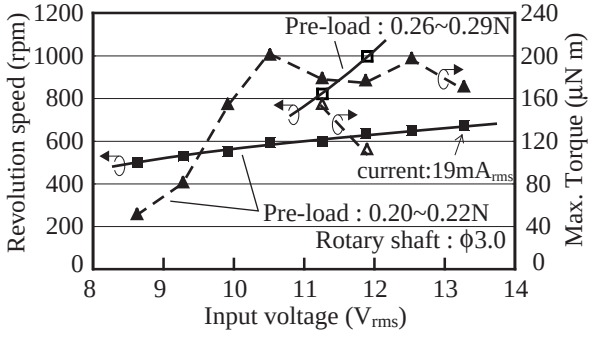



図 7 *L*=10mm 振動子、シャフト直径 3mm のモータ特性

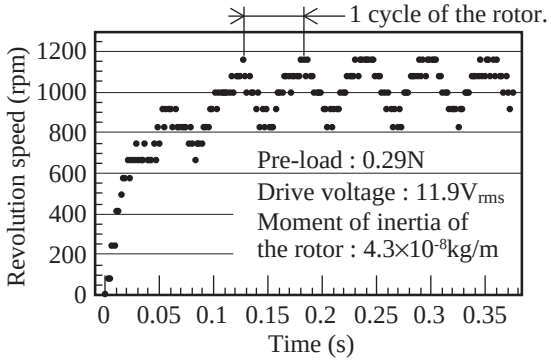



図 8 *L*=10mm 振動子、シャフト直径 3mm の立ち上がり特性の一例


## 謝　辞

本研究の遂行にあたり尽力頂いた山形大・広瀬研究室の内田祥晴君に感謝します。本研究の一部は村田学術振興財団ならびに、科研費 ( 特定・17040006) の助成を受けて行われた。


## 参考文献


1) 例えば、M. K. Kurosawa *et. al.*, Ultrasonics 41, pp.271-275, 2003
2) 土信田 他 , Proc. Symp. Ultrason. Electron., Vol.27, pp.351-352, 2006
3) 田村 他 , 音響学会講演論集 , pp.991-992, 2006-9
4) 川合 他 , 信学技報 US2006-42 pp.37-42
5) 広瀬 他 , 音響学会講演論集 , pp.845-846,1991-10
6) K. Nakamura *et. al.*, IEEE Trans.Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control 38, pp.481-485, 1991