

LiNbO₃を用いた斜対称形超音波モータの基礎特性

その他（別言語等） のタイトル	Basic Characteristics of a Diagonally Symmetrical Form Ultrasonic Motor Using a LiNbO ₃ Plate
著者	田村 英樹, 高野 剛浩, 富川 義朗, 青柳 学, 広瀬 精二
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2006年秋季
ページ	991-992
発行年	2006-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1661

LiNbO₃を用いた斜対称形超音波モータの基礎特性

その他（別言語等） のタイトル	Basic Characteristics of a Diagonally Symmetrical Form Ultrasonic Motor Using a LiNbO ₃ Plate
著者	田村 英樹, 高野 剛浩, 富川 義朗, 青柳 学, 広瀬 精二
雑誌名	日本音響学会研究発表会講演論文集
巻	2006年秋季
ページ	991-992
発行年	2006-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/1661

LiNbO₃を用いた斜対称形超音波モータの基礎特性*

田村 英樹, 高野 剛浩[†], 富川 義朗, 青柳 学[‡], 広瀬 精二
(山形大・工, [†]東北工大, [‡]室蘭工大)

1. まえがき

筆者らは非鉛の圧電材料であり、また大振幅速度状態でも発熱が少なくハイパワー特性に優れている^{1,2)}LiNbO₃を用いた高速回転型超音波モータの研究^{3,4)}に取り組んでいる。特に小型化を進める際に構造ならびに駆動の簡易さから優位と思われるモード結合タイプの斜対称形振動子を用いた構成⁵⁾について検討を進め、前報で⁶⁾課題としていたトルクならびに効率の測定を行ったのでその結果を報告する。

2. モータ構成及び測定方法

振動子形状を Fig.1 に示す。X 回転 128 度 Y 板 LiNbO₃を用いて、二つの結合モードのうち Upper-mode が優勢となる形状である⁶⁾。この振動板の high-Q を維持するため、Fig.2 に示す給電と支持を兼用したリン青銅板部品を、導電性接着剤 (Dotite FA-705) で振動子中央の上下それぞれに接着した後に、アクリル製の保持器具で挟みリニアスライドステージに取り付けた。以前の構成では支持板の厚みが 0.1mm であり、その際に加圧により支持板の取り付け部(くびれ)での擦りが大きく、従って逃げによるシャフトとの接触位置が変動し、加圧量評価も誤差が大きい為、今回はリン青銅板の厚みを 0.2mm へと増やした。さらに固定部の影響軽減のため取り付け部の幅については従来の 1.0mm から 0.78mm とした。その結果、加圧による逃げは改善され、かつ Table 1 に示すようにホルダへの取り付け完了後に評価した振動子の共振尖鋭度 Q は 9469 と従来サンプルの測定値 4000 ~ 7000 よりも高い値が得られた。

測定方法については Fig.3 に示す。微小トルクならびに効率導出⁷⁾のため、起動応答特性の測定を行った。リニアステージ上に固定された振動子をフォースメータで値を確認しながら与

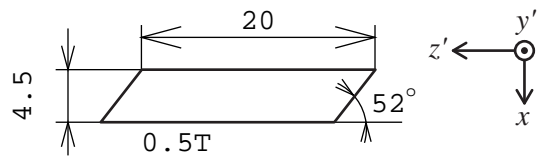


Fig. 1 Diagonally symmetrical vibrator using LiNbO₃ X-rotated 128° Y-cut plate.

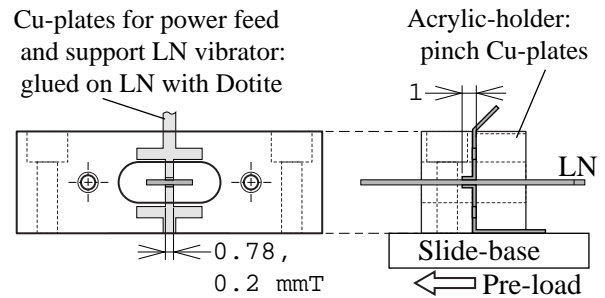


Fig. 2 Support structure of the vibrator.

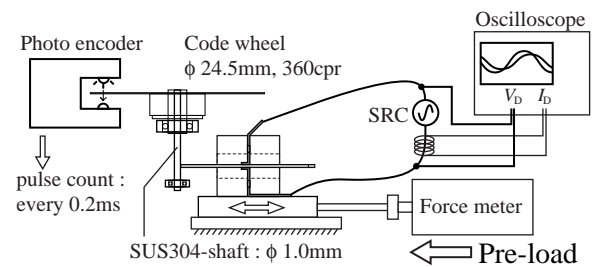


Fig. 3 Measurement system.

圧する。直径 1mm のステンレスシャフトには 1 回転あたり 360 パルス孔が刻まれたコードホイールを取り付けてあり、光学式エンコーダ (AVAGO HEDS-9100-360) により出力パルスを得る。今回は立ち上がりが遅い為、2ms 毎にパルスをカウントして回転速度を求め、Fig.4 の回転立ち上がり応答を計測した。さらにその際にオシロスコープ波形から読み取った駆動電圧及び駆動電流から入力電力(定常値)を求め、以上の結果から Fig.5 の負荷特性を算出した。

Table I Equivalent constants of the vibrator.

Q	9469.4
f_0 (kHz)	142.035
R (Ω)	9.8
L (mH)	104.1
C (pF)	12.1
C_d (pF)	78.2
k_{vn} (%)	36.6

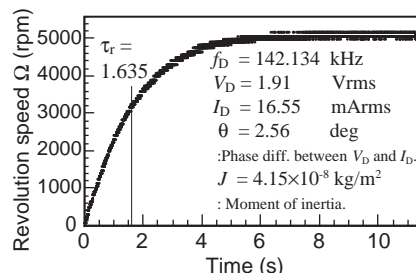


Fig. 4 Step response of the motor.

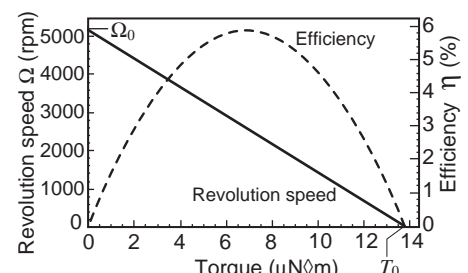


Fig. 5 Load characteristics calculated by the step response.

* Basic Characteristics of a Diagonally Symmetrical Form Ultrasonic Motor Using a LiNbO₃ Plate , by Hideki Tamura , Takehiro Takano[†], Yoshiro Tomikawa , Manabu Aoyagi[‡] and Seiji Hirose (Yamagata Univ., [†]Tohoku Inst. of Tech. and [‡]Muroran Inst. of Tech.)

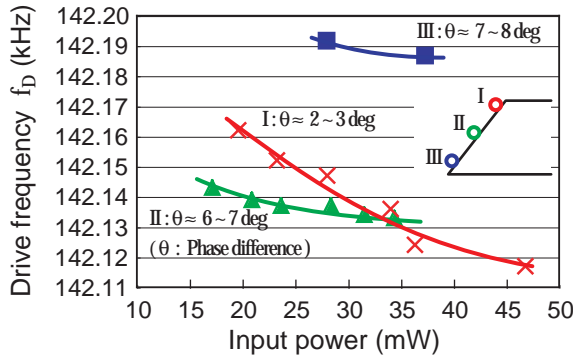


Fig. 6 Drive frequency vs. Input power.

3. 測定結果

シャフトの接触位置により特性が異なる為、Fig.6中に示すように斜辺のI: 鈍角側、II: 中央とIII: 鋭角側それぞれで接触させた特性を示す。またFig.6-10は各条件で5回測定した平均値である。また、与圧は約0.07Nを中心に $\pm 0.04N$ 程度の変動がある。これは高回転条件を得る為の調整や、治具に起因する時間経過による変動である。

入力電圧の変更時に、良好な回転が得られる駆動周波数 f_D の調整を行った。この際に電流の位相が28deg程度遅れとなる周波数で高速回転が得られており、その結果Fig.6に示されるように最適な駆動のためには入力パワーに応じて周波数の調整(位相追尾)が必要である。また本報では省略するが、ロータとの接触部に摩擦材としてジルコニアチップを取り付けた場合(その際シャフトもジルコニアで、最大効率率は2%程度)には高回転の得られる位相は640degと条件により大きく異なる。いずれにしても、パワー投入により回転速度が上がると、最適な駆動周波数は振動子自体の共振周波数に近づくように低下している。

Fig.7-10より、総合的に優れた特性が得られるのはシャフトの接触位置が振動子斜辺中央の場合であり例えば約2Vrms, 34mWにて $\Omega_0=5200\text{rpm}$, $T_0=13.8\mu\text{Nm}$, $\eta=5.5\%$ が得られている。細径シャフトによる低トルク高速回転型構成のため、特にトルクは小さく起動時間も長いが、従来の圧電セラミクスを用いた斜対称形超音波モータの特性⁵⁾と比較すると低電圧駆動であり効率も2~3倍良い。

シャフト接触位置が鋭角側(III)の場合には測定中最大の回転速度を得ているが、入力パワーを下げると極端に性能が劣化する。またシャフト接触位置を鈍角側(I)とした場合には、駆動電圧が低く、また解析や前報測定値からも変位が大きい領域であるが、実際の回転速度、効率などいずれも低い。
課題： 与圧量をパラメータとした測定や摩擦材を用いた際の特性比較、およびハイパワーでの限界特性の評価については今後の課題とする。

謝辞

本研究の遂行にあたり試作測定に尽力頂いた山形大・広瀬研究室の川合孝二郎君、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。

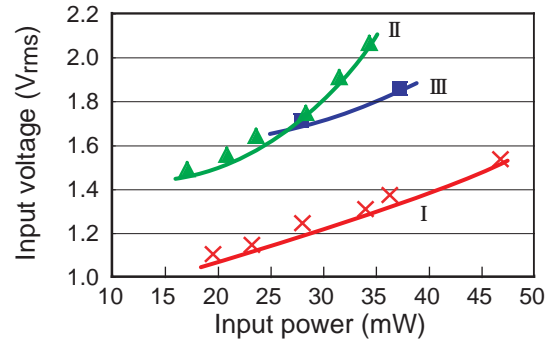


Fig. 7 Input voltage vs. Input power.

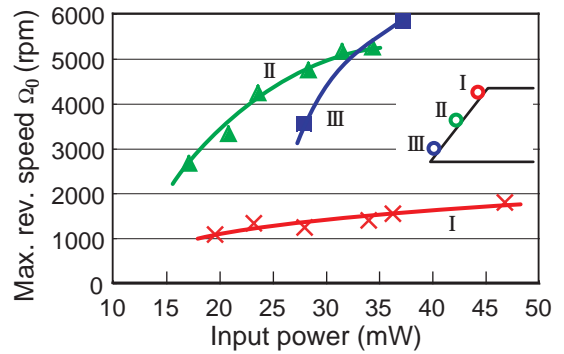


Fig. 8 Maximum revolution speed vs. Input power.

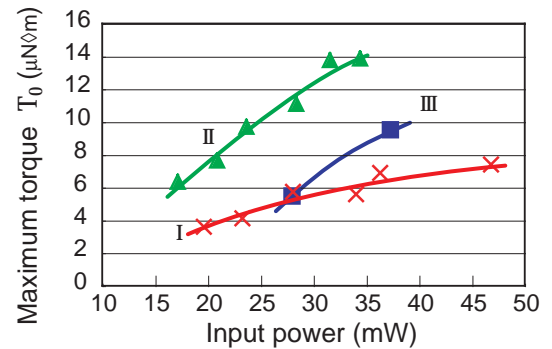


Fig. 9 Maximum torque vs. Input power.

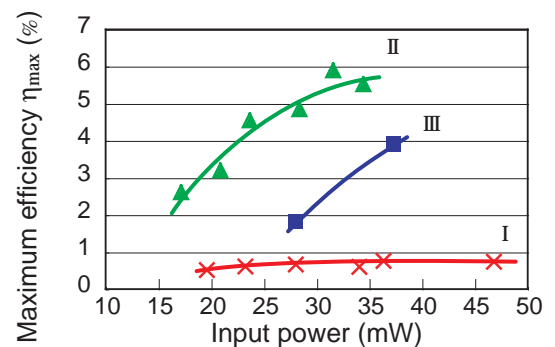


Fig. 10 Maximum efficiency vs. Input power.

参考文献

- 1) 広瀬 他, H3 秋季音響講演, pp.845-846, 1991
- 2) 中村 信良, 超音波 TECHNO, pp.10-14, 1998-7
- 3) T. Takano *et al.*, 1st International Workshop on Ultrasonic Motors and Actuators, pp. 75-76, 2005
- 4) T. Takano *et al.*, Proc. of ACTUATOR 2006, pp.453-456, June 14-16, Bremen, 2006
- 5) 青柳 学 他, 信学論 C-I Vol.11, pp.560-566, 1995
- 6) 田村 他, H18 春季音響講演, pp.1055-1056, 2006
- 7) K. Nakamura *et al.*, IEEE Trans. on UFFC, Vol.38, No.5, pp.481-485, Sept. 1991.