

超音波マイクロリニアモータの圧電基板上への製作

近藤 秀一

東京工業大学 精密工学研究所

1. はじめに

各種半導体デバイスへアクチュエータを組み込んでその機能を向上する試みがあり、一般には微小電気機械システム MEMS の技術が用いられる。しかし MEMS によると 2 mm 以上のストロークを得るのは困難である。そこで本研究では、基板上に数 mm のストロークを有する超音波リニアモータを製作することを目指す。

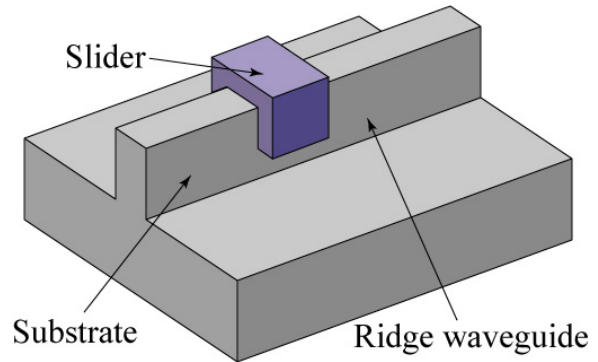


Figure 1 : A slider on a ridge waveguide

2. 超音波リニアモータの動作原理

Figure 1 のような基板上的突起(これをリッジと呼ぶ)にたわみ振動の進行波を励振させると、リッジ側面が楕円軌跡を描いて振動する。そこにコの字型のスライダを押し当てると、スライダは進行波と逆向きに摩擦駆動する。

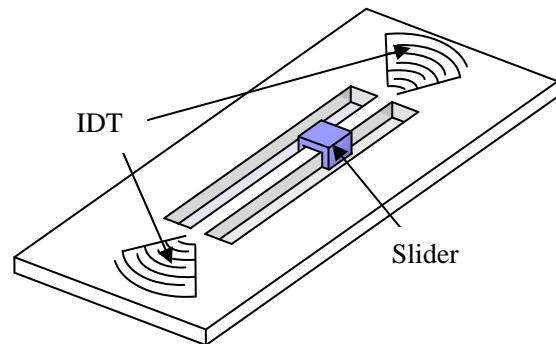


Figure 2 : Target model

3. 超音波リニアモータの構成

Figure 2 に目標の超音波リニアモータの模式図を示す。リッジの両側にくし型電極 IDT を貼り付けることによりスライダの両方向駆動を可能とし、印加する電界に位相差をつけることでリッジに進行波を励振する仕組みである。

Figure 3 に試作した片方向駆動の超音波リニアモータを示す。異方性を有する圧電結晶である 36 度 Y カット X 軸伝搬 LiTaO_3 の 45 mm × 15 mm 基板に、ダイヤモンドブレードで長さ 30 mm の溝を 2 本平行に切削し、高さ 180 μm 、幅 60 μm のリッジをその狭間に形成した(Fig.4 の断面図参照)。

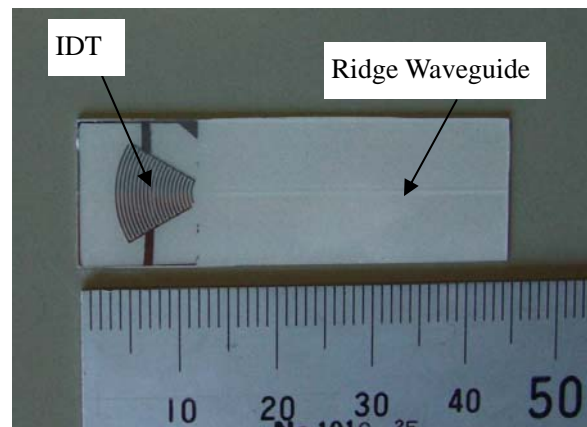


Figure 3 : Preproduction of the motor

リッジの延長線上に Al を蒸着させた後、フォトリソグラフィ工程によって IDT 電極をパターニングした。IDT から励振される表面波はリッジ先端部でリッジのたわみ振動へと変換される。IDT は次章で詳細する有限要素法で求めたリッジの振動周波数を励振させるよう、その電極幅及び電極間隔を $200\ \mu\text{m}$ とした。

4. 解析

幅 $460\ \mu\text{m}$ 、長さ $5000\ \mu\text{m}$ 、厚さ $500\ \mu\text{m}$ の基板上に高さ $180\ \mu\text{m}$ 、幅 $60\ \mu\text{m}$ のリッジを配置し、 $50\ \mu\text{m}$ 角の要素ごとに有限要素法を用いてリッジの振動モードを解析したところ、 4.927MHz で Fig.5 に示す振動分布が得られた。これはリッジがたわみ振動の基本モードで励振されている状態であり、最も振幅が得られるモードである。

5. まとめ

超音波振動を利用したリニアモータの試作を行ったが、スライダの駆動には至っていない。特にリッジに挟み込むスライダの作製が困難な状況となっている。今後はスライダの設計と共に両方向駆動の超音波リニアモータの製作を目指す。

また、リッジのへりがよく振動するエッジモードの利用も検討している。Figure 6 に示すようなリッジ 2 本にエッジモード振動を与え、双方のエッジ部分の振動を利用してスライダを摩擦駆動させる。このモデルではスライダの自重で与圧を調節することが可能なので、比較的容易にスライダを製作することができる。

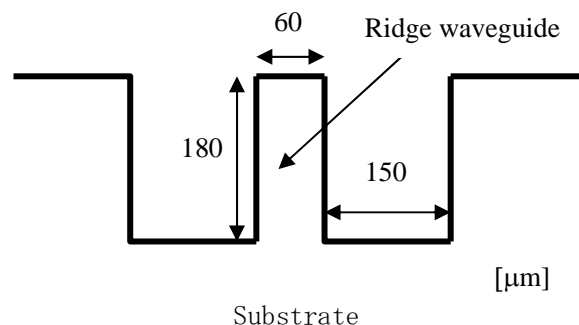


Figure 4 : Cross-section drawing of the ridge

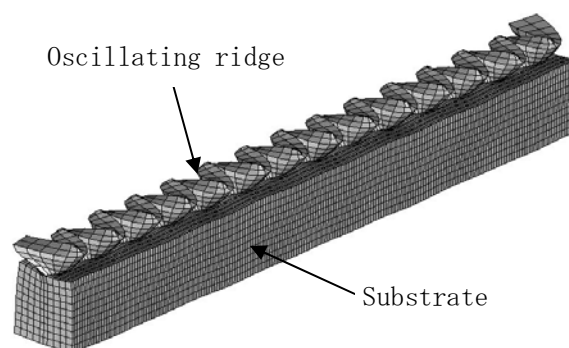


Figure 5 : Analysis result

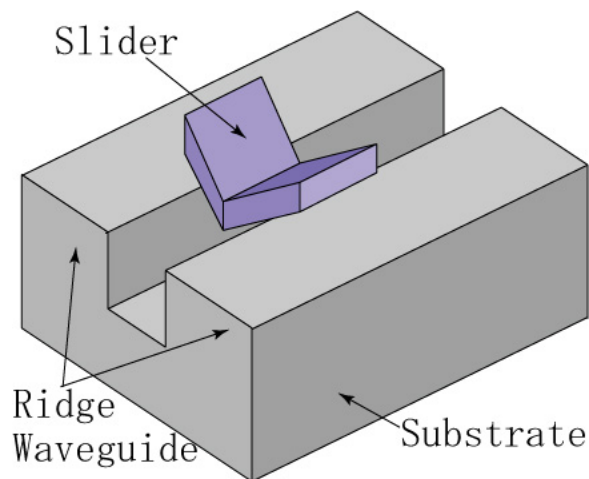


Figure 6 : Ultrasonic linear motor with edge mode