



MEMS 技術を用いた指触覚デバイスの設計と製作 (第 7 報)

曾根順治¹⁾, 松本康義¹⁾, 大泉勝彦¹⁾, 安田洋司¹⁾, 星陽一¹⁾

1) 東京工芸大学 工学部 (〒243-0207 神奈川県厚木市飯山 1583, sone@cs.t-kougei.ac.jp)

概要: 指に装着して皮膚に密着でき、かつ指の動きを妨げない大きさで、3次元空間で自由に使用できる触覚デバイスを検討している。提示部分には、高速でかつ大きな力を生成可能な圧電—カンチレバー方式を採用し、人間の2点弁別閾に近い距離で刺激が生成でき、指の大きさより少し大きいくらいの大きさの触覚生成デバイスを設計している。本報告は3回目の試作結果を報告する。

キーワード: Tactile display, Piezo-electric film, Sputtering, Film deposition condition, MEMS device

1. はじめに

近年、触覚情報の共有を目指した研究が多く進められている⁽¹⁾。そこで、本研究は、指に装着して皮膚に密着でき、かつ指の動きを妨げない大きさで、3次元空間で自由に使用できるデバイスを検討する。提示部分には、高速でかつ大きな力を生成可能な圧電—カンチレバー方式を採用し、人間の2点弁別閾に近い距離で刺激が生成でき、指の大きさより少し大きいくらいの大きさの触覚生成デバイスを、MEMS技術を用いて設計した⁽²⁾。また、単に触覚を提示するだけでなく、力覚提示と触覚を合わせて提示することにより、高度な感覚を指に提示するデバイス開発を目指している。重要点となるPZT膜の成膜では、PZTターゲットのPb量を変えて高品質の薄膜になる条件を探した。そして、成膜したPZTの結晶性や粗さ測定等を評価しながら最良条件を検討した。また、デバイス試作は、圧電膜をゾルゲル法により成膜して実施した。

2. 装着デバイスの構成

2.1 全体構造

本デバイスは、大きく2つの部分から構成されている。その概要図を図1に示す。1つは、指に接触するインターフェイス部、2つは、触覚を生成するアクチュエータ部である。このような構成にすることにより、指より、少し大きなサイズで、触覚ディスプレイを構成可能であり、指に装着しても、指の動作を妨げることが少ない。そのため、指装着型デバイスとして活用が可能である。この装着デバイスはSolidWorksで3Dモデル、3Dプリンターで簡易版の試作モデルを製作している⁽³⁾。

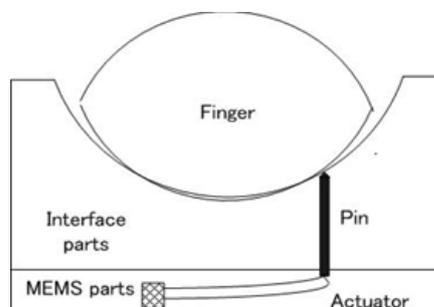


図1. 触覚デバイス概要

2.2 MEMS部の構造

2.2.1 MEMS

MEMS(Micro Electro Mechanical System)とは、小型でありながら、複雑で高度な働きをする機械電子システムデバイスである。今回は、電気信号を物理量に変換して運動を実現するマイクロアクチュエータを用い、高速でかつ大きな変位量が生成できるカンチレバー方式を採用する。さらに、変位量を増やすため、カンチレバーを4枚接続した高密度カンチレバーを設計した。接続については、接続するカンチレバーの変位向上に役立つ方向へモデルを連結する方法を用いた。そして、エネルギー変換効率がよく、高分解能、高速応答性が得られる圧電方式を採用した。圧電材料はPZTを使用する。

2.2.2 MEMS部の構造

多くのカンチレバーを高密度に配置できるように、MEMS基板を2段構造にした。高密度の配置を実現する為、各々の形が異なった高密度カンチレバーを1段目、2段目に並べている。カンチレバーは、3-4段階に折り曲がっており、長さを増やしながら、高密度に配置できるように設計した。変位量は、MemsONEの圧電解析機能を用いて、皮膚モデルを負荷として、400 μ m以上の変形が行えるよう設計した。基板は、20mm角の中に、2段合わせて36個のカンチレバーが配置されており、触覚生成

Junji SONE, Yasuyoshi MATSUMOTO, Katsuhiko OOIZUMI, Yoji YASUDA and Yoichi HOSHI

部は、約 2mm 間隔に配置されている。現在は 1 段目の試作は進めている⁽⁴⁾。

3. PZT 薄膜成膜の条件検討

3.1 実験条件

DC 対向ターゲット式スパッタ装置で Si 基板に Ti,Pt,PZT の成膜を行った。今回は、ターゲット組成に注目し、Pb0%増、Pb10%増、Pb20%増の 3 種類で高品質な PZT 薄膜の成膜を目指した。

3.2 PZT 成膜結果と評価

PZT 膜の性能を評価するため、XRD(X 線回折装置)で結晶構造解析を行った。まず、ターゲットごとに温度毎に XRD ピーク Pr(001)の高さを、成膜温度と酸素量を変化させて比較した結果を図 2 (Pb10%増時)に示す。縦軸がピーク PZT(001)の結晶強度で、横軸が成膜時の酸素量である。温度は性能が良い、610°Cと 615°Cの場合を示す。図から、温度により、最良条件の酸素量も変化することがわかる。

図 3 は成膜した中で高品質と考えられる薄膜の XRD 測定結果を示す。縦軸は結晶強度で、横軸は角度(2θ)を表している。Pr はペロブスカイト、Py はパイロクロアを示す。ここで、ペロブスカイトが高くパイロクロアを低いとアクチュエータに必要な結晶構造となる。Pb+10%増がゾルゲル法に比べ Pr(001)や Pr(002)のピークが高く、幅が狭く、比較的良かったが、Pr(111)のピークは低い結果となった。

表 1 は成膜して良かった条件の成膜基板を、XRF にて元素濃度を測定した組成比である。理想の組成比に、条件 pb+10%, PZT_615°C, O2:0.27(150mA 時)が一番近かった。

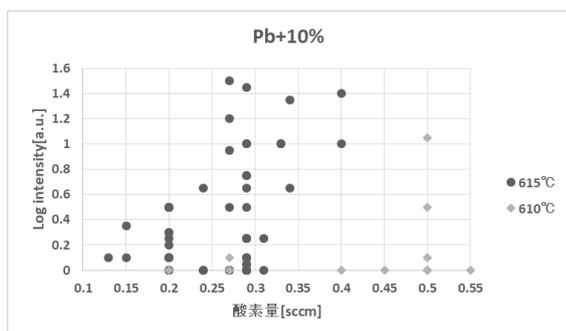


図 2. Pb+10%ターゲット使用時の XRD ピーク(001)

表 1 XRF の測定結果(組成比) Wt%

Condition	Target Pb increase%	Pb	Zr	Ti
615°C, O2:0.27sccm	10	73	18	9
605°C, O2:0.23sccm	20	71	20	9
625°C, O2:0.27sccm	0	63	26	11

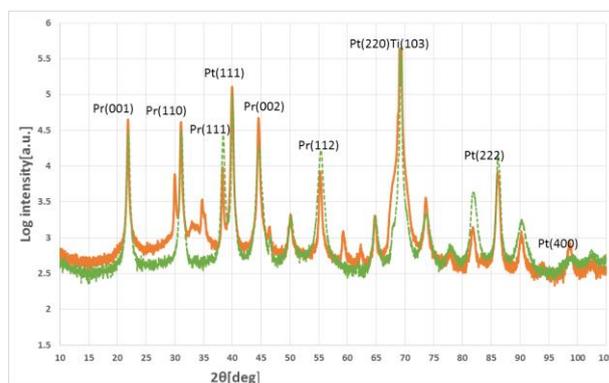


図 3. XRD 測定結果

4. デバイス試作

デバイスの試作は、圧電膜をゾルゲル法により成膜して実施した。カンチレバーの製作までは、問題なく進んだ。その後、プリント基板に貼り付ける時に、MEMS 部が汚れて、その後のワイヤボンディングにおいて、Au 玉が、Au メッキパッドに正常に張り付かない問題が起きた。また、PZT のウエットエッチング不足による残留物が、電極の Au メッキ部の接合強度不足を引き起こし、ワイヤをボンディングできても、Au メッキ部がワイヤの引き回し力で剥がれ、配線ができない問題も起きた。改善方法を検討中である。

5. まとめ

DC 対向スパッタの条件をかなり詰めてきた。圧電特性を評価して、圧電膜として使用できるかを検討する。また、デバイスの試作においては、最後の配線の段階で問題が起きたが、PZT のウエットエッチングから解決する必要がある。また、Au メッキ部についても改善が必要である。これらの問題を解決して、デバイスの試作を進めて行く予定である。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省のナノテクノロジープラットフォームの支援を受けて東北大学ナノテク融合技術支援センターで実施された。厚くご支援頂きました。東北大学 森山雅昭助手、平野栄樹准教授、吉田慎哉准教授、田中秀治教授に感謝申し上げます。また、本研究は、科学研究助成事業(JSPS KAKENHI 15K12089,17K00285)の助成を受けて実行している。また、ユニバーサル未来社会推進協議会の「教育・コミュニケーションロボットの研究開発」および、私立大学研究ブランディング事業の「色の国際科学芸術研究センター」のテーマとして、実施している。

参考文献

- [1] 仲谷正史, 舘暲,他: 触感表現の一般普及に向けた方法論とテクニカルワークショップを通じたその実践; TVRSJ, Vol.19(No.4),593-603, 2014.

- [2] 足立丈宗, 松本康義, 猪俣泰気, 星 陽一, 曾根順治, MEMS 技術を用いた指触覚呈示デバイスの設計と開発, 信学技報, HIP2015-96, 2016.
- [3] 松本康義:MEMS 技術による触覚提示デバイスの設計・製作; 東京工芸大学 工学部 平成 28 年度卒業論文, 2015.
- [4] 松本康義, 沓澤翔吾, 曾根順治, 安田 洋司, 星陽一: MEMS 技術を用いた触覚提示デバイスの設計と特性解析, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.2, pp.279-285, 2017.