

課題番号 : F-19-FA-0021  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名(日本語) : 機械加工面形状測定用 MEMS デバイスの開発  
 Program Title (English) : Development of MEMS device for evaluating machined surface profile  
 利用者名(日本語) : 村山健太<sup>1)</sup>, 杉田賢哉<sup>1)</sup>, 田宮弘一<sup>1)</sup>, 渡邊岳人<sup>2)</sup>, 島村和明<sup>2)</sup>, 清水浩貴<sup>1)</sup>  
 Username (English) : K. Murayama<sup>1)</sup>, K. Sugita<sup>1)</sup>, K. Tamiya<sup>1)</sup>, G. Watanabe<sup>2)</sup>, K. Shimamura<sup>2)</sup>, H. Shimizu<sup>1)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 九州工業大学大学院工学府, 2)九州工業大学工学部  
 Affiliation (English) : 1) Kyushu Institute of Technology Graduate school of Engineering, 2) Kyushu Institute of Technology Faculty school of Engineering  
 キーワード/Keyword : 形状計測、MEMS、膜加工・エッチング、機械計測、多点法

## 1. 概要(Summary)

機械加工面測定用 MEMS 変位計デバイスをシリコンのバルクマイクロマシニングにより製作している。カンチレバー先端の探針を測定対象面上で走査し、先端変位に比例して生ずるひずみをピエゾ抵抗体または圧電体で検出することで変位計を構成する。このデバイスの探針の製作は従来 TMAH エッチング液のみにより行っていたが、本課題では Deep-RIE を併用<sup>1)</sup>することによって製作時間短縮をはかった。また、ひずみ検出部にピエゾ圧電体であるチタン酸バリウムを採用したデバイスも試作した。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

プラズマ CVD, リアクティブイオンエッチャー, スピンコーター, 両面マスクアライナ, 拡散炉, 超純水製造装置, ドラフトチャンバー, ボンディング装置

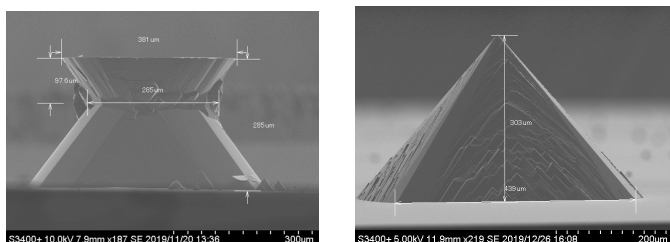
### 【実験方法】

探針製作実験ではシリコンウエハ上に  $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$ ,  $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$  の酸化膜マスクを作成した後、山口大学の高速深堀エッチング装置により  $200\mu\text{m}$  掘り下げピラー構造を形成した。これを TMAH エッチング液 (TMAH:600ml, IPA:120ml, H<sub>2</sub>O:280ml) によりピラー側方とベース面を同時にエッチングした。側方からのエッチングが進行し、上部が脱落した時点で実験を終了し、四角錐台形状の探針を製作した。

ピエゾ圧電体を用いたデバイスへの作成にあたっては、チタン酸バリウムの積層を大阪大学で行った後、塩酸と王水でのエッチング条件出しを行った。さらにこの結果に基づきデバイスを製作した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

探針製作ではマスクサイズ  $400\mu\text{m} \times 400\mu\text{m}$  のものは、エッチングを初めて 2 時間, 3 時間, 7.5 時間後にそれぞれ切断し SEM で観察を行いレート<sup>2)</sup>の算出を行った。Fig.1(a)に 3 時間経過後の様子を示す。マスクサイズ  $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$  のものは上端が取れた後にウエハを切断し SEM で観察を行った。Fig.1(b)に製作した探針を示す。



(a) 3 hours later

(b) Probe

Fig.1 Probe fabrication process

す。面状態が良好な探針を上面のみからのエッチングに比べ短時間で形成でき Deep-RIE とウェットエッチングを併用した探針製作法の有効性を確認した。

チタン酸バリウムのエッチングには王水と塩酸を用い、温度条件も変えて比較したところ、35%の塩酸を  $40^\circ\text{C}$  のウォーターバス下で使用すると  $28\text{nm}/\text{min}$  の適切なレートとなり、事前に製作した下部電極の損傷も抑えられることを明らかにした。この結果に基づき試作したデバイスの写真を Fig.2 示す。このデバイスのカンチレバー先端部に対し  $1\text{Hz}$  で  $31\mu\text{m}$  の変位入力を行い、発生電荷をチャージアンプにより計測した。その結果、 $100 \times 800\mu\text{m}$  の圧電体では  $57.1\text{pC}$ ,  $1000 \times 2000\mu\text{m}$  の圧電体では  $67.2\text{pC}$  の電荷が加振周期と同周期で増減することを確認し、ピエゾ圧電体を採用したデバイスが基本的な変位検出能を有することを確認した。



Fig.2 Displacement measuring device with BaTiO<sub>3</sub>

## 4. その他・特記事項(Others)

- ・他の機関の利用: 山口大学 (F-19-YA-0029)  
大阪大学 (S-19-OS-0047)
- ・本研究は JSPS 科研費 17K06082 の助成を受け実施した。
- ・機器利用にあたり、ご指導、ご協力頂いた共同研究開発センターの竹内修三様、Deep-RIE について多大なご協力を頂いた山口大学微細加工センターの岸村由紀子様<sup>3)</sup>に深く感謝致します。
- ・参考文献: [1] 村山直. 複合エッチング加工技術を用いた基板表面への微小 3 次元構造アレイの作製. 電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌). 2017, Vol.138, No.6, pp.263-267, DOI:10.1541/ieejsmas.138263

## 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) K. Murayama et.al, 8th International conference of Asian Society for Precision Engineering and Nanotechnology, C13, 2019

## 6. 関連特許(Patent)

なし。