

\*課題番号 : F-12-TU-0073  
\*支援課題名 (日本語) : MEMS カンチレバーデバイスの形成  
\*Program Title (in English) : Fabrication of MEMS cantilever devices  
\*利用者名 (日本語) : 峯田 貴  
\*Username (in English) : Takashi Mineta  
\*所属名 (日本語) : 山形大学 大学院理工学研究科  
\*Affiliation (in English) : Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

#### ※研究概要 (Summary) :

磁気アクチュエータおよび磁気センサへの応用を目的とし<sup>(1)-(3)</sup>、多層 Si 基板(SOI: Silicon on insulator)状へ、磁性形状記憶合金(磁歪)薄膜を積層した MEMS カンチレバー構造の磁気アクチュエータ、磁気センサを試作し、磁場による変形挙動を評価解析した。

#### ※実験 (Experimental) :

FePd 膜 4 $\mu\text{m}$ /Si 10 $\mu\text{m}$  および FePd 0.4  $\mu\text{m}$ / Si 2 $\mu\text{m}$  の 2 種類の構造のカンチレバーを試作した。デバイスの形成プロセスを以下に示す。(a)および(d)の工程は東北大学の装置を利用して実施し、(b)および(c)の工程は自研究室の設備を用いて行った。

- (a)  $\phi 6$  インチの SOI 基板を用い、熱酸化炉により (1100 $^{\circ}\text{C}$ )、絶縁層となる Si 熱酸化膜を形成した。
- (b) 基板を 20mm 角にカットした後に、FePd 膜をスパッタ成膜してリフトオフパターンニングした。
- (c) 熱酸化膜をエッチング、SF<sub>6</sub>プラズマエッチングで、Si デバイス層をカンチレバー形状に加工した。
- (d) 基板層を裏面から DeepRIE (Deep Reactive Ion Etching) 装置により貫通加工した。

Si 熱酸化膜表面上へ成膜した FePd スパッタ膜の膜質の評価を行うとともに、試作した磁歪膜/Si 積層 MEMS カンチレバーへ静磁場を印加によるたわみ変形特性を評価した。また、外部励振した際のカンチレバーの共振特性を調べ、磁場印加による影響について評価した。

#### ※結果と考察 (Results and Discussion) :

膜厚 0.2~1.1  $\mu\text{m}$  の FePd 膜について X 線回折により結晶構造を評価し、いずれの膜厚でも fct (111)およびオーステナイト相 fcc (111)が混在した回折ピークの

みが見られ、PZT 基板上に製膜した場合と比べ<sup>(3)</sup>、高い配向性をもって薄膜形成されることがわかった。また、断面 SEM 観察より、いずれの膜厚の場合も、針状の緻密な結晶が成長し、薄膜表面は鏡面に近い平滑な状態になることを確認した。

FePd 膜/Si 積層 MEMS カンチレバー構造のデバイス試作例を図 1 に示す。

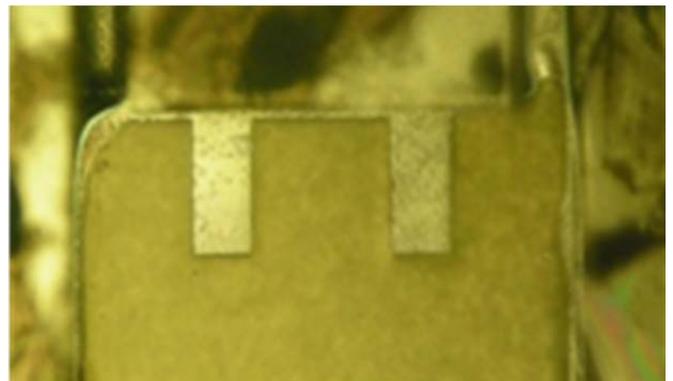


図 1 試作した FePd/Si MEMS カンチレバーデバイス

膜厚 0.4 $\mu\text{m}$  の薄い FePd 膜を形成したカンチレバーでは磁歪効果が見られず、磁場に引かれる効果によってカンチレバーが逆方向にたわむ協同を示すことがわかった。

FePd 膜厚 4 $\mu\text{m}$  の場合は、約 150 Gauss までの静磁場(磁束)印加により、磁歪効果が発現して変位が増加していく特性が得られた。さらに高い磁束密度では磁歪効果が飽和したが、1000 $\mu\text{m}$  長のカンチレバーでは 3 $\mu\text{m}$  程度の変位が得ることができた。また、カンチレバーの先端の変位は長さの 2 乗に比例し、力学的な試算結果と一致する挙動であるが確認された。

FePd 膜 4 $\mu\text{m}$ /Si 10 $\mu\text{m}$  (1000 $\mu\text{m}$  長、200 $\mu\text{m}$  幅)の積層カンチレバーでは、10 KHz に共振周波数を持ち、約 1000 の Q 値が得られた。磁束密度 100~150 Gauss の領域で

は、共振周波数は 1 Hz 程度増加することがわかった。

以上の結果より、静磁場駆動による磁気アクチュエータおよび共振駆動による磁気センサへ応用していく設計上の指針を得ることができた。

#### ※その他・特記事項 (Others) :

自研究室内のプロセス設備と東北大装置類を使い分けることにより、デバイス試作を短期間で実施することが可能となった。

試作結果より、デュアル構造の AFM カンチレバーを静磁場によって上下動作させる磁気アクチュエータとして応用できる見通しが得られた。磁気センサへの応用としては、圧電薄膜等の変位検出素子を積層する必要があり、形成プロセスの確立と総合的なデバイス性能の検証が今後の課題である。

#### 共同研究者等 (Coauthor) :

岡崎貞子(弘前大理工)、古屋泰文(弘前大理工)、牧野英司(弘前大理工)

#### 参考文献 (References) :

- (1) Peng Zhao, Richard Suchoski, Manfred Wuttig and Ichiro Takeuchi, Applied Phs. Letter 94,243507 (2009)
- (2) 齊藤崇, 浜島美央, 齊藤千尋, 中村元一, 岡崎禎子, 古谷泰文, 室英夫, 28 回センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム論文集, pp.608-612(2011)
- (3) 佐渡祐介, 齊藤千尋, 島田宗勝, 松本實, 岡崎禎子, 古屋泰文, 日本金属学会誌, 74(8), 543-545 (2010)

#### 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

- (1) 川島健太, 岡崎禎子, 古屋泰文, 牧野英司, 峯田 貴, 第 29 回センサマイクロマシンと応用システム, pp. 584-587 (2012)
- (2) 西方孝志, 岡崎禎子, 古屋泰文, 牧野英司, 峯田 貴, 第 29 回センサマイクロマシンと応用システム, pp. 588-591 (2012)
- (3) 川島健太, 岡崎禎子, 古屋泰文, 峯田貴, 第 23 回バイオフロンティア講演会論文集, pp. 101-102 (2012)
- (4) T. Mineta, Y. Sado, E. Makino, T. Okazaki, Y. Furuya, Int. Workshop on Piezoelectric Materials and Applications (2012)

- (5) 西方孝志, 峯田貴, 岡崎禎子, 古屋泰文, 牧野英司, 日本機械学会 2012 年次大会論文集, J161016-01-02 (2012)
- (6) 川島健太, 峯田貴, 岡崎禎子, 古屋泰文, 牧野英司, 日本機械学会 2012 年次大会論文集, J161021-01-02 (2012)
- (7) 峯田 貴, 川島健太, 西方孝志, 牧野 英, 三上是右, 岡崎 禎子, 古屋 泰文, 表面技術協会第 125 回講演大会要旨集, 229 (2012)
- (8) 川島健太, 峯田貴, 岡崎禎子, 古屋泰文, 機械学会東北支部学生会, pp.264-265 (2012)
- (9) 西方孝志, 峯田貴, 岡崎 禎子, 古屋 泰文, 機械学会東北支部学生会, pp. 226-227 (2012)