

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 二井 信行

本論文は、「PZTの高アスペクト比構造の低温合成と応用」と題し、5章からなる。圧電アクチュエータは、コンパクトで大きな力が得られるという利点があるが、変位が小さいため、現在のMEMSにおいては、ある限定された構造を伴わないと利用できないものであるのが現状である。ここで、高アスペクト比の圧電セラミックスをマイクロ素子の中に取り込むことができれば、アクチュエータとしての応用は非常に広がる。本研究は、MEMSと適合性の高い低温（液相）合成により、高アスペクト比のセラミックス、とくにPZTの構造を作成することを目指したものである。

第1章「本研究の背景と目的」は、研究の背景と目的を述べるとともに、本論文の構成についてまとめたものである。本章では、MEMSにマイクロサイズで高アスペクト比のPZTアクチュエータを組み込む利点を静電アクチュエータと比較して述べた。さらに、現状では、高アスペクト比のPZT構造を作成しMEMSに統合するのが困難かつ、PZTの低温合成法の研究が高アスペクト比加工を考慮してなされていないことを指摘している。

第2章「高アスペクト比対応PZT前駆体の開発」は、PZTの高アスペクト比構造を生成するのに適した前駆体溶液の設計・製法・評価について述べたものである。チタン・ジルコニウムアルコキシドの加水分解性と酢酸鉛の溶解性を制御した、高濃度でも安定した前駆体ならびに、沸点・粘度・表面張力の異なる溶媒を組み合わせ、高アスペクト比でも深部固化性の高い前駆体を得ることに成功した。

第3章「PZT前駆体の高アスペクト比パターンニング」は、PZTの低温合成手法と高アスペクト比成型を両立させる方法について述べたものである。まず、SU-8フォトレジストならびにパラフィンのモールドを基板上に形成し、前駆体を流し込むことでPZTの微細高アスペクト比構造を作成した。その際、PZT前駆体ゲル体のチキソトロピーを利用した非溶媒ゲル研磨法とドクターブレード法により、PZT前駆体構造の離型を容易とした。次に、固化したPZT前駆体にSU-8フォトレジストで作成したスタンプの圧力と超音波を印加することで、スタンプのパターンを前駆体に忠実度高く転写することに成功した。PZT前駆体の加熱により、スタンプのコントラストが改善することを見出した。最後に、アルコキシド豊富な前駆体を利用して、SU-8の熱破壊を回避しつつ緻密に高アスペクト比構造を焼結することに成功した。

第4章「PZT高アスペクト比構造の評価と応用」は、焼成により完成したPZTの微細高アスペクト比構造の評価について述べる。基板に固着した、面積20-200 μm 、高さ10 μ に達する高アスペクト比のPZT構造を、クラック無しで作成することに成功した。つぎに、X線による結晶の評価により、PZTペロブスカイト相が豊富であること、P-Eヒステリシスの測定により、強誘電性を有することが確認された。そして、AFMによる電圧変位測定の結果、圧電定数は1000 pC/N・最大変位は100 nm・変位1.0%を得た。これは、通常の液相合成で作成されたPZTよりも5倍以上大きな値である。

第5章は、「結論」である。

以上、これを要するに本論文は、液相合成でセラミックスの自由な構造を作るための一連のプロセスを与え、それにしたがって作成されたPZTの高アスペクトマイクロ構造が、マイクロシステムに組み込めるPZTアクチュエータとして、他の方法（ゾルゲル法多層・シンタリング・水熱合成・水界面合成）よりも高性能であることを見出し、本プロセスの有効性を示したもので、情報工学上貢献するところが少なくない。

よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。