

Title	圧電体薄膜を利用したマイクロメカニカル素子に関する研究
Author(s)	山下, 馨
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2655
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	山 下 馨 <small>やま した かのる</small>
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 17187 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	圧電体薄膜を利用したマイクロメカニカル素子に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 奥山 雅則
	(副査) 教授 小林 猛 教授 岡本 博明 助教授 野田 実

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、シリコンマイクロマシニングによる構造ならびに強誘電体薄膜の圧電効果を利用したマイクロメカニカル素子に関する研究の成果をまとめたものである。近年のマイクロマシンの発達には構造体の超微細加工により支えられてきたが、その更なる高度化には加工と構造体維持の面で問題が大きくなってきている。本研究では、微細な構造自体にたよらず材料が本来持つ機能を積極的に利用したマイクロデバイスについて提案し、基本技術の確立とこれら技術を組み合わせたマイクロセンサ・アクチュエータを実際に試作・評価を行なった。

まず、一方の基本技術となるバルクマイクロマシニングについて、異方性エッチングと高濃度不純物ドーブによるエッチストップ層を用いて、シリコンの極薄ダイアフラム構造を作製した。またこの構造をマイクロキャビティとして利用し、これまで小型化が困難であった Golay-cell 赤外線センサをマイクロ化し、さらにキャビティ内へのガス封入により、雰囲気ガス種識別センサを構成し、実際にガス識別に成功した。

次に、もう一方の基本技術である圧電体薄膜について、低コストで均一な薄膜が得られるゾルゲル法を用い、その製膜プロセスを最適化することにより、センサ・アクチュエータに必要とされる高い圧電性を有する PZT 薄膜を作製した。また薄膜自体の圧電定数を簡便に評価する方法を開発し、作製した薄膜の圧電性を評価すると共にさらなる改善を行なった。

さらに、これらマイクロマシニング技術と圧電体を組み合わせて、光により駆動されるアクチュエータを提案した。特に、通常は構造体として用いられる p⁺-Si を機能材料としても用いることにより、非常に単純な構造で光駆動機構を実現した。

最後に、マイクロマシニングによるダイアフラム構造とゾルゲル PZT 薄膜を組み合わせる超音波マイクロアレイセンサを開発した。バルクセンサー素子の大きさの平面の中に30を越えるマイクロセンサ素子をアレイ化し、超音波応答に対してバルクセンサを凌駕する感度を得た。またアレイセンサの鋭い指向性を利用して物体の三次元計測画像を得、さらにはセンサ各素子のチューニング方法を開発し、電子走査により空間での物体配置の認識を行なった。

以上により、マイクロマシニングと機能性材料を用いたマイクロメカニカルデバイスの可能性、有用性を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本論文は、マイクロマシニングによりシリコン基板上に形成したカンチレバーやダイアフラムなどの微小立体構造と圧電体薄膜を組み合わせたマイクロデバイスを設計し、試作するとともに、これらを組み合わせたセンシングシステムを構築し、実用化に向けた検討を行なったものである。

まず、マイクロマシニングの基礎技術として、異方性エッチングと高濃度不純物ドーピングによるエッチストップ層を用いて、シリコンの極薄ダイアフラム構造を作製した。この構造をマイクロキャビティとして利用し、これまで小型化が困難であったGolay-cell 赤外線センサをマイクロ化し、さらにキャビティ内へのガス封入により、雰囲気ガス種識別センサを構成し、実際にガス識別に成功した。次に、ゾルゲル法により圧電性の優れた PZT 薄膜を作製した。アニール時間、温度などのプロセス条件を最適化し、良好な結晶性と高い圧電性を実現することができた。また、PZT 薄膜を堆積させたシリコン基板を自由振動をさせた時の微小変位と圧電出力から圧電定数を簡便に評価する方法を確立した。PZT 薄膜を分極処理により圧電性が改善され、残留分極と緊密に関係することを見出した。

さらに、マイクロマシニングにより作製されたカンチレバー上の PZT 膜に、同じ Si 上に形成された Si 太陽電池の出力を供給することにより、光により駆動されるアクチュエータを作製した。これに断続する光を照射することによる振動を確認し、無線駆動マイクロアクチュエータへの実用化を検討した。また、マイクロマシニングによるダイアフラムとゾルゲル PZT 薄膜を組み合わせて超音波マイクロアレイセンサを開発した。シリコン基板上に30を越えるマイクロセンサ素子をアレイ化し、超音波応答に対してバルクセンサを凌駕する感度を得た。アレイセンサの鋭い指向性を利用して物体の三次元位置計測画像を得、さらにはセンサ各素子の電界印加によるチューニング方法を開発し、電子走査により空間での物体配置の認識を行なえることを示した。

以上述べたように、本論文は、マイクロマシニングと圧電性薄膜を用いたマイクロメカニカルデバイスの可能性、有用性を明らかにした重要な成果を得ており、学位（工学）論文として価値のあるものと認められる。