



…平成15年度助成研究より…

金熱圧着法を用いたバルクPZT・シリコン接合によるMEMSスペクトルアナライザに関する研究

姫路工業大学 大学院工学研究科 電気系工学専攻

助手 博士(工学)

藤田 孝之

1. はじめに

人間は、入力された信号を判断・処理し、応答を出力する極めて優れたオートマトン（自動機械）である。人間を模したロボット研究が盛んな事からわかるように、その機能を人工的に実現する事への期待は非常に大きいといえる。現在の工学研究では、その脳の役割を果たすCPUの性能が飛躍的な進歩を遂げている一方で、入出力を司るセンサやアクチュエータなどトランスデューサ領域では、その多様性ゆえに、いささか遅れていると言われている。

筆者はこれまで、角速度、加速度など、各種物理量を検出するMEMSセンサの研究に携わってきた。MEMS物理量センサは検出対象が比較的単純であることから、古くから研究・開発が進み、すでに実用的な性能を持った各種センサが市販されている。しかしながら、より人間らしさを司る、匂い、味、感覚（触覚）、音などの検知については、未だ未成熟な研究領域であるといえる。筆者はこの人間らしさを司るセンサとして、言語コミュニケーションや環境の異常・危険検知などに重要な役割を果たす音響センサに注目した。音を検知するという技術は、筆者にとって未開の分野であるが、幸運にもサウンド技術振興財団の研究助成を受ける機会を得たため、バルクPZTとシリコンMEMSデバイスを融合した、高性能MEMSスペクトルアナライザの実現を目指し研究を行っている。

2. MEMSスペクトルアナライザ

音響センサとは、音波によって振動する振動体の振幅を電気信号に変換するものである。検出した音響の評価を行う場合、通常のアプローチでは広帯域な音響センサで検出した音波を、外部信号処理装置によって周波数分析（パワースペクトラム）を行っている。この方法では、被測定周波数を任意に設定することが可能であるが、装置全体が大型で高価なものであり、民生品として幅広く利用されるまでには至っていない。ここで検出対象として、ある程度の周波数成分に限定した用途、例えば人間に代わって機械の異音や、ガラスの破壊音を検知する音響センサの場合、検知対象音の周波数に特化した複数の片持ち梁共振子を作製すれば良いと考えられる。本研究テーマが目的としているのが、このような特定用途向きの小型、低価格な音響センサであり、作製にはシリコン集積回路作製技術を応用した微小電気機械作製技術である、MEMS技術を用いている。

今回作製したMEMSスペクトルアナライザは、共振周波数0.9~1.8kHzの長さの異なる片持ち梁共振子より、1オクターブの検出帯域を持っている（図1）。この共振子の振動を、共振子の機械的Q値を妨げることなく測定するため、検出機構には機械・電気の高効率な直接変換が可能なバルクPZT圧電素子を用いている。バルクPZTは薄膜PZTに比べて圧電定数が高

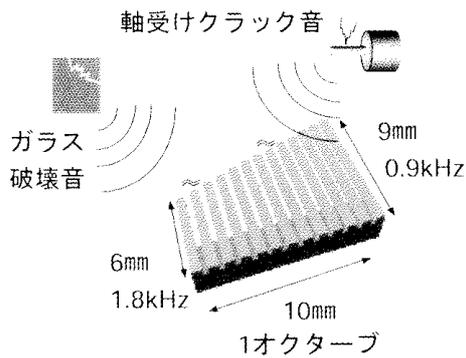


図1

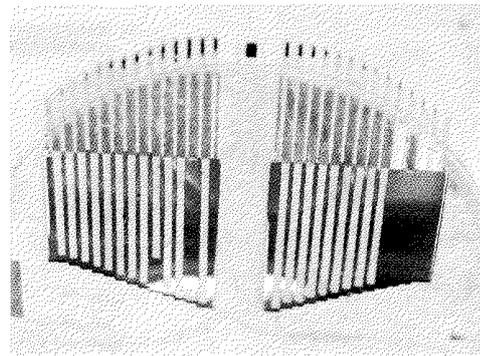


図2

く、厚膜化による感度向上が容易であるが、その加工性の低さからMEMSデバイスに適用された例が少なかったものである。本研究テーマでは、このバルクPZTとシリコンMEMSデバイスの融合を図るため、新しい接合法として金熱圧着を、そして加工法としてはサンドブラスト加工を用いている。

まず金熱圧着接合は、バルクPZT-シリコン基板両者に金の薄膜を堆積し、金の相互拡散によって接合する手法である。接合手順は、バルクPZTの両面およびシリコン基板上面に金/クロム蒸着を行う。次にシリコン基板上の金蒸着膜上に金電解めっきを5 μmの厚さで行い、圧力0.98MPa、接合温度400℃、1時間の条件で共晶熱圧着を行う。本接合法では、接合材として導体である金を使用しているため、従来の研究で使用していた高分子系材料に比べて、高硬度で共振構造体の機械的Q値へ影響を低減している。また金は良好な導電性材料であることから圧電電圧の検出電極としてもそのまま利用可能であるなどの利点を持っている。次に接合したPZTの加工に用いたサンドブラスト法は、ガラスやセラミックなどの微細加工に用いられている手法で、高速で噴射される微細砥粒をマスクングされた基板に叩きつけて切削する。切削断面のアスペクト比が低いものの、切削対象を問わず安定した加工が行える物理的加工法である。

作製は、まずベースとなるシリコンSOI

(Silicon On Insulator) 基板とバルクPZTを金熱圧着し、SOI基板裏面をウェットエッチングによって除去し、共振子構造の厚みを規定する。その後サンドブラスト加工によりPZTの片持ち梁形状形成、シリコンRIE加工によりバルクPZTと接合された片持ち梁共振子を完成する(図2)。完成した音響センサは、それぞれ共振周波数の異なる共振子を持っており、受信した音波の周波数に応じた、PZT圧電素子からの出力電圧で周波数と振幅を検出する。

3. 現状と将来の課題

これまでの研究で、金熱圧着によるバルクPZTとシリコン構造体の接合およびサンドブラスト加工によるデバイス構造作製に成功し、基本的な特性評価までは到達した。しかしながら、金熱圧着工程の応力問題によるPZTとシリコン片持ち梁の剥離やひび割れ、サンドブラスト加工時の噴射砥粒衝撃によるシリコン構造体破壊など、作製工程での低い歩留まりが大きな悩みである。残念ながら、現在のところ目標とする音響特性評価までは至っていないが、今後も接合温度の最適化、サンドブラスト工程の定量的な検討(現在は人力による職人芸)に取り組み、本来のMEMSプロセスのメリットであるはずの、量産・バッチ処理に適したプロセス条件を確立し、音響センサとしての特性評価に取り組みたいと考えている。