

ビスマス系セラミックス材料を用いたマイクロ圧力センサの開発

評価技術課 角田龍則 加工技術課 二口友昭* 小幡勤

1. 緒言

近年、圧電体と電極の膜を成膜したシリコン基板をエッチングすることによって、キャビティ構造を実現したフィルタや圧力センサなどの電子部品が、製品化され市場に投入されている。このような電子部品は、それぞれ従来のものより高性能であり、特に圧力センサにおいては 800℃以上の高温に耐えることができるように設計されている。その使用用途は、排気ガス浄化用の白金触媒性能を評価するために必要な高温下での圧力測定である。現在も電子部品メーカ各社で低コスト化を主として商品開発が進められている。本研究では、このようなキャビティ構造を持つ電子部品の圧電体材料として、安価に作製でき高機械的品質係数を有する、ビスマス系セラミックス材料を使用してキャビティ構造の素子を作製し、その圧電特性を測定した。また圧力センサとしての評価を行った。

2. 実験方法

2.1 厚膜作製

固相反応により合成された $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 粉末にエチルセルロース系のビヒクルを加え 3 本ロールで混練することによりスクリーン印刷用厚膜ペーストを作製した。 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 粉末は、従来の仮焼方法によって合成した¹⁾。このペーストには、非抵抗をあげるため酸化ニオブを 1wt% 添加した。基板には厚み 200 μm の熱酸化膜付き Si を用いた。この上に白金ペーストをスクリーン印刷し、1200℃60min 焼成して下部電極を作製した。さらに $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ ペーストをスクリーン印刷し、所定温度で 60min の焼成を行った。このプロセスを 2 回繰り返し、数十 μm の厚みの厚膜を形成した。上部電極は銀ペーストをスクリーン印刷し、850℃10min の焼成により作製した²⁾。

セラミックス焼成時にビスマスが気散することで組成比がくずれるおそれがあるため、ペースト作製時に過剰な酸化ビスマスを添加している。その過剰酸化ビスマスの最適化を行った。過剰酸化ビスマスを

0,5,10,15,20%としてペーストを作製し、焼成後それぞれのセラミックス厚膜を ICP 発光分光によって分析し、ビスマス、チタン、カルシウムの成分比を求めた。その結果から最も理想的な成分比であったのは、添加量 10~15%の時であった。

2.2 キャビティ構造作製

ICP ドライエッチング装置(ICP-RIE)を用いて、Si 基板を所定の形状にエッチングした。まず、電極とセラミックスが印刷されたシリコン基板の両面にスピナーによって、およそ 2mm 厚のフォトレジスト層を作製した。次に、このフォトレジスト層に両面マスクアライナーを用いて UV 照射後、裏面の上部銀電極と同じ位置に四角いウインドウパターンを作製した。ICP-RIE によってシリコン基板を約 150 分の間エッチングした。最後に、このシリコン基板を、アセトンで超音波洗浄し余分なレジストを除去した³⁾。断面 SEM 観察よりシリコン基板、白金下部電極上に $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 厚膜が緻密に形成されていることを確認した。

3. 実験結果

作製した厚膜は厚み 10 μm 程度においても、絶縁抵抗が高く、300kV/cm の電界印加が可能であった。しかし、線膨脹係数の差によって発生するセラミックスの亀裂が上部銀電極と下部白金電極の間にある場合、分極電圧 250kV/cm 程度で絶縁破壊が発生することがわかった。

この素子に圧縮試験機を利用して直接圧力を加え発生する電圧との相関を調べた。

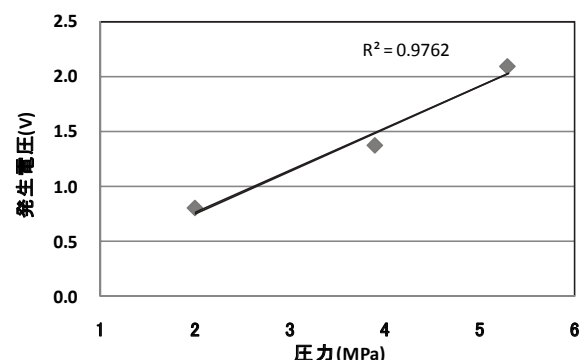


Fig.1 Output voltage as a function of pressure

*現 企画管理部

図 1 は、発生電圧の最大値と圧力の関係を示す。明確な相関が確認できた。

最後に素子を配管用のコネクタに挟み、導通をとり発生電荷をチャージアンプで測定した。なお今回は素子パッケージの際、シリコン基板に亀裂がはいり気密が確保できなかったため、アルミナ基板にセラミック厚膜を作製した素子を用いた。図 2 は作製した圧力センサ、図 3 は発生電荷と圧力の関係を示す。

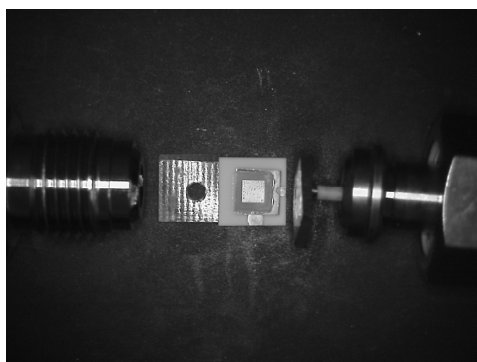


Fig.2 Pressure sensor using by thick film ceramics.

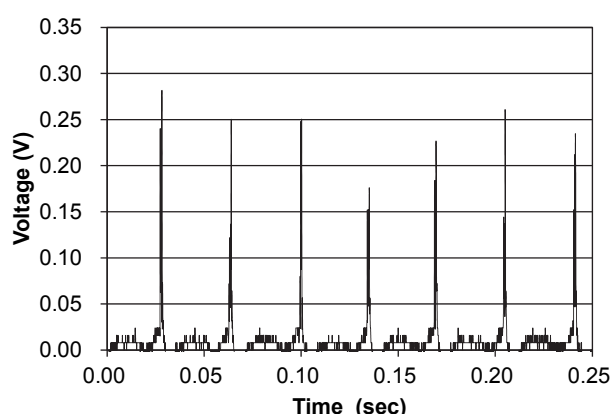


Fig. 3. Output voltage as a function of time.

キーワード：圧電体、厚膜、Bi 系セラミックス、キャビティ構造、電荷、圧力

Preparation of micro pressure sensor using by bismuth based thick films ceramics

Tatsunori KAKUDA, Tsutomu OBATA and Tomoaki FUTAKUCHI

$\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ based thick films were prepared by screen-printing method on Si substrates. The bismuth-based ceramics thick film formed on the silicon substrate by screen-printing method. In addition, the cavity structure was made by etching the silicon substrate. This element was fastened with plumbing parts, and connected to the engine for generation. At last, the generated electric charge was measured.

今回実験に使用したエンジンは、燃焼圧約 0.1MPa であり、作製したセンサは市販の水晶を使用したセンサよりも約 4 倍程度大きな感度が得られた。これは圧電体素子の圧電 d 定数が大きいためと思われる。また、素子パッケージの気密性が低いため、発生電圧のバラツキが確認できた。

4. 結言

$\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 系セラミックス厚膜をスクリーン印刷法によって、シリコン基板上に形成することができた。また、このシリコン基板をエッチングしてキャビティ構造素子を作製できた。しかし、素子パッケージの際、シリコン基板が割れるため、気密が確保できなかった。そこでアルミナ基板をもちいた素子を作製し、これを配管部品で挟み込み発電用のエンジン上部に取り付け燃焼圧の応答を確認した。

今後、圧力応答ばらつきを低減させるため、材料の変更や素子の平面度向上により、気密性の高い素子パッケージ技術を開発する必要がある。

「参考文献」

- 1) T. Futakuchi, T. Kakuda, Y. Sakai, T. Iijima and M. Adachi: Key Eng. Mater., 350 (2007), p. 115
- 2) T. Futakuchi, T. Kakuda, Y. Sakai, S. Kakiuchi and M. Adachi: Key Eng. Mater., 388(2009), p.187
- 3) T. Kakuda, T. Futakuchi, T. Obata, Y. Sakai and M. Adachi: Asian Ceramic Science for Electronics 3 and Electroceramics in Japan12, Vol19, p.50