

高機械的品質係数圧電体材料による電子部品の開発

評価技術課 角田龍則 加工技術課 二口友昭、小幡 勤 機械電子研究所 坂井雄一

1. 緒言

近年、圧電体と電極の膜を成膜した Si 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ー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、Bi 系セラミック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。

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 Pt 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 Ag 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⁾。

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 Si 基板の両面にスピコートによって、およそ 2mm 厚のフォトリソ層を作製し

た。次に、このフォトリソ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 Ag 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 Si 基板を約 150 分の間エッチングした。最後に、この Si 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。

図 1 は、作製した Si 基板のエッチング面を、図 2 は断面の SEM 画像をそれぞれ示す。Si 基板、Pt 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のがわかる。

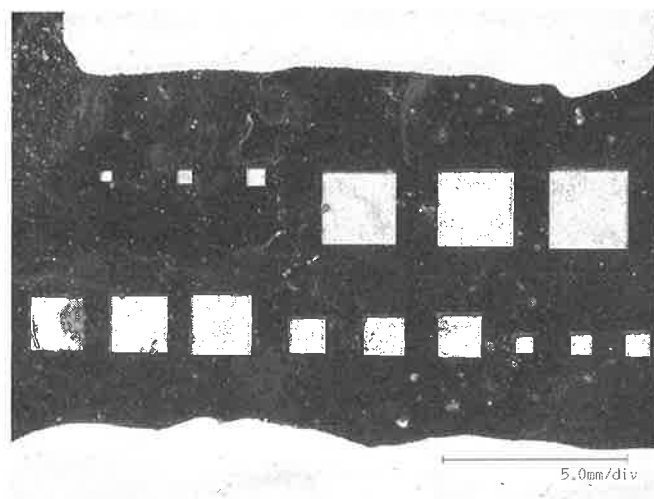


Fig.1. The back surface of Si substrate after etching.

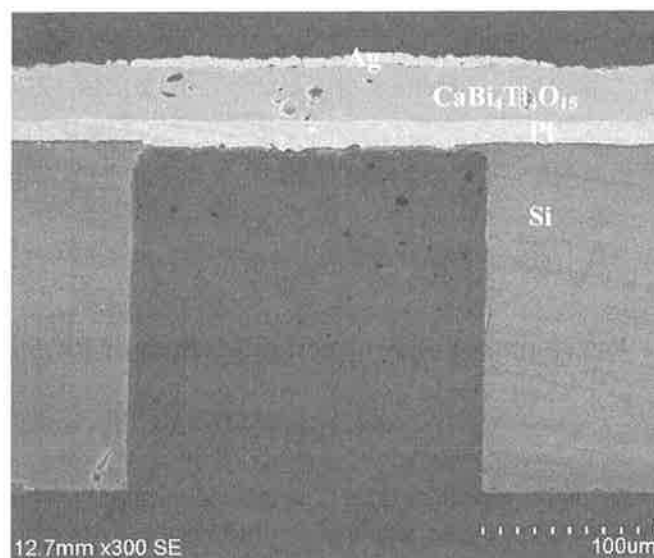


Fig.2. SEM micrograph of cross sectional surface of the $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ thick film on Si.

3. 実験結果

作製した厚膜は厚み $10\mu\text{m}$ 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り飽和した分極-電界ヒステリシスが得られた。図 3 はそのヒステリシスカーブを示す。残留分極は $6.2\mu\text{C/cm}^2$ であり、 ZrO_2 基板上での値と同じであったが、無配向のバルクの値 $15.5\mu\text{C/cm}^2$ よりも低下していた。これは基板および厚膜の厚み方向での電極配置では、電界印加方向が、非分極軸である c 軸方向になるためと考える。

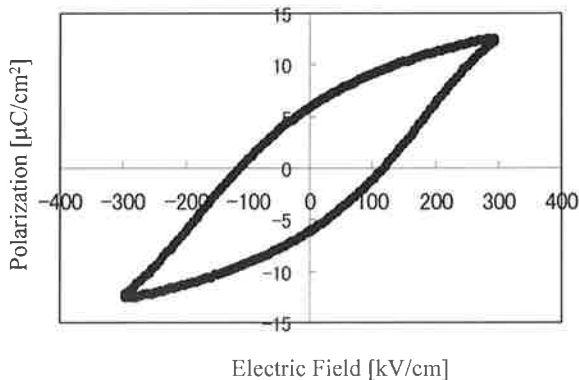


Fig.3. The polarization-electric field hysteresis curves.

図 4 は、エッチング面積が $0.2 \times 0.2\text{mm}^2$ の素子における、電界によって発生した垂直方向の変位のカーブを示す。変位-電界曲線は、強誘電性ドメイン反転に起因するバタフライタイプのカーブを示した。

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

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

Preparation of $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ based thick films on Si substrates by screen printing

Tatsunori KAKUDA, Tomoaki FUTAKUCHI, Tsutomu OBATA and Yuichi SAKAI

$\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ based thick films were prepared by screen-printing method on Si substrates. Screen-printable pastes were prepared by kneading the $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ powder in a three-roll mill with an organic vehicle. The remanent polarization of 6.3mC/cm^2 and coercive field of 130kV/cm were obtained for the $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ with Nb_2O_5 1wt% thick film fired at 1130°C . The cavity structure was prepared by etching of Si substrate. The displacement-electric field butterfly curves were obtained.

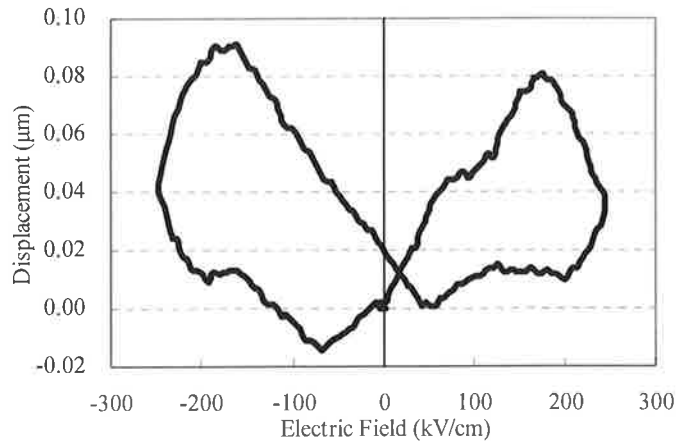


Fig.4. Displacement hysteresis as a function of electric field for $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ thick film on cavity structure.

によって、Si 基板上に形成することができた。また、この厚膜セラミックスは、分極反転させるのに十分な電界である 300kV/cm の電圧を印加することができた。厚膜作成後、Si 基板をエッチングすることによって、さまざまな大きさのキャビティ構造素子を作製できた。この厚膜は圧電性を示し、残留分極 6.3mC/cm^2 、抗電界 130kV/cm のヒステリシス曲線が得られた。また、強誘電性の指標となる、変位-電界のバタフライ曲線が得られた。

「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