

# 非鉛系強誘電体厚膜の電子デバイスへの応用

電子技術課 坂井雄一 中央研究所 角田龍則 二口友昭

## 1. 緒言

強誘電体材料は、電子部品として様々な場所で使用されている。現在使用されている材料には主成分として鉛が含まれている場合があり、環境への配慮から、鉛を含まない材料の開発が望まれている。また、インクジェットプリンティング（以下、IJP）法は、狙った場所に狙った量だけ材料を塗布できることから、廃棄物の少ない省材料型のパターン形成技術として注目されている。本研究では、非鉛系強誘電体材料である(Ba, Sr)TiO<sub>3</sub>膜(BST)の電子デバイスへの応用を視野に、インクジェット法による厚膜パターン形成および電気特性の確認を目的とした。

## 2. 実験方法

IJP用のインクとして溶剤系のインクを作製した。インクは、溶媒として酢酸2-(2-ブトキシエトキシ)エチルにエステル系の分散剤を加えたものを用い、平均粒径が約100nmのBaTiO<sub>3</sub>粉末とSrTiO<sub>3</sub>粉末を混合、分散させて作製した。

基板としては、スパッタ法にてPt下部電極を形成したジルコニア基板を用いた。この基板に、ノズル径が65μmのインクジェットヘッドを用い、パターンを形成、130℃での乾燥を2回繰り返した後、900から1350℃にて2時間焼成を行った。焼成後の厚膜にはスクリーン印刷法にてAuペーストを印刷、850℃で焼成してAu上部電極とした。作製したサンプルはインピーダンスアナライザにより電気特性の確認を行った。

## 3. 結果及び考察

図1にIJP法によりPt電極上に作製した(a)ドット及び(b)ラインパターンの光学顕微鏡写真を示す。ドット状のものについては、1ノズルから1ショット、3ショット、10ショットの吐出を行った。ライン描画については1ノズルからインクを吐出させながらヘッドを移動させることで描画を行った。ドット径は10ショットで約400μm、ライン塗

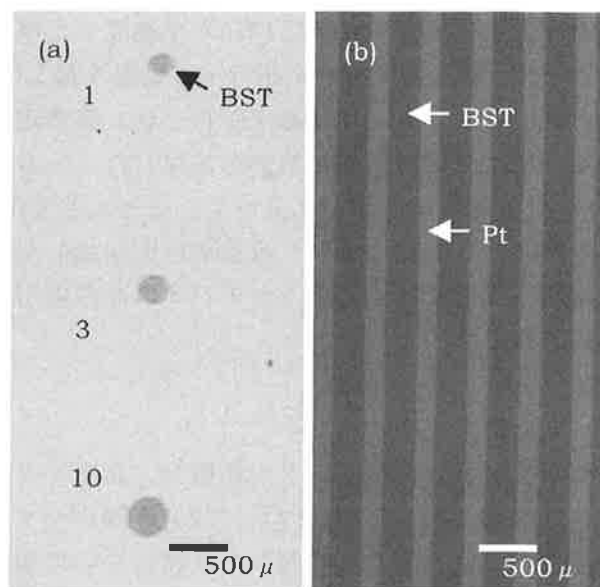


図1：IJP法により印刷したインクの(a)ドット及び(b)ラインパターンの光学顕微鏡写真

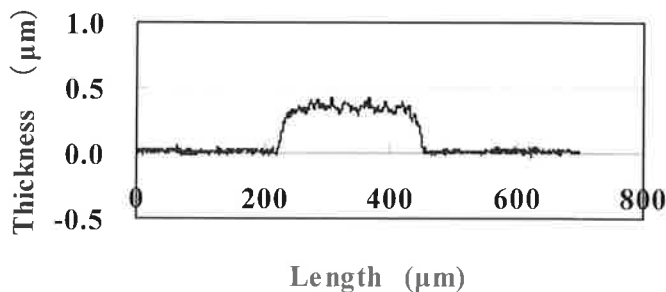


図2：ドットパターンの焼成後の断面プロファイル

布では線幅が約220μmとなった。印刷条件を変更することによりさらに微小なパターンの形成も可能と考えられる。焼成後のドットパターンの断面プロファイルを図2に示す。膜のパターン端からほぼ垂直に立ち上がり、膜上部においても平坦な膜を形成することができた。また、複数ノズルからの吐出とヘッドの移動を組み合わせることにより6.5×6.5mm<sup>2</sup>の長方形パターンを形成した。繰り返し印刷を行い作製した厚み約9μmの厚膜について焼成後のSEM像を図3に示す。ヘッドを移動させて膜を形成することによる印刷ムラや繰り返し印刷を行うことによる膜厚の極端な変化は見られず、

比較的平坦な膜が形成されている。図4に印刷した厚膜の焼成温度別X線回折パターンを示す。焼成前、900°C、1000°C焼成時に見られるBaTiO<sub>3</sub>とSrTiO<sub>3</sub>に帰属するピークが、1100°C以上では消失し、BSTによるピークのみとなっており、1100°C以上の焼成ではBSTが形成されることが確認できた。さらに緻密な膜を形成するために1350°Cで焼成した厚膜について、電気特性の測定を行った結果を図5に示す。1kHzで約2000の比誘電率が得られ、直流電圧の印加により比誘電率が約20%変化した。一方、tan δは直流電圧の印加によってもほとんど変化しなかった。これにより、直流電圧を印加した際に比誘電率が変化するようなデバイスへの応用が期待される。

#### 4. まとめ

セラミックス分散インクを作製し、新規パターンニング手法であるIJP法を用いてBST厚膜のパターンを作製した。また、作製した厚膜について電気

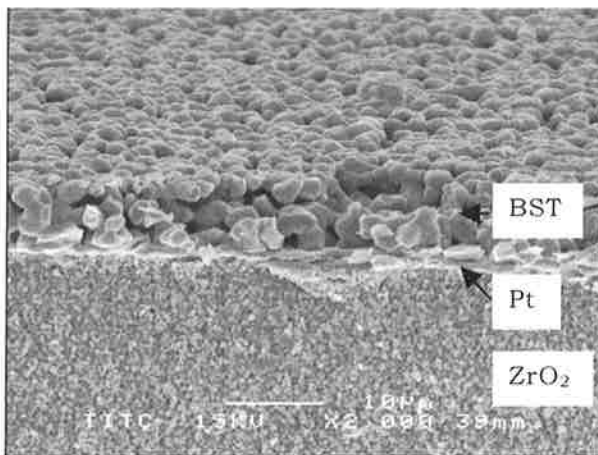


図3：IJP法にて作製したBST厚膜の焼成後のSEM像

特性の測定を行い、直流電圧により比誘電率が変化することを確認した。本材料は、可変容量のコンデンサへの応用が可能と考えられる。

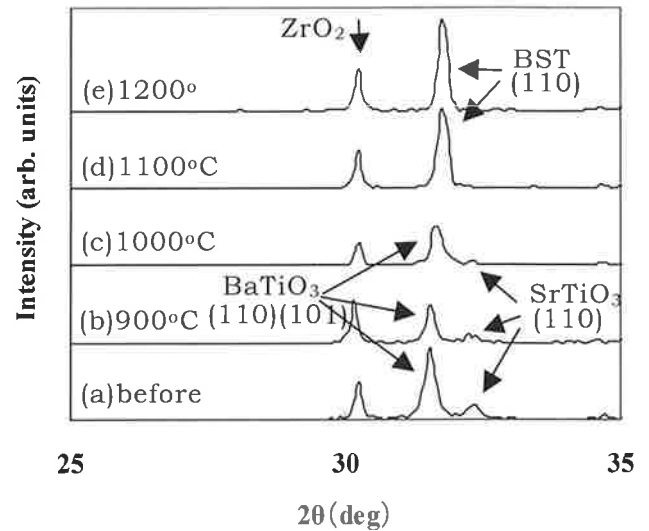


図4：形成膜の焼成温度別X線回折パターン

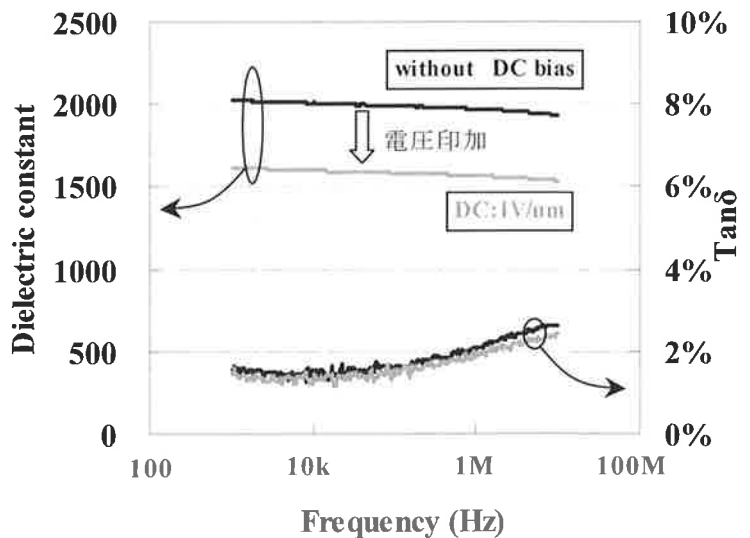


図5：IJP法にて作製したBST厚膜の焼成後の比誘電率及びtan δの周波数依存

キーワード：強誘電体、インクジェット、チタン酸バリウム、非鉛、圧電体、スクリーン印刷

### Preparation of Lead Free Ferroelectric Thick Films

Yuichi SAKAI, Tatsunori KAKUDA and Tomoaki FUTAKUCHI (Toyama Industrial Technology Center)

The thick films were prepared by the inkjet method with ink containing BaTiO<sub>3</sub> and SrTiO<sub>3</sub> powders. The dot and line patterns were formed by inkjet printing on a ZrO<sub>2</sub> substrate with a Pt electrode. The thickness profiles were measured for the thick film after firing. The thickness was uniform over the printed thick film. The thick films printed by the inkjet method were fired in the temperature range from 900 to 1350°C. Ba<sub>0.7</sub>Sr<sub>0.3</sub>TiO<sub>3</sub> was identified by X-ray diffraction patterns at firing temperatures above 1100°C. The dielectric constant decreased with increasing DC bias voltage. It is expected that the inkjet method with ink containing several ceramic