

スクリーン印刷を用いた 配向性無鉛圧電膜パターンの作製に関する研究

■研究者のプロフィール

富山県産業技術研究開発センター
機械電子研究所 電子デバイス技術課
副主幹研究員

さかい ゆういち
坂井 雄一

TEL : 076-433-5466

E-mail : sakai@itc.pref.toyama.jp

URL : http://www.itc.pref.toyama.jp



研究シーズの概要

圧電材料と膜のパターニング

圧電セラミックスは、電圧を加えることで伸縮したり、変位を加えることで電圧が発生したりする材料であり、アクチュエータ、センサ、環境発電素子等で利用されます。身近なところでは自動車用の超音波センサやブザーなどに使用されています。しかしながら、現在使用されている圧電材料の大部分はチタン酸ジルコン酸鉛(PZT)系であり、有害な鉛を含有することから、無鉛系圧電材料の開発が望まれています。また、小型化の進む電子部品において、圧電材料は「膜」として利用されることが多く、膜の作製にはスパッタ法^{*1}、化学溶液堆積法(CSD)^{*2}などの手法が用いられてきました。一方、膜を電子部品で利用するには、製造過程で、ある決まった膜パターンに加工するの必要があり、通常はフォトリソグラフィ^{*3}などの手法で膜パターンが形成されています。しかし、フォトリソグラフィでは「複雑な工程が必要」、「エッチング工程で廃液が発生」、「組成の微調整が困難」といった課題がありました。

そこで、「パターニングの際に廃液が発生しない」、「複雑な工程が不要」、「組成調整が容易（品種による組成の調整が可能）」といったメリットを有する、スクリーン印刷法^{*4}による圧電材料の膜パターン作製について研究してきました。スクリーン印刷法は、スクリーンマスクと呼ばれるパターンが形成されたメッシュからペースト状の材料を基板に

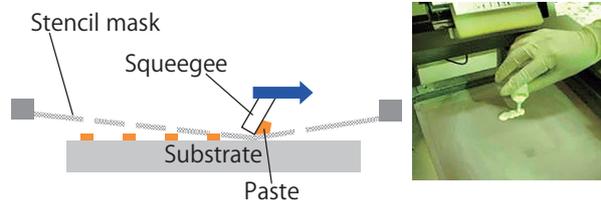


図1 スクリーン印刷法

転写する方法で、印刷と熱処理のみで圧電膜のパターンが形成可能となります（図1）。

無鉛系圧電材料と配向膜

有害な鉛を含まない「無鉛系圧電材料」の開発は進んでいますが、「鉛系材料」に匹敵するほどの特性は得られていません。特性を向上させる方法の一つに「配向性」の膜とする方法があります。圧電セラミックスは、小さな結晶が集まったような状態で、それぞれの結晶はランダムな方向を向いていますが、これを決まった方向にそろえることで特性を向上させるという考え方です（図2）。スパッタ法やCSD法といった薄膜作製手法では、配向膜による特性の向上が報告されています。そこで、スクリーン印刷法で無鉛系圧電材料の配向膜を形成することで特性向上を目指しました。

無鉛系圧電膜の開発

スパッタ法やCSD法といった手法では、原子、分

※1 **スパッタ法**：減圧雰囲気下でアルゴンガス等の粒子を目的物質に衝突させ、はじき飛ばされた目的物質の成分を基板上に堆積させる薄膜形成手法

※2 **化学溶液堆積法（Chemical Solution Deposition法）**：金属有機酸塩や化合物溶液をスピコート等で塗布した後、熱処理することで基板上に薄膜を形成する手法

※3 **フォトリソグラフィ**：感光性物質を塗布した物質の表面を、部分的に露光し、不要部の感光性物質を洗い流すことで微細なパターンを形成する技術

※4 **スクリーン印刷法**：スクリーンマスクの開口部よりペーストを通過させることによって、基板上に所定のパターンの膜を形成する手法

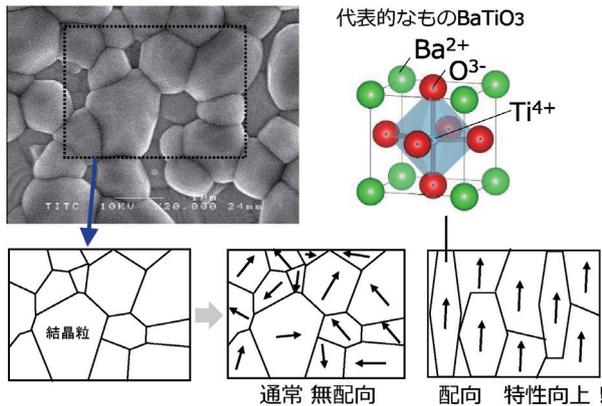


図2 配向性セラミックス

子レベル（1 mmの100万分の1）まで小さくした材料を積み上げるため、格子整合層^{※5}を利用することで配向膜とすることが可能ですが、スクリーン印刷法ではサイズが1 mmの1000分の1程度と、原子、分子レベルと比較するとかなり大きな粒子である「粉体」をベースとしたペーストを使用していることから、通常は配向膜とすることは困難です。しかし、添加剤等を検討することで、スクリーン印刷と熱処理のみで配向膜を作製することに成功しました。例えば、チタン酸バリウム系の膜では、スクリーン印刷法で図3に示すように配向度が100%近い膜が作製可能で、セラミックスの塊であるバルクセラミックスの電気特性を上回ることを確認しました。

また、別の組成の無鉛系圧電材料についても検討を進めています。チタン酸バリウムナトリウム系（BNT-BT）材料は、鉛系圧電材料に代わる無鉛系材料の有力候補の一つとされていますが、この材料は圧電性が失われる温度が低い（利用可能な温度範囲が狭い）という弱点がありました。この弱点を克服すべく、添加物や使用材料の検討を行ったところ、高温でも良好な電気特性を示す（利用可能な温度

※5 格子整合層：目的とする材料の原子が決まった間隔で並ぶように、あらかじめ基板上に形成しておく層

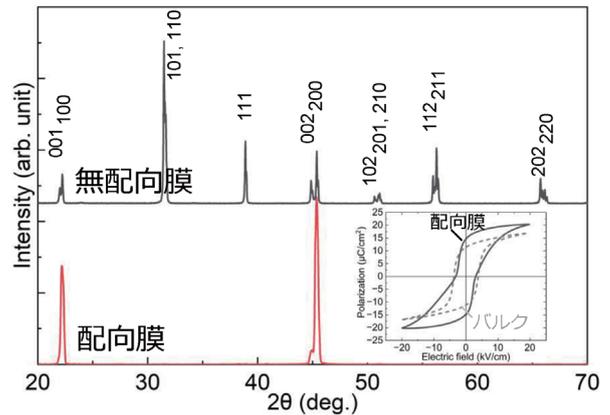


図3 チタン酸バリウム膜のX線回折結果及び電気特性

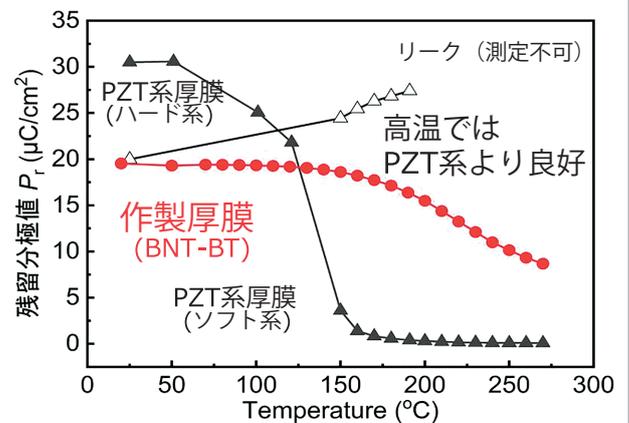


図4 残留分極値Prの温度依存性

範囲が広い) BNT-BT系厚膜が得られました。このBNT-BT系厚膜は、図4のように100℃以上の高温においてPZT系厚膜に匹敵もしくは超える値を示しており、PZT系では利用困難な高温でもBNT-BT系は利用可能と考えられます。この材料系についても特性の向上を目指し、スクリーン印刷法で配向膜の作製を試み、配向度70%程度の膜が得られています。現状では、配向度の改善、異相の低減等の課題があり、さらなる取り組みが必要ですが、今後も環境負荷の小さな手法で環境にやさしい材料の開発を進めていきます。

適用領域(研究キーワード)

- 非鉛
- 強誘電体
- 圧電体
- スクリーン印刷

産業界へのメッセージ

ご紹介した手法は、環境負荷の小さな方法で高性能な圧電膜のパターンを作製するものです。今回は非鉛系材料について紹介しましたが、鉛系材料の配向膜作製についても研究を行っており、高配向な膜が作製できています。ご興味のある方はご連絡をいただければ幸いです。

利用が見込まれる分野

- 電子部品
- 電気機器
- 環境発電

産官連携をお考えの方は当研究所までお問い合わせください。

©北陸経済研究所 米屋 TEL: 076-433-1134