



2019年9月4日

## マルチフェロイック材料を安価・簡便に作る

～最先端材料の汎用化に向けた第一歩～

### <概要>

豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学系河村 剛准教授は、(一財)ファインセラミックスセンターと茨城工業高等専門学校、ポルトガルの国際イベリアナノテクノロジー研究所、中国の長安大学、ドイツのエアランゲン・ニュルンベルグ大学との共同研究により、高度なマルチフェロイック特性を示すナノ複合膜を、安価で簡便に作製できる液相プロセスを開発しました。このプロセスで得られるマルチフェロイック材料は、電気的特性と磁気的特性の間に強い相関をもつため、将来的に低消費電力・大容量のメモリデバイスや空間光変調器、様々なセンサ等への応用が期待されます。

### <詳細>

電気的な特性（強誘電性）と磁気的な特性（強磁性）を併せもち、かつそれらの特性間に強い相関をもつ（電気磁気効果を示す）マルチフェロイック材料は、より多機能で高性能な次世代電気・磁気デバイスの実現に向けて開発が期待されています。近年、大きな電気磁気特性を示すマルチフェロイック膜の作製例がいくつか報告されましたが、それらのプロセスでは、非常に大型で高額な真空装置などが必要であり、特に大面積の材料を作製することは現実的ではありませんでした。そのため、マルチフェロイック材料の応用検討はごく限られた範囲に限定されていました。

そこで、研究チームは比較的安価で簡便ないくつかの液相法を組み合わせることで、高度なマルチフェロイック特性を示す材料を作製するプロセスを開発しました。

「高度なマルチフェロイック特性を示す材料を作製するには、強誘電体と強磁性体をナノメートルスケールで適切にかつ周期的に複合化する必要があります。従来は、気相法によって、自己組織的にナノピラーアレイ構造などを作製し、その材料において大きな電気磁気効果が観測されていました。しかし、採用されていた気相法では、大型で高価な設備の使用が必須であり、また試料の大面積化が現実的に不可能でした。そこで、安価で簡便な液相法のみを駆使してナノピラーアレイライクな複合膜の作製に取り組みました。今回開発したプロセスで得られるマルチフェロイック複合膜では、強誘電体と強磁性体の界面において、局所的にエピタキシャルな関係を有していることが明らかとなり、それによって大きな電気磁気効果を発現することがわかりました。従来の気相プロセスに比べて非常に安価にマルチフェロイック複合膜を作製することができ、かつ大面積化にも対応可能です。」と河村剛准教授は説明します。

### <開発秘話>

この研究は、様々な専門性を必要とする学際的なものでした。そこで、国内外の様々な

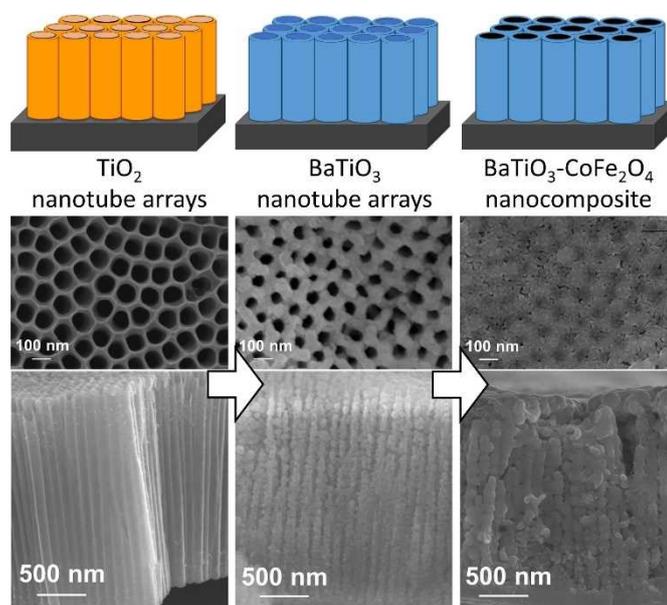
機関に在籍している誘電材料や磁性材料の専門家、電子顕微鏡でのナノ構造観察の専門家、液相合成法の専門家などと協力し、それぞれの高度な専門性を融合することで、これまでにないプロセスの開発につながりました。

### <今後の展望>

研究チームは、制御されたナノ構造をより精密に作り込むことで、電気磁気効果をさらに改善できると考えており、引き続きプロセスの最適化に取り組んでいます。最終的には、開発したプロセスの特徴でもある材料の大面积化を行い、空間光変調器へ応用することで、巨大な3次元像を構築できる空間ディスプレイなどへの展開を考えています。

### <論文情報>

Go Kawamura, Kentaro Oura, Wai Kian Tan, Taichi Goto, Yuichi Nakamura, Daisaku Yokoe, Francis Leonard Deepak, Khalil El Hajraoui, Xing Wei, Mitsuteru Inoue, Hiroyuki Muto, Kazuhiro Yamaguchi, Aldo R. Boccaccini and Atsunori Matsuda (2019). Nanotube array-based barium titanate–cobalt ferrite composite film for affordable magnetoelectric multiferroics. *Journal of Materials Chemistry C*, 7, 10066-10072. DOI: 10.1039/C9TC02442E



タイトル：開発した作製プロセスの各段階における試料の形態

キャプション：試料のイメージ図（上部）と電子顕微鏡写真（下部）

本件に関する連絡先

広報担当：総務課広報係 前田・古橋・高柳 TEL:0532-44-6506