

AIやクラウドの普及で情報処理に使われる電力が急激に増大しており、2030年には世界の全電力消費の30%に達するという予想もある。こうした中で、揮発性のDRAMを置き換える不揮発メモリの開発が求められている。有力な候補として磁気抵抗メモリ（MRAM）と強誘電メモリ（FeRAM）があるが、前者は情報の書き込みに電力を消費、後者は読み出しの困難という問題がある。我々は、強磁性絶縁体として知られるBiFeO₃のFeを一部Coで置換したBiFeO_{0.9}Co_{0.1}O₃（BFCO）では、スピントラントのために、電気分極と直交する自発磁化が出現する事を発見、圧電応答顕微鏡（PFM）と磁気力顕微鏡（MFM）を用いたエピタキシャル薄膜表面の観察で、電気分極、自発磁化とも200nm程度の幅を持つ互いに相関したストライプドメイン構造を形成していること、分極反転に伴って磁化の面外成分も反転する事を報告してきた。この現象を用いれば、電場書き込み磁気読み出しの超低消費電力不揮発性メモリを実現できると期待される。本講演では、デバイス化のための微細加工の研究を紹介する。

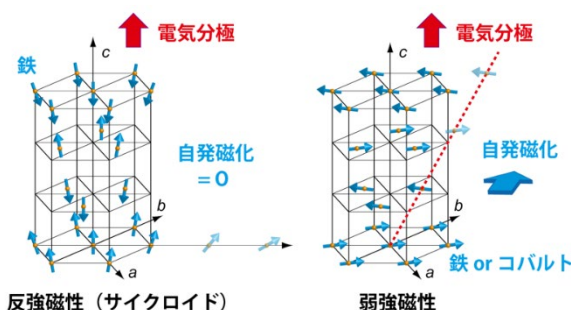


図1 BFCOの電気分極に直交した自発磁化

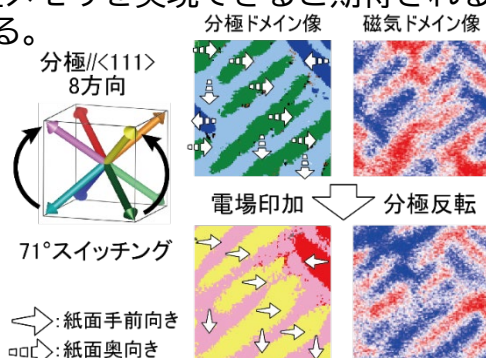


図2 電場印加磁化反転の観察

まずは自己組織化した多孔質構造を持つ陽極酸化アルミナ（AAO）をマスクとして、パルスレーザー蒸着法でナノドットを作製した。条件を変えることで得た、直径60nmと190nmのドットのPFM、MFM観測で、前者は単一ドメイン構造、後者は4つの分極から成るトポロジカルドメイン構造を持つことがわかった。後者について、高感度なダイヤモンドNVセンター磁束計を用いた磁気ドメイン観測を行ったところ、分極反転に伴って磁化の方向が変化することを確認した。

この研究と平行して、高品質で形状の整ったナノドットの形成を目指し、電子技術部の支援を得て、水素シルセスキオキサン（HSQ）を用いた電子線描画プロセスを開発している。Nb:SrTiO₃ (100) 基板上にHSQをスパインコートして、電子ビーム描画したのち、水酸化テトラメチルアンモニウム溶液にて現像し、HSQのマスクを得た。このマスク上にBFCOをパルスレーザー堆積法で蒸着した後、水酸化ナトリウムを用いた溶液プロセスによりマスクを除去した。1辺250 nmのBFCOナノドットのPFM観察により渦巻き型などの非荷電トポロジカル分極ドメインが見られ、分極反転前後のMFM像では、明瞭な磁気コントラスト変化が観測できた。

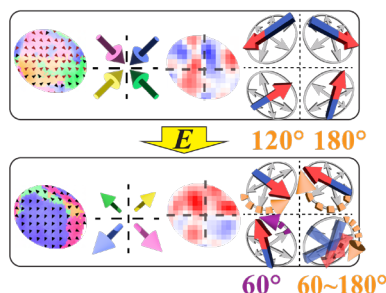


図3 AAOナノドットの電場印加磁化反転

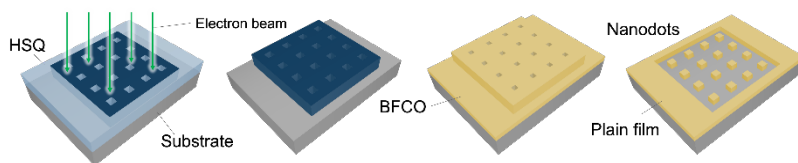


図4 HSQをマスクに用いたナノドット作製