

絶縁体/Ti 金属複合構造による新奇蓄電キャパシタ材料の創成

P13

Preparation of Novel Insulator/Ti Metal Composites for Energy-storage Capacitor

和田 智志 swada@yamanashi.ac.jp

山梨大学大学院総合研究部

近年、電子機器のより一層の小型化・高性能化が進められ、各種電子部品にも同様の要件が生じている。電子機器には欠かせない素子であるセラミックキャパシタに限って言えばその大容量化は一つの課題である。また近年普及が進められているグリーンエネルギー発電において、自然エネルギーの変動に伴い、時々刻々としかも瞬間的に変化する発電エネルギーを平滑化する必要がある、パワー密度の高いセラミックスキャパシタをベースとした蓄電材料の需要も高まるものと思われる。我々は薄い粒界絶縁層において巨大な静電容量を取得することが可能な粒界絶縁型(BL)コンデンサに着目し、その3次元複合構造を導電体と絶縁体の複合材料に導入することで周波数応答の改善を試みるとともに、さらなる微細構造の改良によって高速充放電が可能な蓄電デバイスへの開発を目指している。導電体として金属を選択する場合、一部の貴金属を除き、金属粒子は高温熱処理によって容易に酸化されるため従来の高温焼結過程を含むプロセスは望ましくない。そこで我々は金属-絶縁体 core-shell 粒子を出発原料に用い、粒子間をプレス成型・ソルボサーマル処理によって接合・緻密化し、絶縁体/金属複合セラミックスを得ることのできる全低温プロセスを開発した(図 A 参照)[1]。この手法により作製した BaTiO₃/Ti 複合セラミックスにおいて、数十 μm の金属グレインが数百 nm の絶縁層によって隔てられた粒界絶縁型構造を有していることを確認した(同図 A、SEI、BEI 像)。金属粒子の表面を被覆する絶縁体の shell 層は、成型体においては粒界層として働くため、誘電特性は BaTiO₃ shell 層の厚みに大きく依存する。さらに我々は、原料に用いた Ti 粒子の大きな粒度分布(2~60 μm)が不均一な微細構造の形成に繋がり、電場の偏りを生じるなどして絶縁性を低下させていると考え、これを分級することによって得られた微小で均一な Ti 金属粒子(2~15 μm)を用いて BaTiO₃/Ti 複合キャパシタを作製した。すると絶縁性が改善し、室温、100-100kHz において 10,000 程度の有効比誘電率を持ちながら誘電損失が 6%以下のキャパシタを作製することができた。これはより均一な微細構造が実現できたこと、BaTiO₃ 粒界層の厚みを減少させたこと、厚み方向の粒界数が増加し信頼性(絶縁破壊電場)が向上したことなどが要因だと考えられる(図 B 参照)。更に、BaTiO₃ 層が微細化したことでサイズ効果が生じ、結果的に温度依存性も抑えることができ、分極-電場曲線の直線性も向上した。このように導電体と絶縁体を複合化し微細構造を適切に制御することができれば、複合材料中に自在に”マイクロ回路”を組み込むことが可能になる。現在、更なる微細化を目標として[2]ペロブスカイト型導電性酸化

物の使用の検討や、エピタキシャル界面を利用した複合高誘電率材料の開発を目指している。

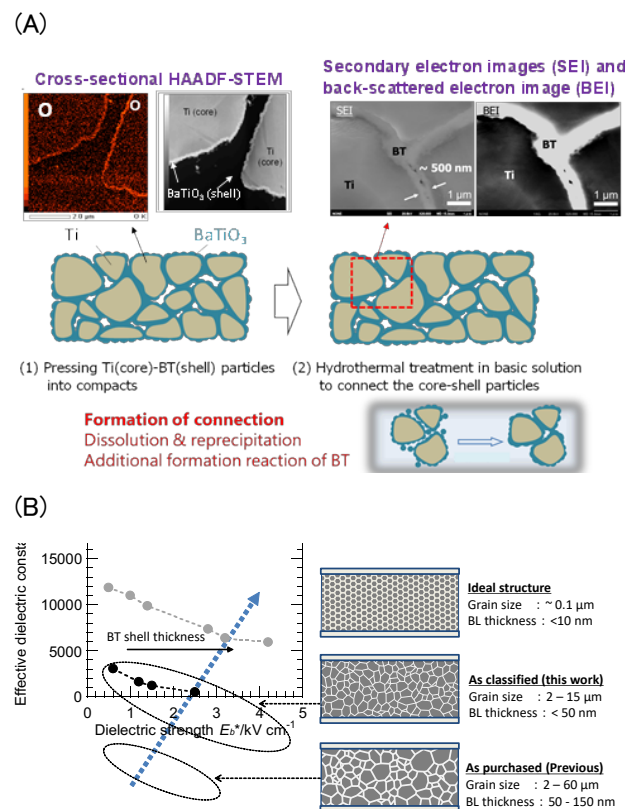


図 A BaTiO₃/Ti 複合キャパシタの作製法及びその微細構造

図 B BaTiO₃/Ti 複合キャパシタの微細構造と電気特性の傾向

【共著者(所属)】

上野 慎太郎(山梨大学)

【関連プロジェクト】

科研費 若手研究(B) 15K18221 「「3次元エピタキシャル界面を導入した次世代ナノ複合セラミックコンデンサの開発」

【参考文献】

[1] S. Ueno *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 54, 10NB07 (2015).

[2] Y. Hattori *et al.*, J. Ceram. Soc. Jpn, 126, 306-310 (2018).