

誘電体ナノキューブ集積体の作製法の検討およびその誘電特性

Preparation of Dielectric nanocube Assemblies and Their Dielectric Properties.

山梨大工¹ ○上野 慎太郎¹, 畠山 朔弥¹, (M2)長田 和希¹, 藤井 一郎¹, 和田 智志¹

Univ. of Yamanashi¹, Shintaro Ueno¹, Sakuya Hatakeyama¹, Kazuki Osada¹, Ichiro Fujii¹,

Satoshi Wada

E-mail: sueno@yamanashi.ac.jp

【背景】IoT や ICT を取り入れた次世代社会の構築に向け、電子材料の分野では引き続き小型化や高性能化が迫られるものと考えられる。我々は誘電材料において、内部応力による結晶格子歪が誘電特性の向上に繋がった例に着目し、チタン酸バリウム (BaTiO_3 , BT) とニオブ酸系のペロブスカイト型化合物のエピタキシャル接合により、接合界面への歪を高密度で導入する材料設計を提案してきた。各ペロブスカイト型化合物について、均一なサイズの立方体状ナノ結晶 (ナノキューブ) を合成し、三次元的に交互にエピタキシャル接合させたナノ構造体を作製できれば、高密度の界面歪によるナノ粒子の誘電特性向上が可能になると考えられる。我々は高温熱処理を必要としない、サイズが均一な BT ナノキューブ集積体の作製にあたり、修飾剤を用いないソルボサーマル合成およびミリオーダーの集積が可能な二液相分離法を提案し、相対密度が低いものの誘電特性の測定が可能な試料を作製するに至った。他の系も含めナノキューブ集積体に関する研究状況について報告する。

【実験方法】BT ナノキューブの合成にはチタン源としてアナターゼ型の酸化チタン(TiO_2 、関東化学)、バリウム源として水酸化バリウム八水和物($\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 、和光純薬)を用い、少量のエタノールと水を溶媒としてソルボサーマル処理を行った。合成した BT ナノキューブはメタノール中に分散させ、次にシリコンオイルに滴下し二液相分離法によるナノキューブの集積を行った。その後、Ti 源を新たに供給するため、 $\text{Ti}[(\text{CH}_3)_2\text{CHO}]_4$ 溶液を集積体内部に導入し、加水分解させチタニアゲルを生成させた。対照実験として Ti 源を導入しない集積体も用意し、これらの集積体を 0.05 M の $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ のエタノール-水混合溶液中に浸漬しソルボサーマル処理を行った。

【実験結果】合成された BT ナノキューブ粒子のサイズは約 100 nm であり、メタノールに良好に分散することを確認した。二液相分離法を用いた集積によってミリメートルオーダーでの集積体を得られ、その相対密度は約 40~50%であった。この集積体に対しソルボサーマル処理を施した結果、Fig. 1 に示すように Ti 源添加の有無に関わらず、ソルボサーマル処理によって比誘電率の増加が確認された。SEM において顕著な微細構造の変化が見られない点や、相対密度に数%しか差が生じていない点から、この比誘電率の増加は、BT ナノキューブ間が溶解再析出機構によって接合されたことが要因として挙げられ、微細構造に対してセンシティブな材料であると言える。

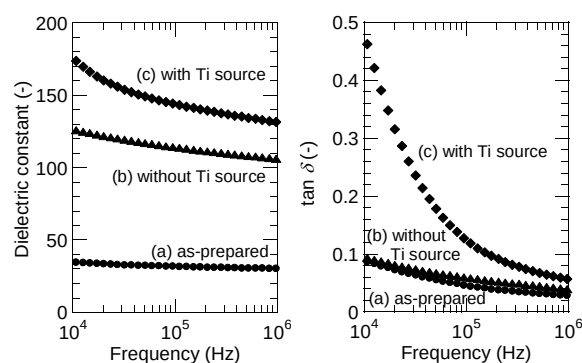


Fig. 1 The frequency dependence of the dielectric constant and tangent loss of (a) the BaTiO_3 -nanocube assemblies prepared by utilizing liquid-liquid biphasic separation and the assemblies after the additional solvothermal treatment (b) without and (c) with the titania gels inside of the BaTiO_3 assembly.