

スパッタリング法を用いたサファイア基板への自己組織化 PbTiO_3 ナノ結晶の高品質育成および結晶性・表面構造の解析

吉田 裕則 触 浩貴 石居 拓也 西田 貴司

福岡大学 工学部

1. はじめに

PbTiO_3 系材料はペロブスカイト構造の強誘電体材料であり不揮発性メモリなどへ用いられる。最近、 PbTiO_3 系材料をナノレベルで加工して新しい構造とすることで、既存の PbTiO_3 材料では実現できなかった特性が期待されている。

本研究では、 PbTiO_3 の新しいナノ構造作製法としてスパッタリング法を用いて自己組織化ナノ結晶の育成を行った。その際、スパッタリング法に工夫を加え改良型^[1]とし、高品質な自己組織化ナノ結晶膜の作製を試みた。

2. 実験方法

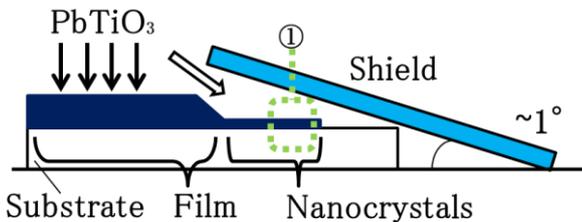


図 1 改良型スパッタリング法における基板設置概略図

本研究の改良型スパッタリング法では、基板前面に遮蔽板が設置される。遮蔽板は基板に対して 1° 程度の角度をつけて設置され、基板表面と遮蔽板の間に僅かな隙間がある。スパッタ粒子が基板に到達し膜が成長する際、遮蔽板直下の隙間にも粒子が回り込み、この部分ではナノ結晶が成長する。

本手法を用いて、原子平坦処理したサファイア基板上に PbTiO_3 ナノ結晶膜の育成を試みた。その際、スパッタ条件(ガス圧など)を変化させ、表面のナノ構造を原子間力顕微鏡(AFM)により評価し、結晶性の変化について調べた。

3. 実験結果と考察

図 1 の緑色の点線で囲われた①の部分を観察した 2 つの試料の AFM 像を図 2(a), (b)に示す。各試料の成膜条件のガス圧は図 2(a)が 1.0Pa、図 2(b)が 4.0Pa である。

図 2(a)において、矢印で示してある明るく見える島状の部分が PbTiO_3 ナノ結晶である。また、点線で示してあるサファイア基板表面の段差(ステップ-テラス構造)に沿ってナノ結晶が並んでいることが分かる。これはナノ結晶がステップ部分で選択的に核形成し、結晶がナノシート状の成長をしたためである。この結果から、本研究のスパッタリング手法により PbTiO_3 の結晶成長をナノレベルで制御し、成長位置の均一化や 2 次元成長させることが可能であると分かった。

ガス圧 4.0Pa の図 2(b)を見ると、1.0Pa の場合と異

なり、 PbTiO_3 ナノ結晶の形成位置が基板のステップ-テラス構造と関係なく成長している。これは 4.0Pa のガス圧ではスパッタ粒子のエネルギーが低下し、ステップ部分での核形成が促進されなかったためであると考えられる。

また、ナノ結晶の形状はナノシートではなく 1 次元的なナノワイヤー状となっている。これは 4.0Pa のガス圧ではナノシート状の成長を得るための条件が満たされなかったからだと考えられる。このナノワイヤーの幅は約 40nm、長さは約 200~500nm である。

図 2(b)のナノ結晶の成長方向をみると 60° 対称の 6 方向となっている。これは基板であるサファイア(0001)面の表面の原子が 6 回対称で配列しており、 PbTiO_3 ナノ結晶がその上にエピタキシャル成長したからである。

図 2(a), (b)から成長条件によって、様々な形状のナノ構造を作ることができることが分かった。特に 1.0Pa のナノシート結晶成長では、2 次元成長であるため、高品質な膜形成に活用できると期待される。

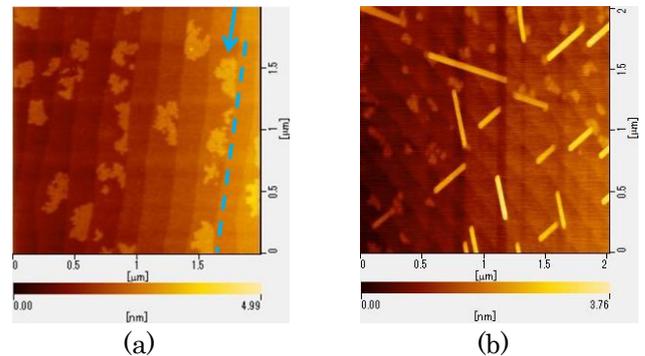


図 2 PbTiO_3 ナノ結晶の AFM 像

4. まとめ

本研究は、強誘電体材料として知られる PbTiO_3 をナノレベル薄膜材料としての高品質化を目指して行った。その際、改良型スパッタリング法を用いることで PbTiO_3 ナノ結晶育成・制御を可能とした。

成膜条件を変えることで PbTiO_3 ナノ結晶の成長に変化を与えることが分かった。また、ナノシート状に 2 次元成長をしたナノ結晶が成長を続けると高品質なナノ結晶膜になることも分かった。

今後、より精密な成長条件の制御により高品質な PbTiO_3 ナノ結晶育成が期待される。

5. 謝辞

本研究は GRENE プロジェクトおよび文科省科研費による支援で行われた。

6. 参考文献

[1]T. Nishida et al, *Ferroelectrics*, 381, 74-79 (2009).