

斜方晶系 $\text{SrMnO}_{2.5}$ 薄膜における迷路型ドメイン構造の形成挙動

Domain structure and growth behavior in $\text{SrMnO}_{2.5}$ oxide films

○小林俊介¹, 幾原雄一^{1,2}, 山本剛久^{1,3} (1. JFCC, 2. 東大総研, 3. 名大工)

○S. Kobayashi¹, Y. Ikuhara^{1,2} and T. Yamamoto^{1,3} (1. JFCC, 2. Univ. Tokyo, 3. Nagoya Univ.)

E-mail: s_kobayashi@jfcc.or.jp

【緒言】斜方晶系ペロブスカイト酸化物は 90° ドメインを形成し様々な物性に影響を与える。その為、ドメイン構造の形状を制御する事は、物性制御やデバイス応用の観点から非常に重要である。近年、新たなドメイン構造の形成手法として基板との格子不整合性を利用した酸化物薄膜が提案されている。しかしながら、格子不整合性に起因した歪みによるドメイン構造の基本的な形成挙動が明らかになっていない。このドメイン構造を明らかにするため、斜方晶系ペロブスカイト型酸化物である酸素欠損が周期配列した $\text{SrMnO}_{3-\delta}$ ($\delta = 0.5$) すなわち $\text{SrMnO}_{2.5}$ に着目した。本研究ではこの $\text{SrMnO}_{2.5}$ を格子定数の異なる基板上へ成膜を行い、ドメイン構造と格子不整合性の変化に伴う成長挙動を明らかにする事を目的とした。

【実験方法】 SrTiO_3 ($a = 0.3905 \text{ nm}$) 及び LSAT ($a = 0.3868 \text{ nm}$) 基板上にパルスドレーザ堆積法により $\text{SrMnO}_{2.5}$ 薄膜の作製を行った。薄膜中の酸素欠損状態は XRD 測定及び STEM を用いて行った。また、薄膜中のドメイン構造観察は TEM 暗視野法を用いて行った。

【結果・考察】XRD 測定の結果、得られた薄膜は斜方晶系の対称性を有しており、第二相等のないエピタキシャル薄膜である事が確認された。さらに、軽元素観察が可能な ABF-STEM 法により薄膜中の酸素欠損を直接観察した結果、得られた薄膜は斜方晶系ペロブスカイト型酸化物 $\text{SrMnO}_{2.5}$ である事が明らかとなった。 SrTiO_3 及び LSAT 基板上に成膜を行った $\text{SrMnO}_{2.5}$ 薄膜のプランビュー方向から観察を行った TEM 暗視野像を図.1 (a) 及び (b) にそれぞれ示す。観察像から迷路状のドメイン構造を形成する事が明らかとなった。これは、斜方晶である結晶同士が格子不整合性を緩和させる為に 90° ドメインを形成しながらエピタキシャル成長する為であると考えられる。また、異なる基板上へ成膜する事により、ドメインサイズが基板との不整合度に依存して変化している。この時の迷路状ドメイン構造と立方晶系ペロブスカイト酸化物基板の模式図を図.1(d) に示す。このドメインサイズ依存性は、ミスフィットの転位間隔で用いられる関係式を応用して $W = d_1 d_2 / (d_1 - d_2)$ (W : ドメインサイズ、 d_1 : 基板の格子定数、 d_2 : 薄膜の格子定数) で定義する事ができる(図.1(d))。この事実は、薄膜における格子緩和の為のミスフィット転位導入と同様に、迷路状のドメイン構造は基板との格子不整合性を緩和するために導入されていると結論付けられる。さらに、過去多くのミスフィット転位に関する研究成果をドメイン構造制御に展開できる可能性を示唆しており、斜方晶系酸化物のみではなく、単斜晶系の様な他の対称性を有する酸化物にも適応できると考えられる[1]。

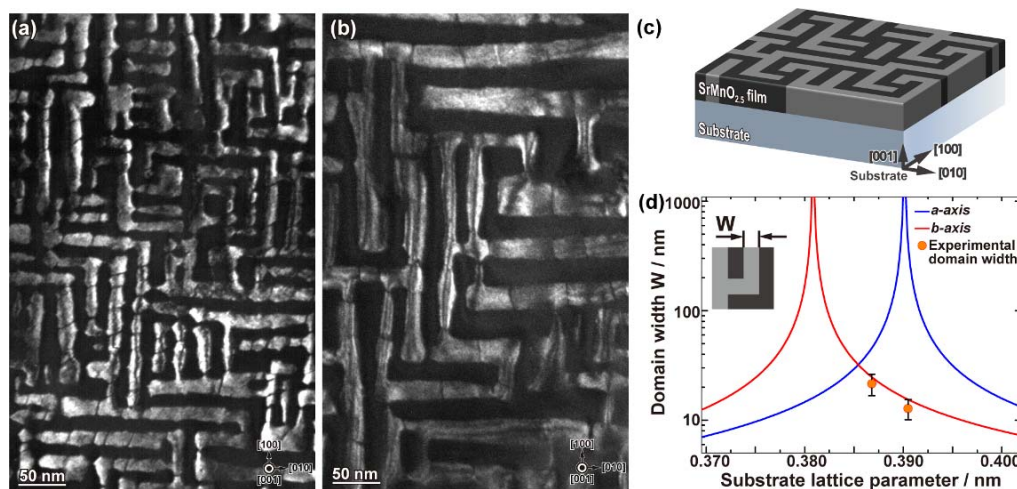


図.1 (a) SrTiO_3 基板と(b)LSAT 基板に成膜を行った $\text{SrMnO}_{2.5}$ 薄膜のプランビュー方向から観察した TEM 暗視野像。(c)立方晶系ペロブスカイト酸化物基板と $\text{SrMnO}_{2.5}$ 薄膜のドメイン構造の模式図。(d)ドメイン幅と基板と薄膜の格子不整合性の関係。

【参考文献】 [1]S. Kobayashi, Y. Ikuhara and T. Yamamoto, Appl. Phys. Lett. 102, 231911 (2013).