

圧電応答顕微鏡による強誘電 SnS 薄膜の面内分極ドメインの観察

Observation of in-plane polarization domain of ferroelectric SnS thin film by PFM

東大¹, 理研² ○ 來村 颯樹¹, 名苗 遼¹, 張 益仁^{1,2}, 西村 知紀¹, 長汐 晃輔¹

UTokyo¹, RIKEN² ○ S. Kitamura¹, R. Nanae¹, Y.-R. Chang^{1,2}, T. Nishimura¹, & K. Nagashio¹

Email: kitamura-satsuki697@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

【緒言】

2次元層状材料である SnS は、成長基板からの歪導入により空間反転対称性の破れた準安定 β' 構造の形成が可能であり、強誘電特性^[1]やバルク光起電力効果による発電^[2]等を報告してきた。SnS は、NaCl 構造から結合を切ることによって得られるパッカード構造をしており、NaCl 構造を経由して Sn-S 間の結合を繋ぎ変えることで面内分極が反転する(図 1)。このため、 180° の分極反転だけでなく 90° 回転した分極変化が可能な強弾性特性を示すことが理論的に予想されている。しかしながら、圧電応答顕微鏡(PFM)の面内方向測定による SnS の面内分極ドメインの詳細は分かっていない^[3]。面内 PFM は、基板に垂直電圧印加により発生する、圧電定数の剪断成分を電圧の比例定数とした変位を測定する(図 2)。その為、測定する変位が小さく分極検出は一般に困難である。この点を改善するために薄く結晶性の良い β' 構造のみからなる SnS を成長させる必要がある。

そこで我々は管状炉内の水分量を 100 ppb 以下に下げることによって SnS の表面酸化を抑制し、van der Waals 基板である HOPG 上に SnS を成長させ結晶性向上を試みた。本研究では、面内 PFM により SnS の分極ドメインを観察し、ドメイン境界の結晶構造を原子スケールで検討した。

【結果及び考察】

物理蒸着法によって HOPG 基板上に成長させた ~ 6 nm 厚さの SnS において、700~800 kHz の範

囲でカンチレバーのコンタクト共振を用いて面内 PFM で測定した。図 3 に示す位相像と振幅像において、結晶面に並行な幅 40~250 nm の線状のドメイン構造及び、線状のドメインが直交している様子が観察された。ここで、ドメイン境界について界面エネルギーが低い双晶界面を考えると、図 4 のように 180° 回転のドメインが最も適した構造であると考察できる。線状の直交したドメインは、位相像から同一分極方向を向いており、 90° 回転のドメインではないことが理解できる。この直交したドメイン構造は、図 4 の 180° 回転の双晶関係のみで図 5 のように説明でき、マクロな結晶形状から STEM 観察により決定してきた分極方向と良く一致している。ただし、図 4(a)の双晶界面は結合エネルギーが高い S-S 結合のため、図 4(b)のように遷移領域に NaCl 型を考えることで、双晶界面の結合エネルギーを低下させ安定化すると考えられる。

今回、SnS のドメイン境界において NaCl 型の遷移領域を含む 180° 回転の双晶関係を提案したが、今後の面内 STEM 観察等の原子構造観察によって更なる詳細な議論が可能となる。

【参考文献】

- [1] N. Higashitarumizu, *et al.*, Nature Commun., 2020, 11, 2428.
- [2] Y.-R. Chang, *et al.*, 第 83 回応物秋講演会, 21p-C202-2.
- [3] P. Sutter, *et al.*, Nano Today, 2021, 37, 101082.

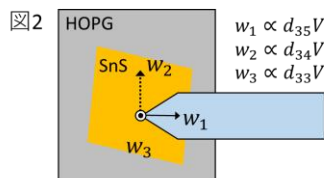
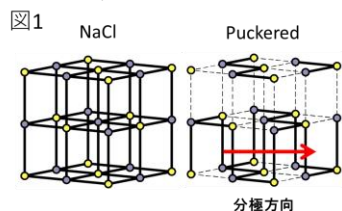


図 1. NaCl 型とパッカード型の結晶構造。
図 2. 面内 PFM の模式図。

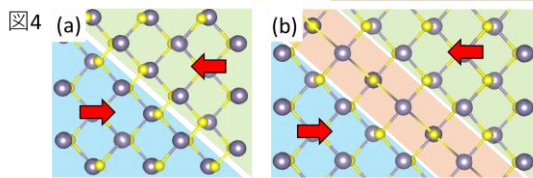
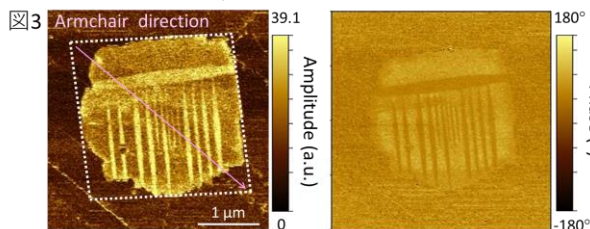


図 3. 面内 PFM による(a)振幅像と(b)位相像。
図 4. (a) 180° 回転の双晶構造モデル, (b)NaCl 型遷移構造を加えた結合エネルギーの低いモデル。

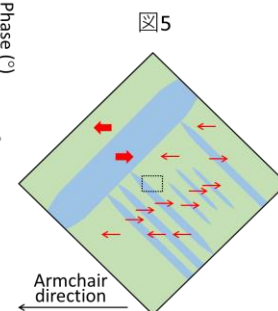


図 5. マクロな結晶内の分極方向。