

BiFeO₃ 薄膜キャパシタにおけるバルク光起電力効果

Bulk Photovoltaic Effect in BiFeO₃ Thin Film Capacitors

兵庫県立大工¹ ○(B)加藤 廉¹, 中嶋 誠二¹, 藤沢 浩訓¹

Univ. of Hyogo¹, ○Ren Kato¹, Seiji Nakashima¹ and Hironori Fujisawa¹

E-mail: eo17a031@steng.u-hyogo.ac.jp

1. はじめに

極性結晶に光を照射することで生じるバルク光起電力効果(BPV: Bulk Photovoltaic Effect)は古くから知られているが、バンドギャップを超える高電圧発生と、0.1~0.4 という高い内部量子効率が報告されたことにより、現在再び注目を浴びている¹⁾。この BPV はバンド構造の非対称性からキャリアの励起—緩和を繰り返しながらシフトしていくことにより生じる。この伝導帯内でバリスティックに移動する光キャリアのシフト量は 10~100 nm に達する可能性が示唆されており、膜厚 100 nm 以下の極性結晶薄膜キャパシタでは、これによりキャリアが緩和することなく電極に到達することが考えられる。そのため、高い変換効率が実現できる可能性を有している。既に、代表的な強誘電体である BaTiO₃ 薄膜において約 1% という変換効率が報告されているが、これは、期待される値には程遠く、実験的検証は進んでいない。そこで本研究では、数 nm の極薄膜でも大きな極性を示し、可視光により励起可能な強誘電体である BiFeO₃(BFO)に着目し、膜厚 100 nm 以下の BFO 薄膜キャパシタにおける光起電力効果を調べた。

2. 実験方法

Figure 1 に試料の構造と測定系の概略を示す。RF マグネトロンスパッタ法により(001)面が[110]方向に 4° 微傾斜した SrTiO₃(STO)(001)基板上に下部電極として SrRuO₃(SRO)薄膜を作製し、さらにその上に、膜厚 100 nm の単ドメイン Mn 1 at% ドープ BFO(BFMO)薄膜を作製した。また、BFMO 薄膜表面に上部電極として直径 50 μmφ の ITO ドット電極作製した。ITO 電極上に波長 405 nm、光強度 10.5 W/cm² のレーザ光を照射した状態で電流 - 電圧特性を測定し、開放端電圧 (V_{OC}) と短絡電流(I_{SC})の評価を行った。また λ/2 板により照射光の偏光角(φ_p)を回転させ、V_{OC}、および I_{SC} の照射光偏光角依存性を調べた。ここで φ_p は、偏光方向が<100>_{STO} 軸と一致する状態を 0° とし、反時計回りの角度を正とした。

3. 実験結果

Figure 2 に膜厚 100 nm の BFMO 薄膜における V_{OC} および I_{SC} の偏光回転角依存性を示す。Fig. 2(a)から、V_{OC} が φ_p に対して 2 倍角の正弦波状に変化していることがわかる。バルク光起電力効果で発生する電流密度 J が、sin 2φ_p に従って変化することによるものである。また、Fig. 2(b)から、I_{SC} も φ_p に対して 2 倍角の正弦波状となっており、かつ V_{OC} とは逆位相で変化していることがわかる。これは、光照射下における BFMO 薄膜のコンダクタンスを G_{ph} とすれば I_{SC} = -G_{ph}V_{OC} の関係にあるためである。これらより、この光起電力はバルク光起電力効果に起因しているものと考えられる。

【参考文献】 1) M. Alexe, and D. Hesse, *Nat. Commun.*, 2, 256(2012).

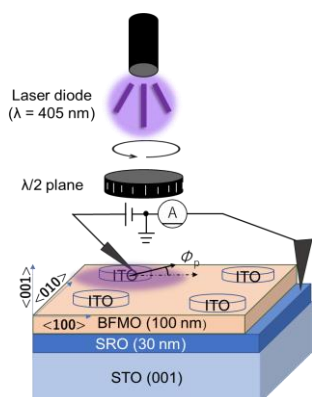


Figure 1 A schematic diagram of sample structure and measurement settings.

謝辞 本研究の一部は科研費 基盤研究 (C) (No. JP19K04495) の支援により行われました。

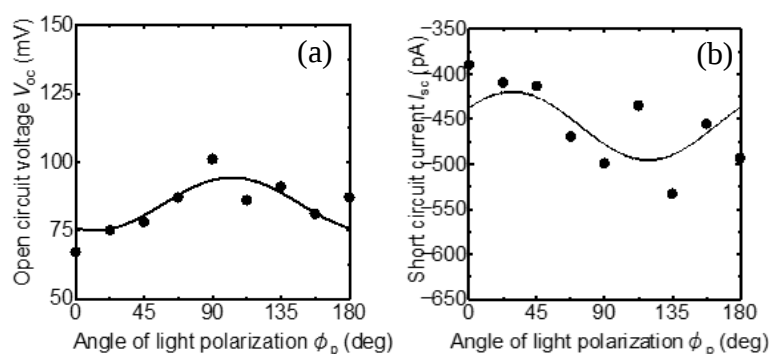


Figure 2 A light polarization angle (φ_p) dependence of (a) short circuit current (I_{SC}) and (b) open circuit voltage (V_{OC}) in the BFMO thin film capacitor.