

遷移金属元素をドーピングした単ドメイン BiFeO₃ 薄膜の 異常光起電力効果(Ⅲ)

Anomalous Photovoltaic Effects in Single-domain BiFeO₃ Thin Films Doped with Transition Metal Elements (Ⅲ)

○高山 幸太、中嶋 誠二、藤沢 浩訓、清水 勝 (兵庫県大院・工)

○Kota Takayama, Seiji Nakashima, Hironori Fujisawa and Masaru Shimizu

(Univ. of Hyogo)

E-mail: ei15f015@steng.u-hyogo.ac.jp

【はじめに】バルク光起電力効果は強誘電体等の中心対称を持たない強誘電体などの物質で観察される。半導体 pn 接合型太陽電池とは異なるメカニズムで発生し、バンドギャップを大きく上回る¹⁾ 開放端電圧(V_{OC})が得られるという特徴がある。このことから異常光起電力効果 (APV) の一種である。長さ 1cm 程度の KDP 単結晶において $10^3 \sim 10^5$ V の V_{OC} が発生することが報告されている。近年、BiFeO₃(BFO)の薄膜における APV が報告され²⁾ 再び注目を集めている。我々はこれまで単ドメイン BFO 薄膜の APV を詳細に調べ、ノンドープ BFO 薄膜において電極間距離を変化させた時に電極下部の抵抗を G' 、BFO 薄膜のフォトコンダクタンスを G_{Photo} とすると Fig. 1 に示すような等価回路で表現可能であることを明らかにした。また、BFO 薄膜に Mn を 1at% ドープすることで G_{Photo} が低下し、300 K において V_{OC} が 287 V まで増加することを報告した。そこで本研究では遷移金属元素ドーピングが BFO 薄膜の異常光起電力効果に与える影響をより詳細に調べるために、Mn 1at% ドープ BFO 薄膜の G_{Photo} , V_{OC} , I_{SC} の電極間距離依存性について調べたので報告する。

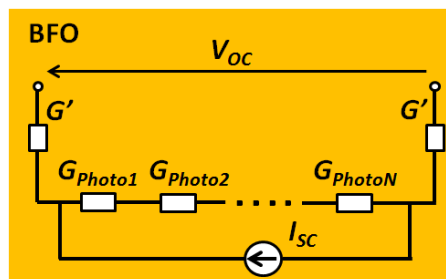


Fig. 1 Equivalent circuit of coplanar capacitor under the illumination

【実験方法】RF マグネトロンスパッタ法により、STO (001)基板上に膜厚 1 μm の単ドメイン BFO 薄膜を作製した。BFO 薄膜は B サイトを Mn で 1at%置換したものを用意した。その後 BFO 薄膜表面に Pt 電極を電極幅 100 μm 、電極間距離 50, 100, 200, 350, 500 μm で作製し、コプレーナキャパシタを作製した。試料温度を 300 K にし、電極間に光を照射した状態で電流-電圧(I - V)測定を行うことにより APV の評価を行った。光源には波長 405 nm の半導体レーザを 17 W/cm² で出力させたものを用いた。

【結果】Fig. 2 に Mn 1at% ドープ BFO 薄膜の V_{OC} の電極間距離依存性を示す。電極間距離を広げていくにつれ V_{OC} が増加し、線形関係にあることが確認できた。電極間距離が 500 μm の条件では常温で 462 V の V_{OC} が発生した。また、 I_{SC} については電極間距離に関わらず 90 pA 辺りでほぼ一定の値となっている。電極間距離を増加させた時に V_{OC} が線形に増加し、 I_{SC} の変化が小さいということから、基準となる等価回路が電極間距離を増加させるたびに直列に接続される状態となっていることが分かる。よって、Mn 1at% ドープ BFO 薄膜においても Fig. 1 のような等価回路で表現可能であることが分かった。

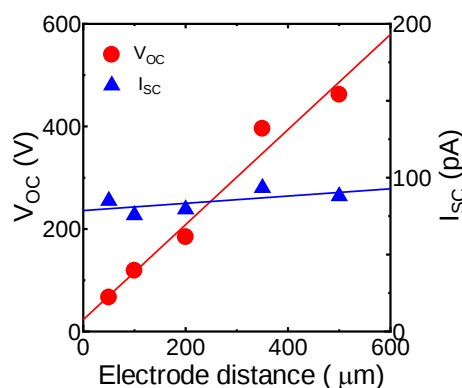


Fig. 2 Interelectrode distance dependence of V_{OC} and I_{SC} in (001) BFO thin films doped with Mn 1at%

【参考文献】1) V. M. Fridkin et al., Sov. Phys. Usp., **21**, 981 (1978)., 2) S. Y. Yang et al., Nat. Nanotechnol., **5**, 143 (2010).

【謝辞】本研究の一部は、日本学術振興会科研費(若手研究 B)(No.26820115)、カシオ科学振興財団研究助成、競輪の助成(26-120)、ひょうご科学技術協会学術研究助成の支援により行われました。