

Mn ドープ BiFeO₃ 薄膜のバルク光起電力効果と それによって発生する光誘起歪

A Bulk Photovoltaic Effect and Induced Optical Strains in Mn-doped BiFeO₃ Thin Films

兵庫県立大学・工 〇(M1) 林本 竜, 中嶋 誠二, 藤沢 浩訓, 清水 勝

University of Hyogo 〇(M1) Ryu Hayashimoto, Hironori Fujisawa, Masaru Shimizu

E-mail: ei18m022@steng.u-hyogo.ac.jp

バルク光起電力効果は半導体 p-n 接合で発生する光起電力効果とはメカニズムが異なり、中心対称性を持たないバルク材料にコヒーレント光を照射することで発生する。その特徴として、バンドギャップを超える非常に高い開放端電圧(V_{oc})が発生することから、バルク光起電力効果は大変注目を集めている¹⁾。我々はバルク光起電力効果と逆圧電効果のカップリングによって自身を歪ませる、光アクチュエータの実現を目指している。また、過去の研究において、強誘電体 BiFeO₃ (BFO) 薄膜に Mn を 1 at% ドープすることによって V_{oc} が向上することを見出した。本研究では、Mn 1 at% ドープ BFO (BFMO) 薄膜に青紫色レーザを照射したときの、バルク光起電力効果と光誘起歪の関係について調べたので報告する。

V_{oc} を測定するために、[110] 方向に 4° 傾斜した SrTiO₃ (STO) (001) 基板上に、RF スパッタリング法を用いて膜厚 1 μm の BFMO 薄膜を堆積させ、その上に Pt コプレーナ電極を作製した Pt/BFMO/Pt コプレーナキャパシタを試料に用いた。電極間距離 260 μm の Pt 電極上に、波長 405 nm、パワー密度 17 W/cm² の青紫色レーザを照射しながら電流-電圧特性を測定することにより V_{oc} を調べた。次に、厚さ 70 μm 、長さ 15 mm に研磨したカンチレバー状の BFMO/STO 構造を固定台に固定させ、入射角を約 15° にして BFMO の固定台側にレーザを照射した時のカンチレバー先端変位量をレーザ変位計により測定した。Figure 1 にカンチレバー先端変位量測定の試料構造と測定系を示す。

Figure 2 に V_{oc} のレーザ偏光角(ϕ)依存性を示す。 ϕ は 2 分の 1 波長板を回転させることにより変化させた。Figure 2 より、 $\sin 2\phi$ に比例していることが分かる。バルク光起電力効果において発生する電流密度 J の ϕ 依存性は、レーザのパワー密度を I 、バルク光起電力テンソルを β とおくと、 $J = -I(0.4082\beta_{15} + 0.5774\beta_{22})\sin 2\phi$ と表される。光照射時における BFMO のコンダクタンスを G_{photo} とおくと、 $J = -G_{\text{photo}}V_{oc}$ となることから、 V_{oc} が J に比例し、 $\sin 2\phi$ で変化したと言える。また、 V_{oc} は $\phi = 45^\circ$ において最大の -205 V となった。この V_{oc} の値は BFO 薄膜で報告されている V_{oc} の値を遥かに上回っている。 V_{oc} を電界強度に換算すると、約 7.88 kV/cm となる。次に、カンチレバー先端変位量の ϕ 依存性を Fig. 3 に示す。Figure 3 から、カンチレバー先端変位量は V_{oc} と同様に $\sin 2\phi$ に比例していることが確認できる。また、 $\phi = 45^\circ$ において先端変位量は最大の 7.9 μm となり、先端変位量、 V_{oc} がそれぞれ最大となる ϕ が一致していることが分かる。これらの結果から、BFMO 薄膜の光誘起歪はバルク光起電力効果と逆圧電効果のカップリングによって発生していると考えられる。

【参考文献】 1) V. M. Fridkin et al., *Sov. Phys. Usp.*, **21** (1978), p. 981. 2) A. Bhatnagar et al., *Nat. Commun.*, **4** (2013), p. 2835.

【謝辞】 本研究の一部は、日本学術振興会科研費(JP16K06272)、および岩谷直治記念財団の支援により行われました。

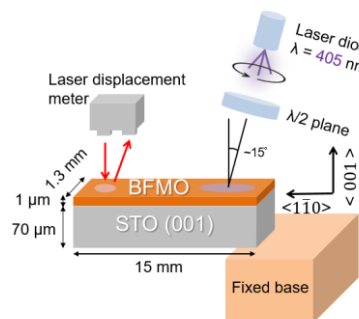


Figure 1 Schematic of sample structure and measurement system of the cantilever edge displacement.

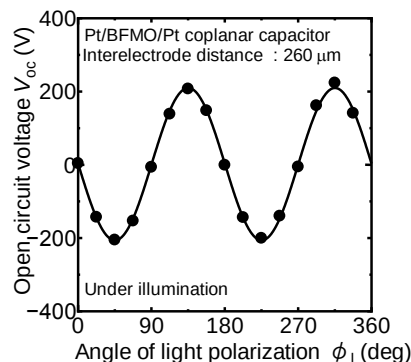


Figure 2 Angle of light polarization dependence of V_{oc} of Pt/BFMO/Pt coplanar capacitor.

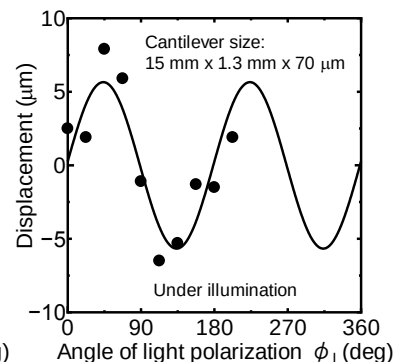


Figure 3 Angle of light polarization dependence of the cantilever edge displacement.