

強誘電体バルク光起電力効果を用いた光アクチュエータ

～光照射するだけで発生する約 290 V の高電圧とその応用～

工学研究科 電子情報工学専攻

◎M1 はやしもと りゅう 竜、 助教 なかしま せいじ 誠二

キーワード

強誘電体, 光起電力効果, アクチュエータ, BiFeO₃

研究概要

太陽電池などの光エネルギーを電気エネルギーに変換する光電素子は半導体 pn 接合による光起電力効果と呼ばれる現象を利用している。しかし、発生する光起電力は半導体のバンドギャップに制限されてしまう。これとは異なるメカニズムで発生する、バルク光起電力効果という現象がある。バンドギャップを上回る高電圧の発生で注目を集めており、半導体 pn 接合の光起電力効果で得られる電力変換効率の理論限界を超える可能性が示唆されている。我々は可視光で励起可能な強誘電体 Mn1 at% ドープ BiFeO₃(BFMO) 薄膜で発生するバルク光起電力の向上を研究している。また、強誘電体の逆圧電性と呼ばれる印加電圧に比例した歪みが生じる性質を利用して、光照射により自身を歪ませる BFMO 薄膜光アクチュエータの実現を目指している。本研究では BFMO 薄膜によるバルク光起電力効果と光照射時における歪みの関係を調べた。

光起電力の評価として、SrTiO₃ (001) 基板上に、RF マグネトロンスパッタで膜厚 1 μm の BFMO 薄膜を作製し、その上に電極間距離 260 μm の Pt 電極を作製した構造に、波長 405 nm、パワー密度 17 W/cm² の青紫色レーザーを照射しながら電流-電圧特性を測定し、開放端電圧 (V_{oc}) を求めた。また、図 1 のように、厚さ 70 μm、長さ 15 mm に研磨したカンチレバー構造を固定台に固定し、レーザーを照射時のカンチレバー先端変位量をレーザー変位計で測定した。

図 2 に示す光照射時のカンチレバー先端変位量、 V_{oc} のレーザー偏光角依存性より、先端変位量と V_{oc} の最大は 7.9 μm、239 V となった。これまでは、約 290 V もの高い V_{oc} の発生も確認している。また、 V_{oc} と先端変位量はレーザー偏光角に対して同じ正弦波状の波形で変化しており、光照射による歪みがバルク光起電力効果と逆圧電効果の結合で発生したものであることを示した。

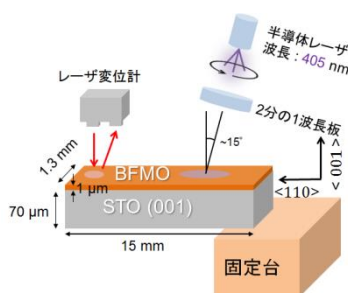


図 1 カンチレバー構造の試料構造と測定系

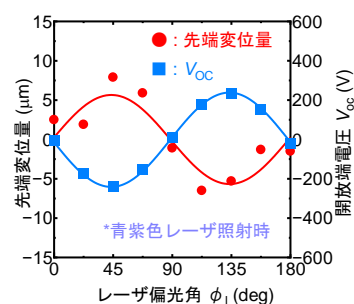


図 2 カンチレバー先端変位量と V_{oc} のレーザー偏光角依存性

アピールポイント

本研究では、従来の報告例よりもはるかに大きい光起電力を得た。カンチレバー先端変位量と開放端電圧は同じ正弦波状の変化を示し、BFMO 薄膜が光アクチュエータとして駆動している可能性を初めて見出した。光アクチュエータは宇宙空間のような極限環境下での駆動が可能であり、応用が期待できる。バルク光起電力効果を用いれば、半導体 pn 接合太陽電池の変換効率限界を超える太陽電池の開発も可能となり得る。

【発表論文】 S. Nakashima et al, *Jpn. J Appl. Phys.*, **55** (2016), 10TA07.