

研究ノート

バルク光起電力効果を用いた全セラミックス太陽電池の技術開発

立木翔治*¹

Technical Development of Sintering Photovoltaic Cell which Generates Electric Power by Bulk Photovoltaic Effect

Shoji TACHIKI*¹Seto Ceramic Research Center*¹

セラミックス技術により作製可能な太陽電池材料として、ビスマス鉄複酸化物に着目した。沈殿法で原料を調製し、プレス成形した後に焼成してビスマス鉄複酸化物焼結体を得た。ここから光起電力測定用の試料を切り出し、分極処理の後、He-Cd レーザー（442nm）を照射して光起電圧および光起電流を測定した。変換効率は 1.3×10^{-7} %程度であり、現行のシリコン系太陽電池と比較するとさらなる変換効率の改善が必要であるが、可視光照射により発電することを確認できた。

1. はじめに

分極した強誘電体の両端に電極をつけ、光を照射すると定常的な起電力が発生する現象はバルク光起電力効果と呼ばれている¹⁾。この現象は太陽光発電の原理そのものであり、現行のシリコン系太陽電池のpn接合のような接合構造を作製することなくセラミックス単体で光エネルギーを電気エネルギーに替えられるため、製造工程の簡素化により安価な太陽電池を製造できる可能性がある。

強誘電体は一般に絶縁体であるため、バルク光起電力効果による光電エネルギー変換の効率は、半導体太陽電池と比較すると非常に小さいものである。太陽電池の性能指数として最も重要な発電効率を改善するためには、電気抵抗の小さい強誘電体を用いる必要がある。

ビスマス鉄複酸化物（化学式 BiFeO_3 、以下 BFO）は非常に大きな分極値を示す強誘電体として知られていると同時に、作製条件により絶縁性を低下させることが可能である。光起電力は分極値の増加に伴い増大することが知られているので、光照射により大きな起電力値を得ることができるものと考えられる。また、作製条件を制御することで電気伝導性を付与することができれば、光電エネルギー変換の効率の上昇につながると考えられる。

以上のことから、本研究では BFO 焼結体におけるバルク光起電力効果を測定し、BFO の太陽電池への応用の可能性を示す。

2. 実験方法

2.1 試料作製及び電気特性評価方法

BFO は Bi_2O_3 粉末及び Fe_2O_3 粉末の混合および焼成による固相合成では、第二相が析出しやすいことが知られている²⁾。そこで、非晶質粉末を出発原料として合成を試みた。具体的には、アンモニア水中に、モル比が $\text{Bi} : \text{Fe} = 1.02 : 1.00$ となるように調製した硝酸塩溶液を滴下し、生じた沈殿をろ過して集めた後、 105°C で乾燥させて 200°C で仮焼することで得られる粉末を出発原料として、 550°C で 3 時間焼成した。この粉末にグリセリンを成形助剤として添加してプレス成形（圧力 500 kg/cm^2 ）した後、 750°C で 3 時間焼成することでペレット状焼結体とした。得られた焼結体をメノウ乳鉢で粉碎し、X線回折測定（出力 450W ）により結晶相同定を行い、吸水率を JIS R 1634（真空法）で測定した。また、比誘電率及び体積抵抗率を JIS C 2141（電極付与方法は銀ペースト焼き付け）により測定した。

2.2 光起電力測定方法

ペレット状焼結体を $5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ のサイズに切り出し、 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ の両面に金を蒸着させた。蒸着させた金を電極として一定の電圧をかけて電荷を充電させた後、微小電流測定装置に接続し、電極部の電荷を放電させることで、両端に電極のついた分極した強誘電体 BFO を得た（図 1）。 $5\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ の面に He-Cd レーザー光（442nm、出力 300mW ）を照射して、印加電圧とそれによって誘起させる電流を測定することで、光起電圧（JIS C 8914 における開放電圧に相当）及び光起電流（JIS C 8914 における短絡電流に相当）を測定した。

*¹ 瀬戸窯業技術センター セラミックス技術室（現産業技術センター 環境材料室）

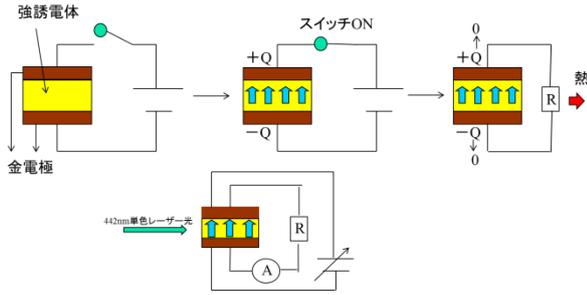


図1 バルク光起電力測定方法

3. 実験結果

3.1 試料の吸水率及び電気特性

図2に沈殿法により作製したペレット状焼結体（直径26mm）のX線回折測定結果を示す。観測された回折ピークから結晶相を同定したところ、焼結体中の結晶相はBFOのみであり、第二相による回折ピークは観測されなかった²⁾。

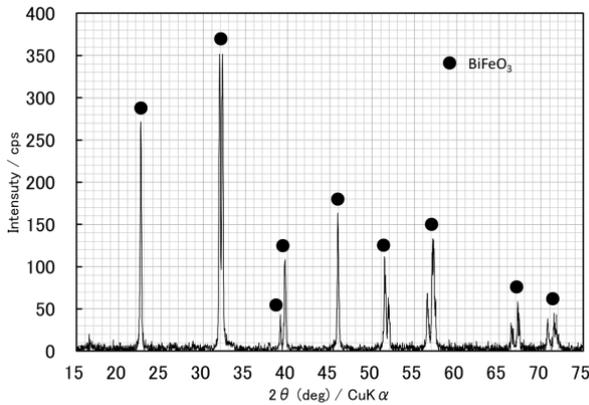


図2 BiFeO₃ 焼結体のXRDパターン

また、焼結体の吸水率は15.7%であり、比誘電率及び体積抵抗率は、それぞれ160及び $5.6 \times 10^6 \Omega \cdot \text{m}$ であった。

3.2 光起電力測定による変換効率算出

5Vの電圧で分極処理したBFO焼結体において、150mVの光起電圧及び $2.5 \times 10^{-9} \text{A}$ の光起電流を観測した(図3)¹⁾。光照射に用いたレーザーの出力を元に、変換効率を算出すると $1.3 \times 10^{-7} \%$ となる。

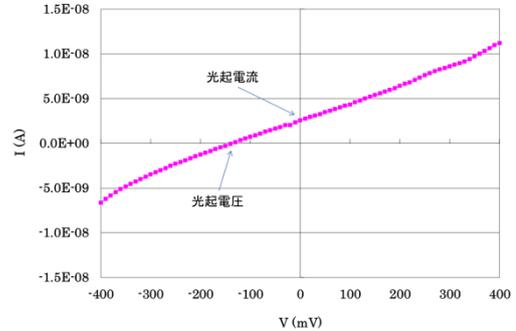


図3 バルク光起電力測定結果

現行のシリコン系太陽電池の変換効率が25%であることから、BFOを太陽電池として用いるためには、100万倍以上の変換効率の上昇が求められる。具体的な手法としては、①分極処理電圧の上昇及び②BFOの元素添加等による低抵抗化が挙げられる。

4. 結び

セラミックス技術により作製できる太陽電池材料として、ビスマス鉄複酸化物に着目した。沈殿法で原料を調製し、プレス成形した後に焼成してビスマス鉄複酸化物焼結体を得た。ここから光起電力測定用の試験体を切り出し、可視光照射により発電することを確認した。現行のシリコン系太陽電池と比較すると、変換効率の改善の必要がある。

文献

- 1) 佐田 透：窯業協会誌, **95**(5), 545~550(1987)
- 2) Y.P.Wang : Appl. Phys. Lett., **84**, 1731(2004)