

## 銀ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を利用した狭バンドギャップ 強誘電体薄膜の光誘起特性向上

坂本 渉\*

### Improvement of Photoinduced Properties of Narrow Bandgap Ferroelectric Thin Film Utilizing Localized Surface Plasmon Resonance of Silver Nanoparticles

Wataru Sakamoto\*

Recently, ferroelectrics with relatively small bandgap energy have been receiving much attention because of the characteristic photoinduced electrical responses under visible light irradiation. However, such photoresponsive materials have serious problems such as poor photoelectric conversion properties, especially low photocurrent. It revealed that incorporation of silver (Ag) nanoparticles in the film as a surface plasmon excitation agent is effective to enhance photocurrent of narrow bandgap ferroelectric (such as BiFeO<sub>3</sub>) thin films. The synthesized BiFeO<sub>3</sub> and Ag nanoparticle/BiFeO<sub>3</sub> thin films demonstrated rapid on/off responses of photocurrent to visible light. The Ag nanoparticle-embedded BiFeO<sub>3</sub> film exhibited a several times higher photocurrent than the BiFeO<sub>3</sub> film.

**Keywords:** Narrow bandgap ferroelectrics, Thin film, Ag nanoparticles, Photoinduced properties.

#### 1. 緒 言

近年、強誘電体酸化物における光起電力効果や光歪効果など、光により誘起される特性に注目が集まっている。通常、絶縁体である強誘電体酸化物では、そのバンドギャップの値を考慮すると、紫外光などエネルギーの高い光により種々の特性が発現することになる。しかしながら、BiFeO<sub>3</sub>に代表される酸化鉄系強誘電体は、多くの強誘電体酸化物の中でも比較的狭いバンドギャップ[1–3]を有しており、紫外光だけでなく可視光領域の光照射下でも光電流および光起電力を発生する[4,5]。一方、近年の電子デバイスの小型化・高集積化の進展に伴い、機能性材料の薄膜化はますます重要になっており、このような可視光応答型光電エネルギー変換材料を高集積エレクトロニクスデバイス（例えば、マイクロセンサシステムやセンサーネットワーク用の小型電源）などに応用するためには、望む特性を発現する高機能薄膜の作製が必要となる。最近、エピタキシャル BiFeO<sub>3</sub> 薄膜においてバンドギャップを超える大きな開回路電圧の発現が報告[5]されている。しかしながら、BiFeO<sub>3</sub>系薄膜は一般に光電流値が微弱であるという問題点もあり、この改善が大きな課題となっている。本稿では、狭バンドギャップ強誘電

体 BiFeO<sub>3</sub> 薄膜中に Ag ナノ粒子を複合化することで、BiFeO<sub>3</sub>の強誘電特性を維持しつつ Ag ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を利用した光電流増強に関する研究例[6]を示し、Ag ナノ粒子の複合化効果について議論したい。

#### 2. 狭バンドギャップ強誘電体薄膜への光照射により誘起される特性

##### 2.1 狭バンドギャップ強誘電体薄膜における光誘起特性の利用

強誘電体の光起電力効果はかなり以前より知られており、BaTiO<sub>3</sub>において発見[7]されてから約半世紀が経過している。また、本稿で中心となる BiFeO<sub>3</sub> は室温を含む広い温度域で強誘電性と（反）強磁性を同時に発現し、かつ常圧合成が可能なマルチフェロイック物質[8,9]であり、この物質に特徴的な物性および異なる物性間の相互作用を利用した新規デバイスへの応用が期待されている。近年、低消費電力の小型電子デバイスの進歩に伴い、その電源としての光や熱、振動など環境に存在するエネルギーから直接発電（電気エネルギーに変換）を行う環境発電[10]に注目が集まっており、様々な機構のエネルギーハーベスティング技術について研究が進められている。その中でも強誘電体材料が応用できるものは、特に薄膜化することで、シンプルな素子構造でのエネルギー変換が可能である。特に、狭バンドギャップ鉄酸化物系強誘電体は可視光照射により強誘電分極の存在に起因する特徴的な光電流・光起電力効果を発現する。バンドギャップエネルギーが比較的小さい BiFeO<sub>3</sub> (2.1~2.8 eV) [1–3,11]

2017年8月8日受付  
名古屋大学 未来材料・システム研究所  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya  
University  
(Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan)

\* Corresponding Author sakamoto@imass.nagoya-u.ac.jp