Ce ドープ $BiFeO_3$ 薄膜の光蓄電池の光電変換層への応用

Application of Ce-doped $BiFeO_3$ thin film to photoelectric conversion in photorechargeable battery

鹿児島大院 理工 ○(M1C)上野 清雅，的場 浩樹，野見山 輝明，堀江 雄二
Kagoshima Univ. ○(M1C) S. Ueno, K. Matoba, T. Nomiyama, Y. Horie
E-mail: k7828837@kadai.jp

1. はじめに

単一電極で光電変換と蓄電の機能を有する光蓄電池は小型の独立電源としての応用が期待されている．光電変換材には通常半導体材料が用いられるが，光起電力はフェルミ準位により決定されおおむね 1 V 以下である．そのため，この光起電力で充電できる蓄電材は限られており，現段階では光蓄電電荷量が小さいといった問題がある．一方，自発分極を有する強誘電体ではバンドギャップを超えて光励起された電子と正孔が自発分極による内部電界によって分離され，バンドギャップ以上の光起電力が得られることが知られている。実際に $BiFeO_3$(BFO)のエピタキシャル膜で約 7 V の光起電力と約 0.2 μA の光電流が得られている[1]．また，BFO に Ce をドープすることで自発分極が大きくなることも報告されている[2]．これらのことから，Ce ドープ $BiFeO_3$(BCFO)を光電変換材に用いることでリチウムイオンバッテリーで用いられているような優れた蓄電材を採用できるようになり，蓄電容量，サイクル特性，充放電効率などが向上する可能性がある．

そこで本研究では，光蓄電池の蓄電効率と蓄電エネルギーの向上のために，より大きな光起電力をもつ BCFO 薄膜を作製し，光蓄電池の光電変換層に応用することを目的とした．光蓄電池では受光面積を稼ぐ必要があることから、容易に大面積化が可能なゾルゲル法を用いた．

2. 実験方法

ゾルゲル法では出発原料に Bi，Fe，Ce の硝酸化物，溶媒に 2-methoxyethanol を用いて Ce のドープ量が 5 %になるように BCFO の前駆体溶液を調製した．その後，FTO/ガラス基板上にスピンコート(500 rpm, 3 sec ののち 4000 rpm，20 sec)を行った後に仮焼成(180 ℃，3 min)と本焼成(540 ℃，10 min)を行うことで薄膜を作製した．また，自発分極を促すために本焼成時に 20 kV/cm の電界をかけるポーリング処理を施した．

比較のために PLD 法によっても作製した．Bi，Fe，Ce の酸化物ターゲットを用い、波長 532 nm、フルーエンス 2.5 J/cm²、基板温度 500℃で FTO/ガラス基板上に作製した．作製した薄膜は XRD 測定によって評価し，ソーヤータワー回路での PE 曲線や疑似太陽光照射下での IV 曲線を測定し，表面や断面の様子は SEM を用いて観察した．

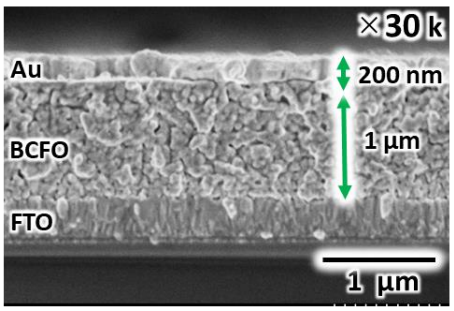

Fig. 1. Cross sectional SEM image of prepared sol-gel film

3. 結果と考察

Fig. 1 にゾルゲル法で作製した BCFO 膜の断面 SEM 像を示す．結晶粒サイズは 100 nm 程度で、粒界がかなり多い．粒界では分極方向とは逆向きの電界が生じるため粒界を減らすことが課題である．

Fig. 2 にゾルゲル膜の PE 曲線を示す．ポーリング処理を施したことにより自発分極が約 3 倍に大きくなったことが分かる．XRD 測定においても，ポーリング処理を施すことにより新たに(1 0 3)面の回折ピークが観測されたことから，ポーリング処理により結晶格子に歪みが生じ自発分極が大きくなったものと考えられる．また、ポーリング処理したものではわずかな光起電力と光電流が観測された．しかしながら、分極の大きさや光起電力はまだ小さく，改善の余地がある．講演では XRD 解析や IV 測定の結果などについても述べる．

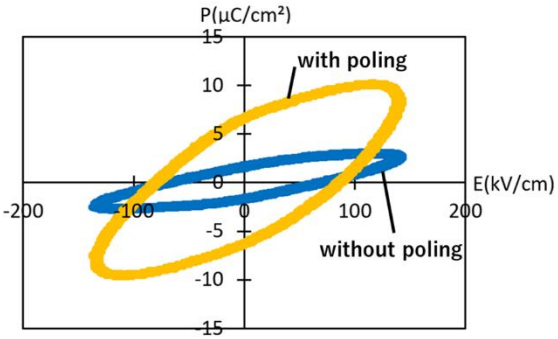

Fig. 2. Change of P-E curves of BCFO films with poling treatment

参考文献

[1] A. Bhatnagar et al., Nature Commun. 4 (2013) 2835.

[2] X.Wang et al., J. Sol-Gel Sci. Technol. 47 (2008) 124-127.