新規塗布法による高品質硫化ビスマス薄膜の作製と光電気応答

Preparation of high-quality Bi_2S_3 thin film by novel solution process and photoresponse

阪大院工[1], JST-さきがけ[2] ○(M2)西久保 綾佑[1], 佐伯 昭紀[1,2]

Osaka Univ.[1], JST-PRESTO[2], ○Ryosuke Nishikubo[1], Akinori Saeki[1,2]

E-mail: saeki@chem.eng.osaka-u.ac.jp

ビスマスは比較的安価・安全な元素であり、近年はビスマス系太陽電池の研究が注目を集めている[1,2]。我々は時間分解マイクロ波伝導度法(time-resolved microwave conductivity : TRMC)[3]による無機材料の高速スクリーニングから、硫化ビスマス(Bi_2S_3)が非常に高い過渡伝導度を示すことを見出した。Bi_2S_3 は 1.34 eV 程度と狭いバンドギャップを持つため[1]光応答材料として期待できる。一方、Bi_2S_3 は先行研究で量子ドット法などのいくつかの塗布による薄膜作製法が報告されているが、膜品質や結晶化度が低いため、材料本来の高い電荷移動度を反映した素子を作製することは困難であった。そこで、我々は独自の塗布プロセス(chemically-assisted spin-coat crystallization : CASC)プロセスを開発し、高い局所電荷移動度を実現し、物性評価から光応答素子の試作まで行った。

Fig. 1 に CASC 法と 4 種類の既存プロセス(Other1-4)により成膜した Bi_2S_3 の TRMC 過渡伝導度極大値(φ: キャリア生成効率、$\Sigma\mu$: ホールと電子移動度の和)を示す。この比較から、CASC 法と Other1 が同程度の高い信号を示すことが分かる。また、金電極を蒸着した薄膜素子の光過渡電流測定を行ったところ、CASC 法は他の既存プロセスで作製した Bi_2S_3 および代表的な光電変換材料である有機無機ペロブスカイト[4]や P3HT を上回った。さらに、定常光の疑似太陽光照射下での素子の電圧-電流特性を調べたところ、光伝導度・on/off 比ともに CASC 法で最も優れた結果が得られた(**Fig. 2**)。CASC 法で作製した Bi_2S_3 薄膜が高い光伝導性を示す理由として、大きな結晶が隙間なく並び結晶配向性が高いことが挙げられる(**Fig. 3**)。これらの特徴が材料本来の短距離―長距離キャリア輸送性能を引き出したと考えられる。以上の成果は光センサへの応用が可能であり、CdS フォトレジスタの代替として有望である。

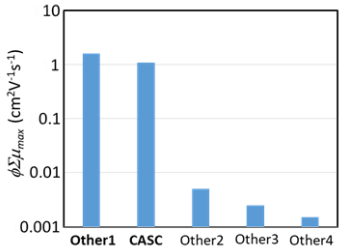

Fig. 1 $\phi\Sigma\mu_{max}$ of Bi_2S_3 thin film prepared by various methods.

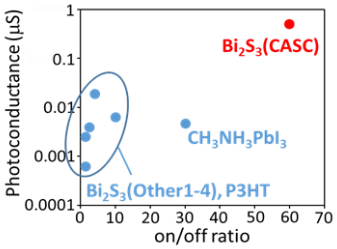

Fig. 2 Photoconductance and on/off ratio of various samples.

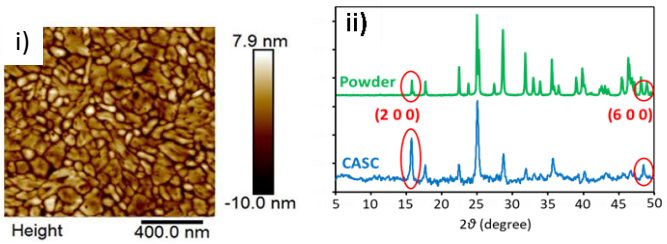

Fig. 3 i) AFM image and ii) XRD spectrum of a Bi_2S_3 thin film (CASC process). Reference XRD spectrum of powder is appended.

[1] A. J. MacLachlan, S. A. Haque *et al. Chem. Phys. Chem.* **2014**, *15*, 1019.
[2] M. Bernechea, G. Konstantatos, *et al. Nat. Photo.* **2016**, *10*, 521.
[3] R. Nishikubo, N. Ishida, Y. Katsuki, A. Wakamiya, A. Saeki *J. Phys. Chem. C* **2017**, *121*, 19650.
[4] R. Nishikubo, N. Tohnai, I. Hisaki, A. Saeki, *Adv. Mater.* **2017**, *29*, 1700047.

© 2018年 応用物理学会