

光音響法によるペロブスカイト単結晶の

表面再結合と熱物性の研究

Study of surface recombination and thermal properties of perovskite single crystal by using photoacoustic technique

電通大基盤理工¹, 九工大機械知能工²

○劉 東¹, 李 花², 李 玉勝², 丁 超¹, 豊田 太郎¹, 宮崎 康次², 早瀬 修二¹, 沈 青¹

Univ. of Electro-commun.¹, Kyushu Institute of Technology.²

°D. Liu¹, H. Li², Y. Li², C. Ding¹, T. Toyoda¹, K. Miyazaki², S. Hayase¹, Q. Shen¹

E-mail: shen@pc.uec.ac.jp

【緒言】ペロブスカイト (PVK) は優れた光吸収特性を持ち、溶液法で簡単に制作されることにより、次世代太陽電池材料として期待されている。現在、PVK 太陽電池のエネルギー変換効率は 25.7%に達成している^[1]。また、PVK を熱電材料としても注目されている^[2]。PVK を用いた太陽電池や熱電デバイスの更なる高効率化と安定化を実現するために、その熱物性や電子物性に関する基礎研究は必要かつ重要である。その中で、PVK の単結晶には結晶粒界がないため、これらの基礎物性の研究に相応しい材料だと思われる。一方、光音響 (PA) 法は光熱変換現象を利用した測定法であり、非接触、非破壊的に様々な半導体材料の熱物性と電子物性の評価に応用されてきた^[3]。本研究では、透過型 PA 法を用いて、単結晶 MAPbBr₃ と MAPbI₃ の熱拡散率と表面再結合速度を含めた各種電子物性の評価を行った。

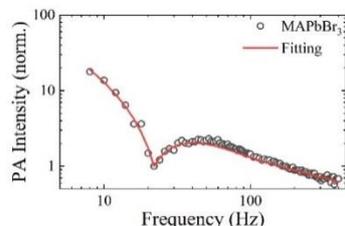


図 1 MAPbBr₃ 単結晶の PA 信号強度の変調周波数依存性

【実験】逆温度法と空間制限法を用い、厚さが 200 μm ぐらいの MAPbBr₃ と MAPbI₃ 単結晶薄膜を作製した。透過型 PA 測定では、それぞれ 450 nm と 775 nm の励起光を用いて、変調周波数 f を数 Hz から 400 Hz まで変化させ、PA の f 依存性を測定した。同時に、光吸収と蛍光スペクトルの測定も行った。

【結果と考察】図 1 に MAPbBr₃ 単結晶の PA 信号強度の f 依存性を示す。これまでの研究に基づいて^[3]、図 1 の実験結果を理論式より拡散係数 D 、厚さ L と熱拡散

表 1 図 1 の実験結果を理論式とフィッティングして得られた各種物性値。S: 表面再結合速度; τ : 過剰キャリア寿命; D: 拡散係数; L: 厚さ; Diffusivity: 熱拡散係数。

率 D_{th} が得られた。また、 L と D_{th} を別々に膜厚段差測定法とフラッシュ法で評価した結果も表に示したが、透過型 PA 法で得られた結果とよく一致する。表 1 示すように、本方法で得られた τ と D の結果は文献値とよく一致することも分かった^[4]。一方、表面再結合速度は先行研究の結果より小さいことが判明した^[5]。これは今回作製した単結晶の表面結晶性が向上した可能性が示唆される。以上の結果より、透過型 PA 法はペロブスカイト材料の熱物性と各種電子物性を同時に非破壊的に評価できる強力な手法であることが実証された。

	本研究	文献値
S (cm/s)	2322	3400 ^[5]
τ (μ s)	38	20 ^[4]
D (cm ² /s)	6.7	5.3 ^[4]
	本研究	膜厚段差計
L (μ m)	207	265
	本研究	フラッシュ法
Dth (cm ² /s)	0.003	0.0032

[1] <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>; [2] Xie et al. *J. Am. Chem. Soc.* 2020, 142, 20;

[3] Shen et al. *Jpn. J. Appl. Phys.* 39 (2000); [4] Fang et al. *Sci. Adv.* 2016, 2: e1600534; [5] Yang et al. *Nat Commun* 6, 7961 (2015)