

光熱ベンディング分光法による $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜の

光吸収スペクトル評価に関する基礎的研究

A Study on Optical Absorption Spectra of $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ Thin Films

for Defect Estimation by Photothermal Bending Spectroscopy

岐阜大工 °(M1)廣田 雄大, (M2)加藤 大貴, (B4)河原 康太, 吉田 憲充*, 野々村 修一

Gifu Univ. °Yuta Hirota, Hiroki Kato, Kouta Kawahara, Norimitsu Yoshida*, Shuichi Nonomura

E-mail: n-yoshi@gifu-u.ac.jp

有機無機ペロブスカイト材料は比較的低温で非真空なプロセスにより作製可能であり、高いエネルギー変換効率を有する太陽電池を実現するための材料候補の 1 つである。現在、22.1%の効率が報告されており[1]、さらなる効率の向上およびコストの削減が期待されている。しかし、ペロブスカイト太陽電池が高い変換効率を実現できる詳細な物性は明らかになっていない。この観点から本研究ではペロブスカイト材料における欠陥を評価するための手法を構築するために、共振型光熱ベンディング分光法(resonant-PBS) [2]を用いて $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜における光吸収スペクトルの測定を試みた。

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜は、基板温度 $\sim 80^\circ\text{C}$ にてスピンコーティング法を用いて 2 段階製膜法[3]により製膜した。基板には大きさ $2\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ 、厚さ 0.1 mm の無水合成石英ガラスを用いた。膜厚は $\sim 500\text{ nm}$ であった。

resonant-PBS による $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜における光吸収スペクトルの測定では、試料を光学クライオスタット中に保持し、真空中で室温にて測定を行った。光源にはハロゲン灯を用い、試料の曲げを検出するためのプローブ光には He-Ne レーザを用いた [2]。比較のために、フーリエ変換光電流分光法(FTPS)法による光吸収スペクトル測定も行った。

Figure に resonant-PBS で測定した $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ 薄膜の光吸収スペクトル α を示す(○ 印)。 $1.5\text{ eV} \sim 1.6\text{ eV}$ に $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ の吸収端が観測されていることがわかる。一方、本研究で用いた試料では $h\nu < 1.5\text{ eV}$ の領域に $\alpha \sim 10^2\text{ cm}^{-1}$ の吸収が観測された。現在、我々の resonant-PBS 装置の検出限界は $\sim 70\text{ cm}^{-1}$ であることから、この領域では $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ のバンドギャップ中に存在する局在状態に起因する光吸収が検出されていることが考えられる。なお、FTPS による光吸収スペクトル (図中の・印) は吸収端で $\sim 10^1\text{ cm}^{-1}$ までの単調変化を示しており、文献[4]と定性的に一致する結果を得た。

resonant-PBS は光熱変換分光法の一つであり、光励起キャリアの非輻射再結合による試料の温度上昇を信号として検出する方法 [2] である一方、FTPS では光励起キャリアを電場によって掃引して電極に到達する光電流を測定する。この測定機構の違いにより、 $h\nu < 1.5\text{ eV}$ におけるスペクトル形状に違いが生じたものと考えられる。このことより、resonant-PBS は有機無機ペロブスカイト材料におけるバンドギャップ中の局在準位評価に有用と思われる。

謝辞

FTPS は岐阜大学の伊藤貴司教授および Ms. Nur Syazwana Binti Abd Raf Ra さんにより行われた。感謝の意を表します。

[1] <https://www.nrel.gov/pv/> [2] T. Kunii *et al.*, Review of Scientific Instruments, 74 (2003) 881. [3] Burschka *et al.*, Nature 499 (2013) 316. [4] S. De Wolf *et al.*, J. Phys. Chem. Lett., 5 (2014) 1035

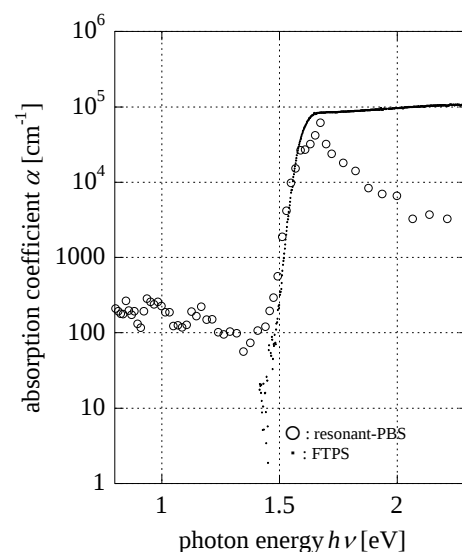


Figure Optical absorption spectra α of a $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ thin film measured by resonant-PBS (open circles) and FTPS (dots).