

ペロブスカイト太陽電池のヒステリシスと EUPS 評価の電荷捕獲中心密度

Hysteresis in perovskite solar cells and charge trap center density evaluated by EUPS

東大院総合文化¹⁾、産総研ナノエレ²⁾、長春理工大³⁾

高橋冴実¹⁾、石塚知明²⁾、松林信行²⁾、○富江敏尚^{2,3)}

Univ. Tokyo GSAS¹⁾, AIST NERI²⁾, CUST³⁾

S. Takahashi¹⁾, T. Ishitsuka²⁾, N. Matsubayashi²⁾, ○T. Tomie^{2,3)}

E-mail: toshihisa.tomie@gmail.com

(はじめに) 有機薄膜太陽電池においては、電圧の掃引方向により電流-電圧特性が異なるヒステリシスが見られる。ヒステリシスは太陽電池の効率低下の主要因になっている恐れもあるが、ヒステリシスの原因の解明は十分ではない。産総研で開発した薄膜・粉末の抵抗率分析法で、いくつかのペロブスカイト型太陽電池試料の評価を行ったところ、電荷捕獲中心密度とヒステリシスに良い相関が見られた。

(実験) 評価試料は、Si ウエハーの上に酸化チタン緻密層+酸化チタン多孔層を成膜し、その上に MAPbI₃ 層を成膜したもの、Cs あるいは K を混ぜて FAMAPbI_{2.5}Br_{0.5} 層を成膜したもの、などの8種類である。そのうちの5種類で、太陽電池特性を測定した。

産総研で考案・開発した EUPS¹⁾(極紫外光光電子分光法)は、パルス EUV 光で試料を励起して飛行時間法で電子分光する。このため、広いエネルギー領域の二次電子スペクトルが迅速に取得できる。光源輝度が極めて高くピーク電流が XPS の数桁も大きいため、極薄膜でも電圧降下が観測される。更には、レーザー生成プラズマを光源とするので、EUV 強度が容易に2-3桁変えられる。これらの特性により、二次電子スペクトルのカットオフ位置の電流(励起強度)依存が観測でき、その振る舞いから、抵抗率および、本講演で示す様に、電荷捕獲中心密度が議論できる²⁾。

(結果と考察) 図1および2に、2種の試料について、電流-電圧特性と、EUPS による抵抗測定の結果を示す。

ヒステリシスは、KFAMAPbI_{2.5}Br_{0.5} では極めて小さい(図1左図)が、MAPbI₃ では顕著(図2左図)だった。

EUPS による抵抗測定では、小さな励起強度から大きな強度への強度走査した測定を二回行って、数分以上の寿命の電荷捕獲中心の評価を行う。図1&2の右図に見るように、1回目と二回目で相違はなく、長寿命の電荷捕獲中心密度は大きくないことが分かる。

一方、強度依存の振る舞いは両試料で異なった。KFAMAPbI_{2.5}Br_{0.5} では帯電シフトは強度に比例したが、図2右図に見るように、MAPbI₃ では低強度での変化が大きく、MAPbI₃ に数秒以下の短寿命電荷捕獲中心が多く存在することを意味する。

測定したすべての試料で電荷捕獲中心密度とヒステリシスの度合いが良い相関にあったことから、ヒステリシスは電荷捕獲中心により引きこされる、と言える。

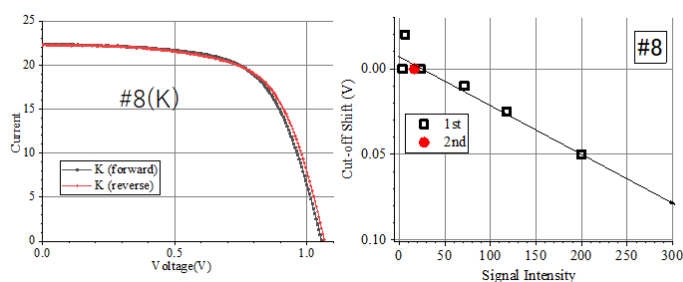


Fig.1 (left) Current-voltage curves of KFAMAPbI_{2.5}Br_{0.5} solar cell. (right) Cut-off position of secondary electron spectrum as a function of signal.

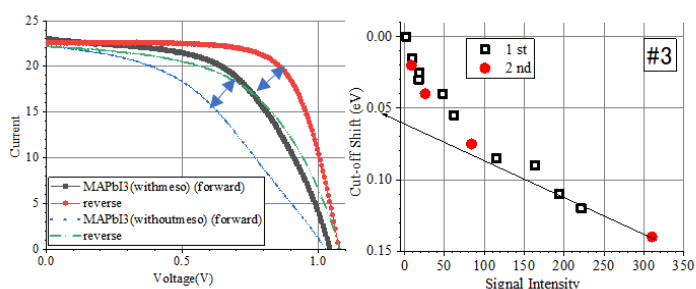


Fig.2. (left) Current-voltage curves of MAPbI₃ solar cells. (right) Cut-off position of secondary electron spectrum as a function of signal.

references

ref.1: T.Tomie and T.Ishitsuka, Synthesiology **9** (2016) 216

ref.2:石塚知明他 ;第 64 回応用物理学会 (2017 年春) 14p-316-14