

単色入射光を利用した Cu(In,Ga)(S,Se)₂ 太陽電池の再結合解析

Recombination analysis of Cu(In,Ga)(S,Se)₂ solar cells using monochromatic incident light

筑波大数理¹, ソーラーフロンティア², 陳敬東¹, 王生浩¹, Xia Hao¹, M. M. Islam¹, 加藤拓也², 杉本広紀², 秋本克洋¹, 櫻井岳暁¹

Univ.Tsukuba¹, Solar Frontier², Jingdong Chen¹, Shenghao Wang¹, Xia Hao¹, M.M.Islam¹, Takuya

Kato², Hiroki Sugimoto², Katsuhiko Akimoto¹, Takeaki Sakurai¹

E-mail: s1720405@s.tsukuba.ac.jp

【研究背景】

Cu(In,Ga)(S,Se)₂(CIGS_{Se})は化合物薄膜太陽電池として高い変換効率を示すが、複雑なデバイス構造のため、エネルギー損失箇所を特定するのが難しい。キャリア再結合の種類には、空乏層での再結合のほか、界面再結合、深い位置での少数キャリア再結合があり¹⁾、これらの再結合過程を分離し、解析するのは重要な研究課題である。本研究では、開放起電圧の照度依存性(Photon flux-Voc)を侵入長の異なる複数の単色光を用いて解析した結果を報告する。

【実験方法】

セレン化硫化法(SAS法)を用いて成膜したCIGS_{Se}薄膜にカリウム処理を施した試料について、太陽電池を作製した(glass/Mo/CIGS_{Se}/CdS/ZnO)。次いで、ZnO電極をフォトリソグラフィにより円形に加工し、レンズにより集光したλ= 500, 950 nmの高強度単色光(Fianium社製Supercontinuum光源)を照射して電流-電圧特性を測定した。このとき、NDフィルタを交換することで入射光子数を制御した。500 nmと950 nm単色光の侵入長はそれぞれ100 nmと700 nmと見積られる²⁾。

【結果・考察】

図 1(a)に開放起電圧の照度依存性を示す。これより、未処理の試料については 950 nm の単色光照射時の方が、500 nm 光照射時と比較して全般的に開放起電圧が低いことがわかる。これに対しカリウム処理を施した試料については、波長による開放起電圧差はほとんど見られなかった。この現象を理解するため、SCAPS-ID を用いて、再結合速度のシミュレーションを行った(図 2)。価電子帯上 0.7 eV ($E_V + 0.7$ eV)に存在する欠陥準位の状態密度を深さ方向に均一に $1.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ 、 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ とした際の再結合速度のシミュレーション結果を図 2(a)(b)に示す。 $1.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ の欠陥密度を設定した場合、再結合速度の深さ分布に入射光依存性が見られない(a)。一方、 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ の欠陥密度を設定したシミュレーション結果では、950 nm 単色光照射時のバルク再結合の速度上昇を確認した(b)。この結果は、開放起電圧の違いにも反映されていた。よって、カリウム処理には薄膜内部の欠陥密度を減少させ、光生成キャリアを有効に収集する効果のあることが示唆された。

【参考文献】 1) S.Grover et al., *APL* **103**, 093502(2013), 2) A.Gupta et al., *SOLMAT* **53**, 385-401 (1998).

【謝辞】 本研究は NEDO のサポートにより実施されており、関係各位に感謝する。

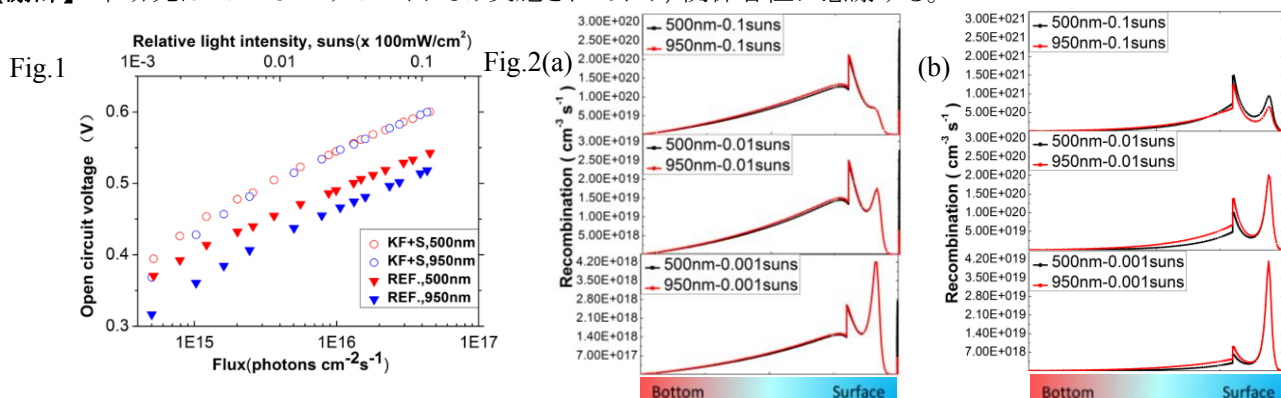


Fig. 1 Photon flux-V_{oc} curve. We convert photon flux of $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ to 1 sun.

Fig. 2 (a) SRH recombination rate in CIGS_{Se} absorber with a defect level DOS of $1.0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ under the relative light intensity from 0.1sun to 0.001sun and (b) the absorber with a defect level DOS of $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$