

P-KFM による CIGS 太陽電池における光励起キャリア再結合プロセスの評価 Recombination Processes of photocarriers in CIGS Solar Cells Investigated by P-KFM

東大生研¹, 東大ナノ量子機構², 立命館大理工³ ○龍 顯得¹, 中島 悠¹, 峯元 高志³, 高橋 琢二^{1,2}
IIS¹ & INQIE², The Univ. of Tokyo, Fac. Of Sci. and Eng., Ritsumeikan Univ.³

○Hyeondeuk Yong¹, Yu Nakajima¹, Takashi Minemoto³, and Takuji Takahashi^{1,2}

E-mail: yong@iis.u-tokyo.ac.jp

我々は、太陽電池材料の光起電力評価が可能な P-KFM (光照射ケルビン・プローブ・フォース顕微鏡) を CIGS [Cu(In,Ga)Se₂] 太陽電池に適用し、特に、照射光をオン・オフ変調した際の変調周波数と P-KFM で観測される時間平均起電力の関係を調べる独自の手法^[1]を用いて、光起電力の減衰時定数や、光励起キャリアの再結合プロセスの中で速い再結合が占める割合 r 等を調べている^[2-4]。今回は、それらの特性が CIGS 材料内の Ga 濃度に対してどのように依存するかを調べた結果について報告する。

本研究で用いた太陽電池は ITO/ZnO/CdS/CIGS/Mo/Glass の一般的な構造を有しており、CIGS 材料内の Ga/(In+Ga)の割合が 0.23、0.32、0.38、0.5 である 4 種類の試料 (試料 A~D) を用意した。これらの試料における光励起キャリアの再結合には、速いプロセスと遅いプロセスがあると我々は考えている^[2-4]。Fig. 1 は、4 つの試料における最大光起電力と、その中で速い再結合と遅い再結合で消滅するキャリアがそれぞれ寄与する割合を示している。このグラフからは、Ga 濃度が高いほど速い再結合の寄与率が増えていることがわかる。速い再結合は太陽電池の界面や結晶中にある欠陥等で生じると考えられることから、上記の結果は、Ga 濃度の上昇と共に結晶性が徐々に悪化していることを示唆している。実際、高 Ga 濃度の試料ほど変換効率が低下しており、よい対応関係が見られている。一方、Fig.2 は、試料 C における速い再結合が寄与する割合 r と入射光強度の関係を示している。このグラフより、弱励起下では光励起キャリアのほとんどが速い再結合プロセスで消滅しているのに対して、強励起になるに従ってその寄与率が低下していくことがわかる。このことは、速い再結合プロセスでキャリアが消滅するレートには上限があり、強励起下では空間的に十分に分離されたキャリアによる光起電力が支配的になっていると考えると理解できる。

本研究は、文部科学省イノベーションシステム整備事業および日本学術振興会科学研究費補助金によりサポートされた。

- [1] T. Takahashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **50**, 08LA05 (2011).
- [2] Y. Nakajima, et al., ICSPM19, S6-2 (2011).
- [3] 龍 顯得, 他, 2012 年秋季応物学会, 11p-H8-2 (2012).
- [4] H. Yong, et al., ICSPM20, S10-1 (2012).

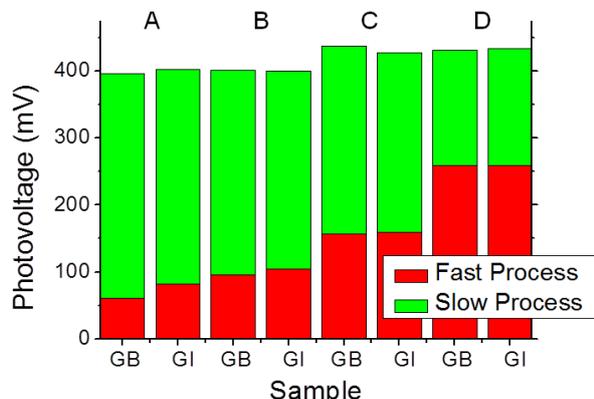


Fig. 1. Contribution ratio of fast and slow recombination processes in maximum photovoltage. (GB: Grain Boundary, GI: Grain Interior)

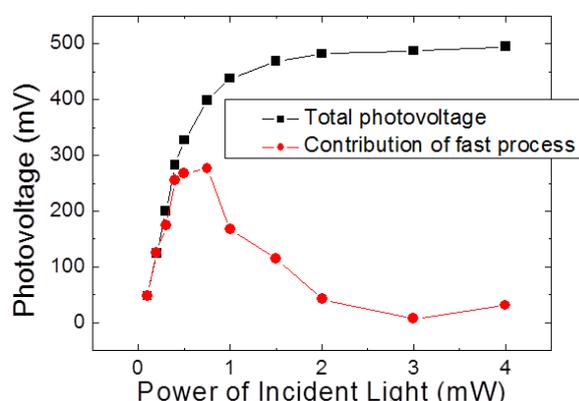


Fig. 2. Photovoltage and contribution of fast recombination process on Sample C as a function of incident power.