

Ga 組成の異なる CIGS 太陽電池上での P-KFM による 光励起キャリア再結合プロセスの評価

Photo-carrier recombination processes studied by P-KFM

on CIGS solar cells with various Ga contents

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, 峯元 高志³, 高橋 琢二^{1,2}

IIS¹ & INQIE², The Univ. of Tokyo, Coll. of Sci. and Eng., Ritsumeikan Univ.³

°Hyeondeuk Yong¹, Takashi Minemoto³, and Takuji Takahashi^{1,2}

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

我々は、光照射ケルビン・プローブ・フォース顕微鏡 (photo-assisted Kelvin probe force microscopy, 以下 P-KFM) において照射光をオン・オフ変調した際に観測される時間平均光起電力と変調周波数との関係から光起電力の減衰特性を調べる独自の手法^[1]を用いることにより、光励起キャリア再結合プロセスの解明に取り組んでいる。本研究では、CIGS[Cu(In,Ga)Se₂]中の Ga 組成と光励起キャリア再結合プロセスとの関連性や、それらの入射光強度依存性などを調べた。

本研究では、ITO/ZnO/CdS/CIGS/Mo/Glass の一般的な構造を有する CIGS 太陽電池において GIGS 材料中の Ga 組成 (=Ga/(In+Ga)) が異なる試料をいくつか用意した。これらの CIGS 太陽電池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]。そこで、それらの試料において、全体の光起電力の中で速い再結合プロセスで消滅する光励起キャリアが寄与する割合 r と遅い再結合の時定数 τ を P-KFM により測定し、Ga 組成による差異を調べるとともに、それらに対する入射光強度の関連性も調べた。

図 1 は Ga 組成が 0.23 および 0.5 の試料 1、2 における結晶粒界 (GB) 近傍と粒内 (GI) での速い再結合の割合 r を示す。この図から、Ga 組成が高い試料では速い再結合の割合が増えていることがわかる。ここで、速い再結合は CIGS 領域内もしくは CIGS-CdS 界面付近で生じていると我々は考えており、また、このような再結合は定常的な光照射時でも生じていると考えられることから、 r の大きな試料では再結合損失が大きくなっていることが予想される。実際、試料 2 では変換効率の低下が見られており、この解釈と矛盾しない。一方、GB と GI での r については、試料 2 ではほとんど差がないのに対して、試料 1 では両者に差が見られる。これは、GB 付近での内蔵電界による電子・正孔の空間分離効果^[3]が試料 1 では顕著であるのに対して、その効果が Ga 組成の増加に伴って低下していることによるものと考えている。

また、両試料において、入射光強度を高めるに従って r の値が徐々に小さくなることがわかった。強励起状態では、表面 n 型層 (ITO/ZnO 層) への電子蓄積量が増加し、相対的に CIGS 領域内に留まる電子の割合が減少するはずである。従って、そのような r の減少は、速い再結合プロセスが CIGS 領域内もしくは CIGS-CdS 界面付近で生じている、という我々の解釈を支持するものである。

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。

参考文献

- [1] T. Takahashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **50**, 08LA05 (2011).
- [2] H. Yong, et al., *Proc. 39th PVSC*, 1470 (2013).
- [3] Takihara, Masaki, et al., "*Prog. Photovolt: Res. Appl.*", **21**, 595 (2013).

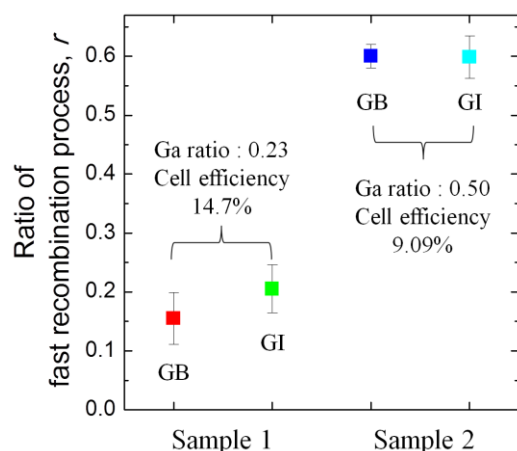


図 1. 試料 1,2 での速い再結合の割合 r を結晶粒界と粒内で測定した結果