

P-KFM による CIGS 太陽電池の光起電力測定と照射光波長依存性

Photovoltaic Measurements on CIGS Solar Cells by P-KFM

under Incident Light with Various Wavelengths

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、太陽電池材料の光起電力評価が可能な光照射ケルビン・プローブ・フォース顕微鏡 (photo-assisted Kelvin probe force microscopy, 以下 P-KFM) を CIGS 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光起電力の関係を調べる独自の方法^[1]を用いて、光励起キャリアの再結合プロセスなどの解析を行っている。本研究では、照射フォトン数が等しくなるように光強度を調整しながら、760, 800, 840, 880, 920nm の各波長での光起電力を測定した。図 1, 2 は、試料 A, B [Ga/(In+Ga)比が 0.23 および 0.50] における各照射光波長に対する光起電力、および光起電力減衰の時定数の中で最も長い成分を、それぞれ、まとめたものである。両図の横軸は、波長の代わりにフォトンエネルギーとした上で、各試料の最小バンドギャップ値からの超過分として正規化している。図 1 で見られるエネルギーの超過分が小さい領域でのフォトンエネルギーの増加に伴う光起電力の増加は、フォトンエネルギーが高くなるに従って光侵入長が短くなることによって、表面 (p-n 接合部) により近い領域で光励起キャリアが生成されるようになることと、三段階共蒸着法で作製された CIGS に特有の V 字型バンドグレーディングのために光励起キャリアの生成量自体も徐々に増加すること、によって説明できる。エネルギー超過分が約 0.3 eV を超えた領域での光起電力の低下についても、V 字型バンドグレーディングと関連している可能性を考えている。一方、図 2 に示す時定数は、ITO/ZnO 側に存在していた電子が CIGS 側に移動し、その後、CIGS 中の正孔と出会って再結合する、という二段階のプロセスに要する時間であると考えている。試料 B では、CIGS の伝導帯下端の上昇のために前者の移動プロセスの確率が低下し、試料 A よりも時定数が長くなっていると考えられる一方で、両試料ともに、照射光に対する侵入長の減小に伴って正孔の分布がバッファ層との界面付近に集中するために、CIGS 中に戻ってきた電子との再結合確率が増大 (時定数が減少) する、と考えると、図 2 の傾向は説明できる。

参考文献

- [1] T. Takahashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **50**, 08LA05 (2011).

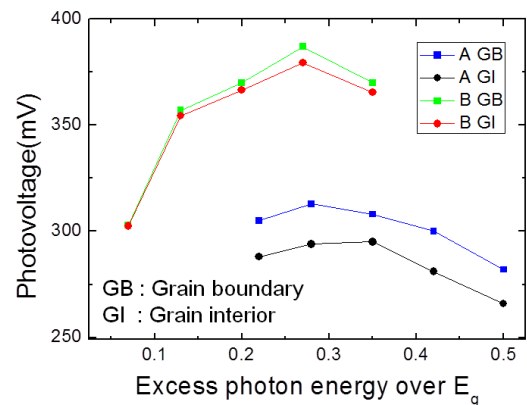


図 2. 光起電力と照射光フォトンエネルギーとの関係

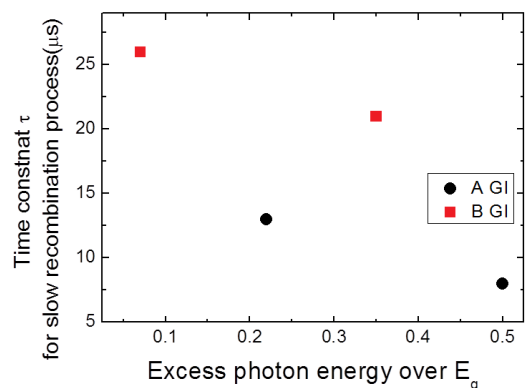


図 1. 遅い再結合の時定数 τ と照射光フォトンエネルギーとの関係