

Cu(In,Ga)Se₂ 薄膜試料における超高速光キャリアダイナミクスUltrafast photocarrier dynamics in Cu(In,Ga)Se₂ thin films京都大学・化学研究所¹, 筑波大学・数理物質科学研究科²,産業技術総合研究所・太陽光発電工学研究センター³, JST-CREST⁴○岡野 真人¹, 高林 悠太郎², 櫻井 岳暁², 秋本 克洋², 古江 重紀³, 柴田 肇³, 仁木 栄³, 金光 義彦^{1,4}Institute for Chemical Research, Kyoto Univ.¹, Institute of Applied Physics, Univ. of Tsukuba²,Research Center for Photovoltaic Technologies, AIST³, JST-CREST⁴, ○M. Okano¹,Y. Takabayashi², T. Sakurai², K. Akimoto², S. Furue³, H. Shibata³, S. Niki³, Y. Kanemitsu^{1,4}

E-mail: okano.makoto.4a@kyoto-u.ac.jp

Cu(In_{1-x}Ga_x)Se₂(CIGS) は直接遷移型半導体であり、非常に大きな吸収係数を持つことからフレキシブルな薄膜太陽電池材料として大きく期待されている。また、In と Ga の組成を変化させることによってバンドギャップエネルギーを 1.0 – 1.7 eV の範囲で制御可能であり、太陽光スペクトルに対して最適化することも比較的容易である。CIGS 薄膜太陽電池は研究室レベルでは光電変換効率 20% を超えており [1]、既に実用化もされている。現在でも更なる高効率化に向けて作製方法の改善などが精力的に行われているが、その一方で基礎物性については不明な点も多い。なかでも、光によって生成されたキャリアがどのように緩和し、高い変換効率を生じているかについての議論は発光ダイナミクス測定の報告以外にはほとんどない [2, 3]。発光ダイナミクスは少数キャリアの緩和を反映しやすいため、併せて過渡吸収ダイナミクスを測定することによって、光キャリアダイナミクスの全貌を理解することができる。

そこで我々は、三段階法及び同時蒸着法によって作製された CIGS 薄膜試料に対して、フェムト秒パルスレーザーを用いた過渡吸収ダイナミクス測定を行った。今回用いた薄膜試料は全て光電変換効率が良い Ga 組成 $x \sim 0.4$ 、バンドギャップエネルギー ~ 1.2 eV のものである。透過光が十分な強度となるように、膜厚が 200 及び 400 nm の比較的薄い試料を用いた。このような試料に対してポンプ光エネルギーを 1.91 eV に固定し、プローブ光エネルギーを 0.8 – 1.0 eV の範囲で掃引して過渡吸収ダイナミクスを測定した。その結果、0.8 – 0.95 eV の範囲で Photobleaching の信号が得られ、その緩和寿命は 5 ps 程度であった。Photobleaching の信号は準位の存在を示唆しており、0.8 eV に欠陥に由来する準位があるという過渡光容量測定の報告とも矛盾しない結果である [4]。また、0.3 ps 程度の初期の立ち上がり時間を観測した。これは、バンド端から欠陥準位へのキャリア緩和が比較的遅いことを示している。講演では、バンド端近傍の過渡吸収及び発光ダイナミクスと併せ、異なる条件で作製した CIGS 薄膜試料における光キャリアダイナミクスについて議論する予定である。

本研究は公益財団法人住友電工グループ社会貢献基金、JST-CREST の助成を受けて行われた。

- [1] P. Jackson, D. Hariskos, E. Lotter, S. Paetel, R. Wuerz, R. Menner, W. Wischmann, and M. Powalla, Prog. Photo. Res. Appl. **19**, 894 (2011).
- [2] W. K. Metzger, I. L. Repins, M. Romero, P. Dippo, M. Contreras, R. Noufi, and D. Levi, Thin Solid Films **517**, 2360 (2009).
- [3] T. Sakurai, K. Taguchi, M. Monirul, S. Ishizuka, A. Yamada, K. Matsubara, S. Niki and K. Akimoto, Jpn. J. Appl. Phys. **50**, 05FC01 (2011).
- [4] J. T. Heath, J. D. Cohen, W. N. Shafarman, D. X. Liao, and A. A. Rockett, App. Phys. Lett. **80**, 4540 (2002).