

17a-F8-4

Cu(In,Ga)Se₂ 薄膜試料におけるフェムト秒ホットキャリアダイナミクスFemtosecond hot-carrier 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, 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, 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) は可視光領域から近赤外領域まで大きな吸収係数を持っており、作製が比較的容易な多結晶構造において高い変換効率を実現できることから、実用的な薄膜太陽電池材料として精力的に研究されてきた。実際、薄膜太陽電池としては世界最高の値である 20% 以上の光電変換効率が CIGS 薄膜太陽電池において実現されている [1]。さらに、四元混晶構造であることから組成を変化させることでバンドギャップエネルギーを太陽光スペクトルに対して最適化できるという利点も有している。その有用性から、多結晶構造において重要な役割を果たす欠陥や結晶粒界の影響を含めて幅広く基礎的な物性が研究されてきた一方で、光生成されたキャリアのエネルギー緩和及び再結合ダイナミクスに関しては明らかになっていない点も多い。再結合ダイナミクスは主に発光ダイナミクスによって調べられてきたが [2]、今回我々は過渡吸収ダイナミクスを併用することによって光キャリアダイナミクスの全貌を明らかにすることを試みた。

今回用いた試料は同時蒸着法によって作製された膜厚 200 nm の CIGS 薄膜試料である。透過配置で過渡吸収ダイナミクスを測定するために典型的な太陽電池材料よりも膜厚を一桁程度薄くし、ソーダライムガラス基板の上に直接 CIGS 層を成膜した。表面酸化の影響を調べるために CdS 層を成膜したものとしていないものの 2 種類の試料を作製した。このような試料に対してプローブ光とポンプ光のエネルギーをバンドギャップエネルギーである 1.27 eV に固定し、バンド端における過渡吸収ダイナミクスのポンプ光強度依存性を調べた。弱励起条件下では 10 ps 程度の非常に速い緩和成分と 2 ns 程度の比較的遅い緩和成分を観測した。これらの緩和成分の信号強度はポンプ光強度に対して線形に増加した。一方、ポンプ光強度の増加とともに現れる 100 ns 程度の緩和成分の信号強度はポンプ光強度の二乗に比例して増加することがわかった。これらの緩和成分の起源をポンプ光強度依存性や発光スペクトル及びダイナミクスとの比較から同定した。その結果、寿命が速い方からドナー準位への緩和、バンド間のキャリア再結合、ドナー準位と価電子帯間のキャリア再結合に対応していることが明らかになった [3]。講演では、ポンプ光エネルギー依存性から CIGS 薄膜試料におけるホットキャリアの緩和ダイナミクスについても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ものである。

- [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] T. Sakurai, K. Taguchi, M. Monirul, S. Ishizuka, A. Yamada, K. Matsubara, S. Niki and K. Akimoto, Jpn. J. Appl. Phys. **50**, 05FC01 (2011).
- [3] M. Okano, Y. Takabayashi, T. Sakurai, K. Akimoto, H. Shibata, S. Niki, and Y. Kanemitsu, submitted