

立 S22-16

CIS 系太陽電池における CuInS_2/Mo 引き剥がし界面の XAFS による 化学状態分析

Chemical Analysis of detached interface layer of CuInS_2/Mo by XAFS

阿部 泰宏^a, 長田 晋太郎^b, 深水 昇平^b, 小田 雄介^a, 峯元 高志^a,
中西 康次^c, 太田 俊明^c, 高倉 秀行^b

Yasuhiro Abe^a, Shintaro Osada^b, Shohei Fukamizu^b, Yusuke Oda^a, Takashi Minemoto^a,
Koji Nakanishi^c, Toshiaki Ohta^c, Hideyuki Takakura^b

^a立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構, ^b立命館大学 理工学部,
^c立命館大学 SR センター

^aRitsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University,

^bCollege of Science and Engineering, Ritsumeikan University, ^cThe SR Center, Ritsumeikan University

CuInS_2 系半導体はタンデム型太陽電池の上部太陽電池の光吸収層として注目されている。我々はその上部太陽電池の作製方法としてリフトオフ法に注目しているけれども、 CuInS_2 層の引き剥がしについて十分に調べられていない。本研究では CuInS_2 層の引き剥がした時どこから引き剥がれるのか調査した。我々の結果は、 $\text{CuInS}_2/\text{MoS}_2$ 界面で、もしくは界面 MoS_2 層が割れることで CuInS_2 層が引き剥がれることを示唆する。

CuInS_2 -based semiconductors are a promising absorber layer for an upper solar cell of a tandem structure solar cell. Although we focus on the lift-off process as a fabricating process of the upper solar cell, the transfer of a CuInS_2 layer has not been sufficiently investigated yet. In this study, we investigated where a $\text{CuInS}_2/\text{Mo}/\text{SLG}$ structure was separated, when the transfer of a CuInS_2 layer was performed with the lift-off process. Our result suggested that the CuInS_2 layer was detached at the $\text{CuInS}_2/\text{MoS}_2$ interface or with accompanying the breaking of the interfacial MoS_2 layer.

Keywords: Solar cell, Lift-off process, S K-XANES, Superstrate, CuInS_2

背景と研究目的: PV2030+によれば、 CuInSe_2 系カルコパイライト型半導体の太陽電池では 2017 年に変換効率 25% が求められている。それを実現する候補としてタンデム型太陽電池が検討されている。 CuInS_2 は In を Al に置き換えることで禁制帯幅を 1.5~3.5 eV に制御できるので、我々はタンデム型太陽電池の上部セルの光吸収層として注目している [1]。 CuInSe_2 系太陽電池の場合バッファ層等の耐熱温度に問題があり、高効率上部セルの作製に工夫が必要である。我々は CuInS_2 系を用いた上部セルの準備・作製方法としてリフトオフ法に注目している。これまで CuInSe_2 系をリフトオフ法で引き剥がした報告はあるが [2]、 CuInS_2 系は報告されていない。

本研究では始めに $\text{Mo}/\text{ソーダライムガラス}$ (SLG) 基板上に堆積した CuInS_2 層の引き剥がしについて報告する。その後、サブストレート型太陽電池をリフトオフ法で引き剥がす

ことによって作製したスーパーストレート型太陽電池について報告する。特に XAFS 測定を行った目的は、 CuInS_2 層の引き剥がしを行ったことで、どこから引き剥がれたのかを解明することである。

実験: リフトオフ試料の作製プロセスを述べる。SLG 基板上に RF マグネトロンスパッタ法で Mo を堆積する。その後、高真空多元蒸着装置を用いて CuInS_2 を同時蒸着法で堆積した。そして CuInS_2 表面に紫外線硬化接着剤を用いて代替 SLG を接着し、上部 SLG と下部 SLG を摘んでリフトオフ処理を行った。

次にスーパーストレート型太陽電池の作製方法を説明する。上述したプロセスで $\text{CuInS}_2/\text{Mo}/\text{SLG}$ 構造の作製した後、シアン化カリウム水溶液で CuInS_2 層を洗浄し、化学析出法で CdS を堆積した。その後、RF マグネトロンスパッタ法で ZnO と In_2O_3 : Sn を堆積した。取り出し電極として Al/NiCr を堆積した。この

サブストレート型太陽電池の表面に紫外線硬化接着剤を用いて代替SLGを接着し、リフトオフ処理を行った。最後にCuInS₂裏面にCペーストを塗布することで裏面電極を形成し、スーパーストレート型太陽電池が完成した。

引き剥がし処理によってどこから引き剥がれたかを解明するため、剥がれた面の斜入射X線回折法 (GIXRD) とXAFS測定を行った。XAFS測定は立命館大学 SRセンター BL-10にて実施した。分光結晶にはGe(111)を用い、全電子収量法でSのK吸収端XANES測定を行った。

結果および考察： 図 1 に引き剥がしを行った試料のCuInS₂ 裏面側とMo側のGIXRDパターンを示す。CuInS₂ 裏面側ではCuInS₂ のから得られる回折ピークのみが検出され、Mo側からはMoの回折ピークのみが検出された。GIXRDの結果からは、MoとCuInS₂ の界面で引き剥がれが生じたと解釈できる。

図 2 に CuInS₂ 裏面側と Mo 側の S K 吸収端スペクトルを示す。比較のため、高純度 MoS₂ 試薬の結果も示す。Mo 側の表面から MoS₂ による S の K 吸収端スペクトルのみが認められる。この結果より、CuInS₂/MoS₂ 構造の引き剥がしは、CuInS₂/MoS₂ 界面で引き剥がれた、もしくは MoS₂ が割れることで引き剥がれたことを示唆する。もし、CuInS₂ が割れることで引き剥がれていたならば、リフトオフ法を用いた CuInS₂ 層の移乗において、CuInS₂ 膜厚の制御が困難になると推測される。従って、この結果はリフトオフ法が CuInS₂ 層の移乗にも有効であることを示している。今回の XANES 測定だけでは、CuInS₂ 裏面側に極薄 MoS₂ 層が存在するのかは解明できないので、今後 X 線光電子分光法で詳細に CuInS₂ 裏面側の組成や化学結合状態の分析を行いたいと考えている。

図 3 にサブストレート型太陽電池を引き剥がすことで作製したスーパーストレート型太陽電池の電流密度-電圧 (J - V) 特性を示す。本 J - V 特性は AM1.5G、入射光強度 100 mW/cm²、25°C の条件で行った。リフトオフ処理前のサブストレート型太陽電池で変換効率 (Eff.) は 5.1% であり、リフトオフ法を用いたスーパーストレート型太陽電池では変換効率 5.0% が得られている。この結果より太陽電池性能を顕著に劣化させない引き剥がし法が確立できたと言える。

文 献

[1] Y. Oda, T. Kondo, S. Fukamizu, T. Minemoto, and H. Takakura, RENEWABLE ENERGY 2010 Proc., p. P-Pv-68 (2010).

[2] T. Aneqawa, Y. Oda, T. Minemoto, and H. Takakura, J. Crystal Grow. **311**, 742 (2009).

論文・学会等発表 (予定)

[1] 阿部泰宏, 長田晋太郎, 深水昇平, 峯元高志, 中西康次, 太田俊明, 高倉秀行, 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会 (口頭発表)

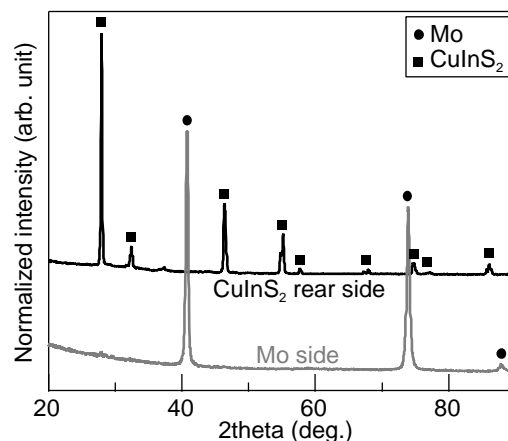


Fig. 1. GIXRD patterns of CuInS₂ rear and Mo sides

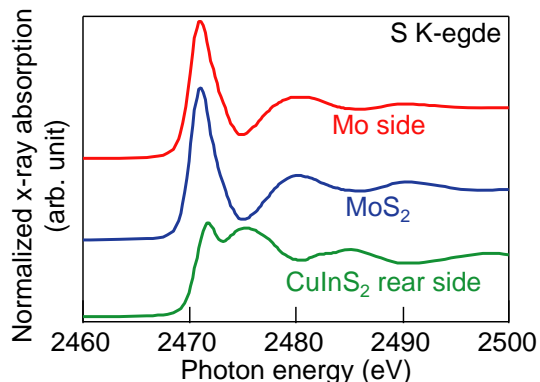


Fig. 2. Observed S K-edge XANES Spectra

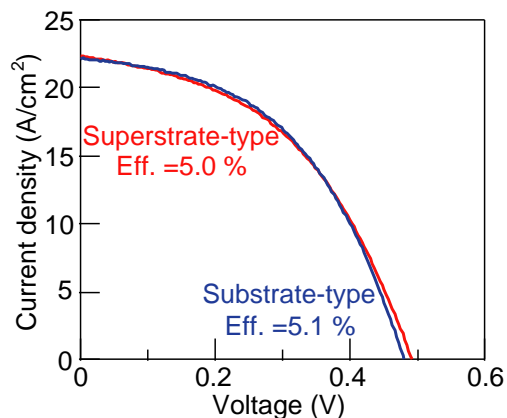


Fig. 3. J - V characteristics of superstrate-type and substrate-type CuInS₂ solar cells