

立 S23-07

高効率 Cu(In,Ga)Se₂ 太陽電池における ZnO/CdS 界面の 化学結合状態評価 (2)

Chemical analysis of ZnO/CdS interface in Cu(In,Ga)Se₂ solar cell (2)

阿部 泰宏^a, 中西 康次^b, 峯元 高志^a, 太田 俊明^b, 高倉 秀行^c
Yasuhiro Abe^a, Koji Nakanishi^b, Takashi Minemoto^a, Toshiaki Ohta^b, Hideyuki Takakura^c

^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 SR センター,
^c立命館大学 理工学部

^aRitsumeikan Global Innovation Research Organization, Ritsumeikan University,
^bThe SR Center, Ritsumeikan University, ^cCollege of Science and Engineering, Ritsumeikan University

高スループットな薄膜堆積方法であるスパッタ法は、薄膜太陽電池の作製において、主に ZnO 窓層や透明導電膜の堆積に使われている。スパッタ法は蒸着物のエネルギーが高いため、下部層へのダメージや界面層の形成が懸念される。本研究で我々は ZnO/CdS 界面の化学結合状態や結晶構造を調べた。その結果、ZnO/CdS 界面に硫酸化合物が形成していることを見出した。一方、CdS 表面部の結晶性の顕著な変化は認められなかった。

In the fabrication of thin film solar cells, a sputtering method is mainly used for depositing ZnO window and transparent conductive oxide layers because of high throughput. There are concerns such as degradation of an underlayer and formation of an interface layer due to the high energy deposition of a target material in the sputtering method. In this study, we investigated the local structures such as chemical bonding state and crystal quality at the ZnO/CdS interface. We found that a sulfated compound formed in the vicinity of the ZnO/CdS interface. On the other hand, remarkable change was not observed in the crystal quality of the surface part of the CdS layer.

Keywords: Sputtering, XANES, Interface, Solar cell, ZnO, CdS, ion implantation

背景と研究目的: 太陽光発電を普及させるために、太陽電池の高効率化と発電コストの低下が求められている。特に Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) 薄膜太陽電池は省原料の点で有利であり、盛んに研究が行われている。

一方、スパッタ法は高スループットな薄膜堆積方法であることから、薄膜太陽電池の作製プロセスで広く用いられている。スパッタ法はクヌーセンセルや電子ビームを用いた蒸着法よりも蒸着物のエネルギーが高いため、下部層へダメージや界面層の形成が懸念される。CIGS 薄膜太陽電池作製において、スパッタダメージが変換効率低下を引き起こしていると提案した報告があるが [1]、スパッタダメージによる下部層の物理的な変化は明らかになっていない。

一般的な CIGS 薄膜太陽電池は透明導電膜 (TCO)/ZnO/CdS/CIGS/Mo/SLG 構造となっており、ZnO 窓層や TCO 層の堆積にスパッタ法が用いられている。しかし、ZnO/CdS 界面

におけるスパッタダメージや界面層の形成について調査した報告はない。我々はこの ZnO/CdS 界面構造の評価方法として XAFS に注目した。本研究では ZnO/CdS 界面の化学結合状態と結晶構造を調べた。

実験: 図 1 に本研究で作製した試料構造を示す。RFマグネトロンスパッタ法でソーダライムガラス基板上に 800 nm の Mo 層を堆積した。続いて、3 段階法を用いて 2.5 μm の CIGS 層を堆積し [2]、その後、化学析出法を用いて 100 nm の CdS 層を堆積した [図 1(a)] [3,4]。膜厚 18 ~ 63 nm の ZnO 層を高周波マグネトロンスパッタ法で堆積した [図 1(b)]。CdS 層のアモルファス化として、S イオン注入を行った。注入エネルギーは 70 keV、注入量は $8.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ とした。イオン注入中は試料の温度上昇を防ぐため、試料を裏面から水冷システムで冷やした。このように作製した試料について硫黄 (S) K 吸収端 XAFS 測定を行った。XAFS

測定は立命館大学SRセンター BL-10 で実施した。XAFS測定において、分光結晶はInSb(111)を用いた。測定はシリコンドリフト検出器を用いた部分蛍光収量法 (PFY) 法と試料電流を用いた全電子収量法 (TEY) 法の2モード同時測定にて行った。

結果および考察： ZnO膜厚を18~44 nmに変化させた試料に対するS K吸収端XANESスペクトルを図2に示す。比較のためZnO層を堆積していない試料とアモルファスCdS試料の結果も合わせて示す。ZnO/CdS界面について調査するため、ZnOを堆積した試料は表面敏感なTEY法で得た結果を示している。ZnO層が厚くなるにつれて2472 eV近傍のピーク強度が減少している。一方、Sイオン注入を行った試料はピーク強度が最も小さく、さらにXANESスペクトルが全体的にブロードになっている。アモルファスCdS試料とZnO膜厚が44 nmの試料のスペクトルを比較する。ZnO膜厚が44 nmの試料では、2482 eV近傍に新しいピークが認められるが、スペクトルのブロードニングは認められない。2482 eV近傍に認められる吸収はSO₄成分によるものと考えられ、ZnO/CdS界面にSO₄成分が存在することが分かる。一方、ZnO/CdS界面近傍のCdS層はアモルファス化については検出できなかった。

文献

- [1] S. Shimakawa, Y. Hashimoto, S. Hayashi, T. Satoh, and T. Negami, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **92** (2008) 1086.
- [2] T. Negami, T. Satoh, Y. Hashimoto, S. Shimakawa, S. Hayashi, M. Muro, H. Inoue, M. Kitagawa, Thin Solid Films **403-404** (2002) 197.
- [3] M. Froment, M. C. Bernard, R. Cortes, B. Mokili, D. Lincot, J. Electrochem. Soc. **142** (1995) 2642.
- [4] I. O. Oladeji, L. Chow, J. Electrochem. Soc. **144** (1997) 2342.

論文・学会等発表 (予定)

- [1] 阿部 泰宏 小松 新, 野平 博司, 中西 康次, 峯元 高志, 太田 俊明, 高倉 秀行, 2012年春季 第59回 応用物理学関係連合講演会 (口頭発表)

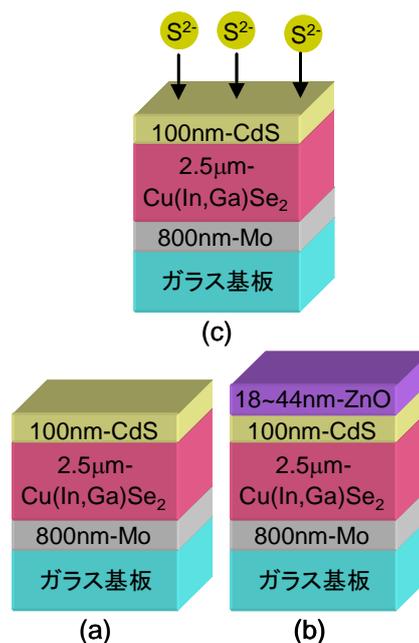


Fig. 1. Sample structures.

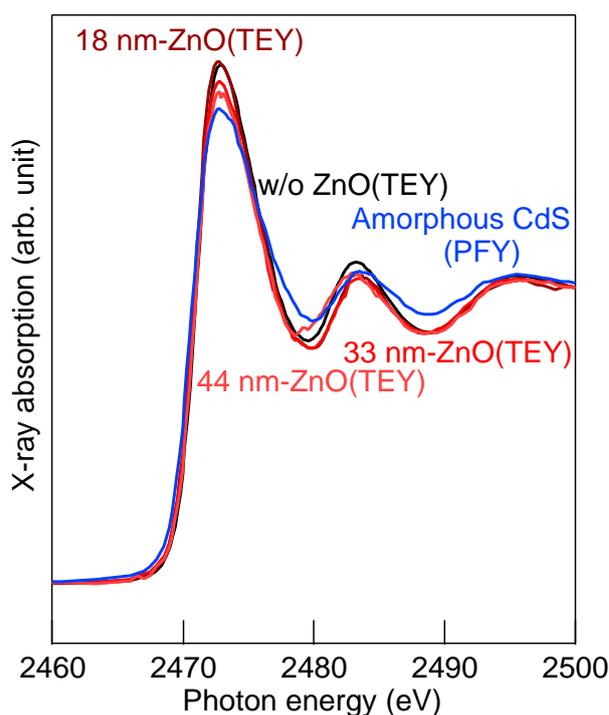


Fig. 2. S K-edge XANES spectra.