

レーザースクライブによる CIGS 太陽電池の熱処理効果

Effect of post annealing on Cu(In, Ga)Se₂ solar cells fabricated by laser scribing

○西永慈郎、佐藤正健、奈良崎愛子、新納弘之、高田英行、鳥塚健二、
上川由紀子、石塚尚吾、柴田肇、仁木栄 (産総研)

○Jiro Nishinaga, Tadatake Sato, Aiko Narazaki, Hiroyuki Niino, Hideyuki Takada, Kenji Torizuka,
Yukiko Kamikawa, Shogo Ishizuka, Hajime Shibata, Shigeru Niki (AIST)

E-mail: jiro.nishinaga@aist.go.jp

はじめに: CIGS 太陽電池モジュールはレーザースクライブ (LS) とメカニカルスクライブ (MS) による集積構造が採用されている。Mo 電極を切断する P1 工程は LS が採用されるが、CIGS 層を切断する P2・P3 工程は、レーザ加工時の熱影響を避ける為、MS が採用される。我々は生産性の向上およびデッドエリア低減のために、P2・P3 にも LS を採用し、高い変換効率が得られる LS 技術の開発を行っている。今回、フェムト秒パルスレーザーとポストアニールによって、MS 加工時と同等の変換効率を得ることに成功した。LS 加工は CIGS 層内部に銅リッチ層を発生させ、再結合中心を増加させる。ポストアニールはこの銅リッチ層を消失させ、変換効率を向上させる。

実験結果と考察: グリッド電極を有する小面積セル構造の 4 辺を LS によって切断し、太陽電池特性を測定した。試料構造は AR coat / Al Grid / ZnO:Al / i-ZnO / CdS / CIGS / Mo / SLG であり、フェムト秒パルスレーザー($\lambda=1030$ nm, $\Delta t=300$ fs (FWHM))により ZnO / CdS 層のみを除去した。図 1 に暗状態の I - V 曲線を示す。LS 加工試料は並列抵抗が高く、 $100\text{ k}\Omega\text{cm}^2$ 以上(MS: $5\text{ k}\Omega\text{cm}^2$)となる。一方、飽和電流密度は $6.0\times 10^{-7} \pm 2.0\times 10^{-7}\text{ mA/cm}^2$ 、理想因子は 1.63 ± 0.03 であり、MS による試料と比べ再結合電流が多い。ポストアニールを 85°C 、15 時間大気下にて行ったところ、飽和電流密度は $9.3\times 10^{-8} \pm 0.1\times 10^{-8}\text{ mA/cm}^2$ 、理想因子は 1.47 ± 0.01 となり、変換効率は 19.8 % と向上した。この効率は MS 加工による結果と同等である。図 2 に LS 加工試料の SEM 像とオージェ電子分光法(AES)による LS 加工面の組成深さ依存性を示す。LS 加工により ZnO / CdS 層は除去されており、Cu, In, Ga, Se のみ検出される。深さ 50nm 程度に Cu 濃度のピークが見られるがこの Cu リッチ層は LS 加工によって発生しており、ポストアニールによって消失する。Cu イオンは低温においても移動すると考えられ、熱処理によって Cu 欠乏層を再形成し、再結合中心を低減できる。

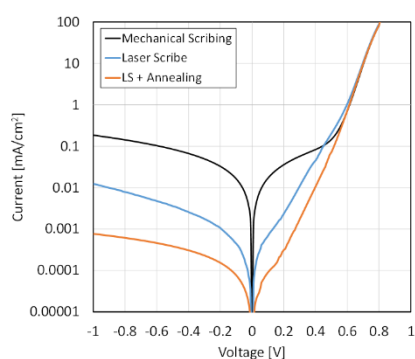


図 1. LS 加工試料の I - V 曲線

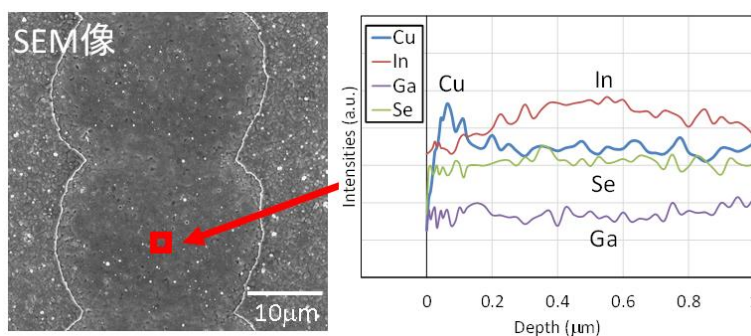


図 2. LS 加工試料の SEM 像と AES による組成深さ依存