

V 族元素ドーピング CdTe 単結晶を用いた高開放端電圧太陽電池デバイス作製

Group-V element doped CdTe single crystal solar cells with high open-circuit voltage

京大院工¹, 米国立再生可能エネルギー研究所², ユタ大材料工³○永岡 章^{1,3}, Darius Kuciauskas², Michael Scarpulla³, 野瀬 嘉太郎¹Kyoto Univ.¹, NREL², Univ. of Utah³°A. Nagaoka^{1,3}, D. Kuciauskas², M. Scarpulla³, Y. Nose¹

E-mail: nagaoka.akira.34x@st.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】

CdTe は、太陽電池に適したバンドギャップ値、大きな光吸収係数を持っており、現在変換効率 22% を達成している¹⁾。変換効率の制限原因として、CdTe/バッファ層界面におけるフェルミレベルピンニングや再結合、CdTe の大きな仕事関数に起因する裏面電極における再結合、CdTe 材料に起因する 10^{15} cm^{-3} 以下の低いキャリア濃度と ns 以下の短いライフタイムが挙げられる。我々は、ホール濃度とライフタイムの改善のために V 族元素(As)ドーピングと再結合中心となる Cd サイトの Te (Te_{Cd})抑制に効果的な Cd-rich 組成からアプローチを行ってきた²⁻⁴⁾。As の Te サイト置換に起因する格子緩和によって生じる自己補償欠陥である AX センターを抑制する事で、高いキャリア濃度 $10^{16} \sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ と長いライフタイム $\sim 100 \text{ ns}$ を達成している。実際 Cd-rich P-doped CdTe バルク結晶を吸収層に用いた太陽電池において $V_{\text{OC}} > 1 \text{ V}$ を達成している⁵⁾。組成とドーピング効率を最適化する事でキャリア濃度とライフタイムを改善し、更なる変換効率向上へ繋がる。

本発表では、これまでの欠陥制御の知見から得られた高いキャリア濃度と長いライフタイムを持つ Cd-rich As-doped CdTe 単結晶を用いて応用面である CdTe 太陽電池デバイス作製を行った。

【実験方法】

溶液成長である移動ヒーター法 (THM) を用いて構成元素である Cd 溶媒から As-doped Cd-rich 単結晶サンプルを作製した⁵⁾。単結晶は、Br メタノール (1 vol%) で 5 分エッチング後、RF スパッタを用いて各層を形成した。本研究のデバイス構造は、Al 電極/透明電極/i-ZnO 層/CdS バッファ層/CdTe 単結晶吸収層/Ni-W 裏面電極となっている。

【結果・考察】

Figure 1 に CdTe 単結晶デバイスの I-V 特性を示す。as-dep. サンプルは $V_{\text{OC}} < 700 \text{ mV}$ 、 $J_{\text{SC}} < 7 \text{ mA/cm}^2$ 、フィルファクター (FF) $< 20 \%$ を示し、変換効率 (Eff.) は 1% 以下であった。この低い効率は接合界面の不良だと考え、 N_2 雰囲気中で 500°C 5 min のアニール処理を行ったところ、 $V_{\text{OC}} = 900 \text{ mV}$ 、 $J_{\text{SC}} = 19.8 \text{ mA/cm}^2$ 、FF = 36% と改善し、Eff. は 6.5% を示した。順方向バイアス時に見られる Roll-over は CdTe の高い仕事関数に起因する裏面電極における非オーミック特性の影響だと考えられる。高いキャリア濃度と長いライフタイムを持つ CdTe 単結晶を用いる事で 900 mV の V_{OC} 値を達成したが、更なる変換効率向上のために、接合界面と裏面電極の最適化を行っており、当日報告する。

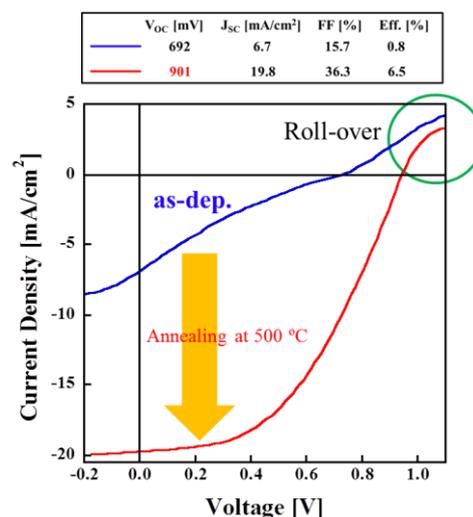


Fig. 1 CdTe 単結晶太陽電池の I-V 特性

【引用文献】

- 1) M. A. Green *et al.*, Prog. Photovoltaics **25**, 668 (2017).
- 2) A. Nagaoka *et al.*, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 7a-S21-1.
- 3) A. Nagaoka *et al.*, J. Crystal Growth **467**, 6 (2017).
- 4) A. Nagaoka *et al.*, Appl. Phys. Lett. **111**, 232103 (2017).
- 5) J. M. Burst *et al.*, Nature Energy **1**, 16015 (2016).