

セリウムをドーブした酸化インジウム膜を備えるヘテロ接合太陽電池の優位性

Advantages of Heterojunction Solar Cells with Ce-doped In_2O_3

長州産業株式会社 ○小林英治, 渡部嘉

Choshu Industry CO., LTD. °Eiji Kobayashi, Yoshimi Watabe

E-mail: e.kobayashi@choshu.co.jp

筆者らは、これまで 156 mm 角 n 型 Si 単結晶をベースとするリアエミッタヘテロ接合太陽電池 (SHJ) を備えた 60 セルモジュールにおいて、変換効率 19.5% を達成したことを報告してきた¹⁾。SHJ の窓電極として用いられる透明導電膜には可視～近赤外域における自由キャリア吸収の低減化と高い導電性が求められる。今回、水素とセリウムをドーブした酸化インジウム膜 (ICO:H) が高い移動度を有することが分かったので、報告する。

ICO:H は 3wt% の CeO_2 を含有する ICO ペレットを用いて、イオンプレーティング法により成膜した。膜中に水素をドーブするために、成膜雰囲気中に水素ガスを導入した。成膜前の基板の加熱は実施しておらず、成膜中の基板温度は室温から 150°C の範囲内で変化した。

図 1 は O_2/Ar 導入比が 7.5% から 15% でかつ、 H_2 /全ガス導入比が 1% の雰囲気中でガラス基板 (Eagle XG) 上に成膜された厚さ 100 nm の ICO:H 膜について、四端子法により測定された比抵抗と、van der Pauw 法により測定されたキャリア密度および移動度をそれぞれ示したものである。図中△印はアズデガ膜形成後の特性を示しており、図中●印は大気中で 200 度に保持して 30 分間ポストアニールした膜の特性をそれぞれ示している。 O_2/Ar 比が 9% 未満の領域では O_2/Ar 比の増加に伴い移動度は上昇し、 O_2/Ar 比が 9% 以上の領域において移動度はほぼ飽和していることがわかる。一方、キャリア密度は O_2/Ar 比の増加に伴いほぼ線形に低下していることから、膜中の酸素濃度は O_2/Ar 比に対して線形に増加しているものと考えられる。 O_2/Ar 比が 12% 以上の領域において、ポストアニールしたこれらの膜特性は低キャリア濃度 ($2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$)、高移動度 ($130 \sim 140 \text{ cm}^2/\text{Vs}$)、低抵抗 ($2.2 \times 10^{-4} \sim 2.6 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$) を示していることがわかる。また、ラザフォード後方散乱分析 (RBS) および水素前方散乱分析 (HFS) により、ICO:H 膜中の水素濃度およびセリウム濃度はそれぞれ $7.8 \times 10^{20} \text{ atoms cm}^{-3}$ および $3.6 \times 10^{20} \text{ atoms cm}^{-3}$ であった。したがって、ICO:H は $1.0 \times 10^{21} \text{ atoms cm}^{-3}$ 未満の微量の水素を膜中に含有することによって非常に高い移動度が得られることがわかった。

図 2 は、12% 以上の O_2/Ar を導入してセルの表裏面に ICO:H が形成されたリアエミッタ SHJ 素子のセル変換効率と、同一セルを用いたシングルセルモジュールの変換効率を示したものである。SHJ 素子はバスバーレス構造であり、シングルセルモジュールは Smart Wire Connecting Technology (SWCT) 法により作製されたマルチワイヤーモジュールである。シングルセルモジュールの変換効率は 22% を達成しており、ICO:H を備えたリアエミッタ構造の SHJ 素子のポテンシャルが非常に高いことを示している。ICO:H の高移動度の起源については未だ同定できていない。本講演では ICO:H の高移動の起源について考察する。

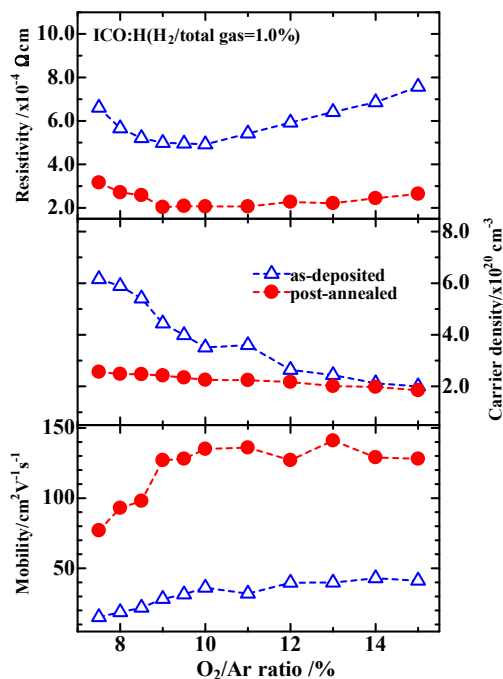


図 1 ICO:H の電気的な特性

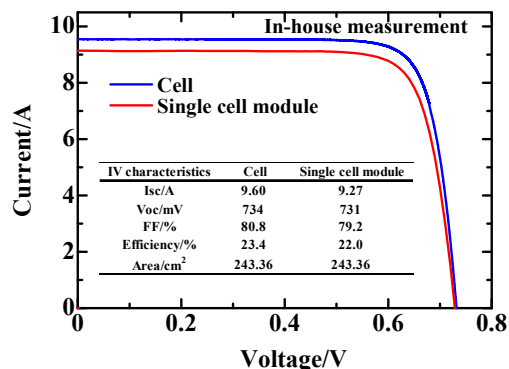


図 2 ICO:H を用いたセルおよびシングルセルモジュールの IV 曲線

1) E. Kobayashi et. al., Proc. 28th European PVSEC, Paris (2013), p. 691.