

● 薄膜シリコン系太陽電池セルの評価

TN345

Evaluation of thin film silicon solar cell

[概要]

薄膜シリコン系太陽電池は結晶系太陽電池と比較して変換効率は低いものの、①使用シリコン量が約 100 分の 1 と非常に少ない（省資源）、②低コスト化（量産化）が図りやすい、③軽量でフレキシブルなモジュール化が可能等の理由から市場の拡大が期待されています。薄膜シリコン系太陽電池の代表例としてアモルファスシリコン太陽電池があり、その基本構造は図 1 に示す様に電極に挟まれた pin 構造が基板上に形成されています。当社では変換効率が光劣化に与える膜厚、不純物（ドーパント）、結晶性等の評価を行っています。下記に市販品のアモルファスシリコン太陽電池の評価事例を紹介致します。

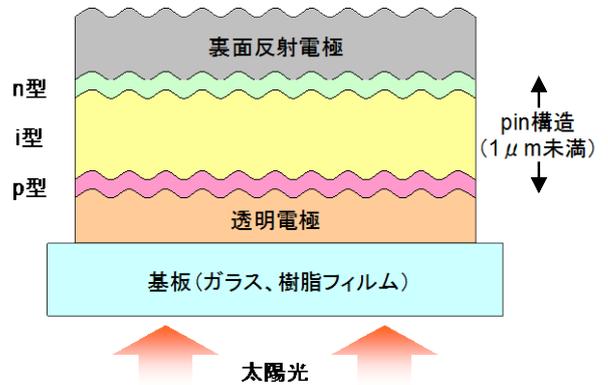


図 1. アモルファス太陽電池の基本構造

[事例 1] 断面観察によるセル構造の膜厚および結晶性の評価

太陽電池セルを薄片化し、透過型電子顕微鏡（TEM）で観察することでセル構造の膜厚やテクスチャ形状を知ることが出来ます。また、元素分析や電子線回折を行うことで界面偏析不純物や結晶性評価も可能です。

図 2 にセル構造全体の TEM 写真を示します。写真から裏面反射電極、アモルファスシリコン、透明電極の膜構造が確認出来ます。また元素分析結果から裏面反射電極は Al 膜で透明電極は SnO₂ 膜であることが分かりました。

さらに同様に各種電極の拡大 TEM 観察を行いました。裏面反射電極（Al）を拡大観察した結果（図 3）から、スパッタ法で成膜された Al 膜は 7 層構造であること（界面を図示）や各層で Al の結晶粒が成長している状況が分かります。

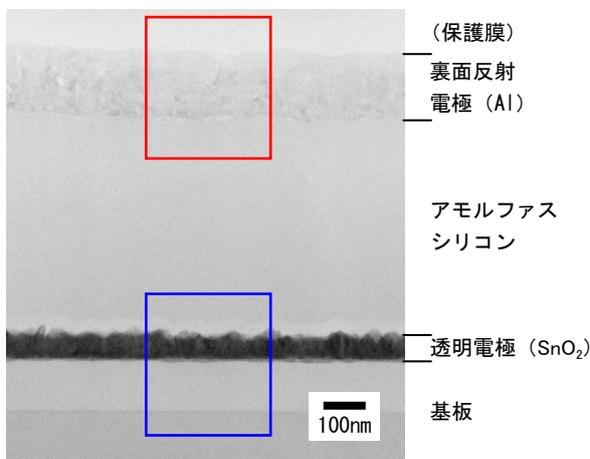


図 2. 太陽電池セルの断面 TEM 写真

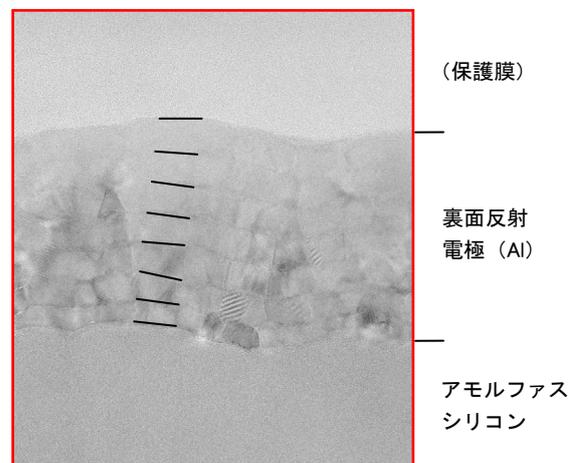


図 3. 裏面反射電極（Al）の拡大断面 TEM 写真

次に透明電極 (SnO₂) を拡大観察した結果 (図 4) から、裏面反射電極 (Al) と同様にスパッタ法で成膜された SnO₂ は比較的ランダムに結晶成長しており、それによってテクスチャが形成されていることが分かります。またガラス基板と透明電極の間に 1 層成膜されており、この組成については下記の事例 2 に示す 2 次イオン質量分析 (SIMS) の結果から P ドープの SiO₂ 膜であることが分かりました。

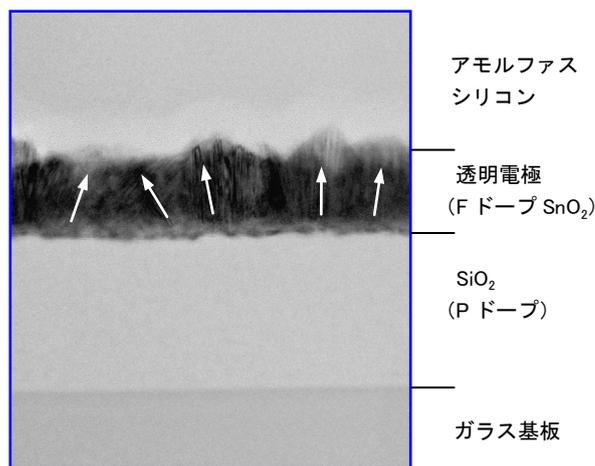


図 4. 透明電極 (SnO₂) の拡大断面 TEM 写真

[事例 2] 深さ方向分析によるセル (pin 構造) 中のプロセスガス成分およびドーパントの評価

セル (pin 構造) は CVD 法で成膜されていますが、この膜中不純物 (プロセスガスおよびドーパント) 濃度や水素化アモルファスシリコン中の水素濃度は、変換効率や光劣化に関与します。

図 5 にアモルファス太陽電池セル (事例 1 と同じサンプル) の SIMS 分析結果 (定量はアモルファスシリコン中で実施) を示します。裏面反射電極 (Al) 中では水素、酸素が 7 層構造を示唆する分布を示し、pin 構造では特に p 層で n 層や i 層よりも水素、炭素濃度が高く、さらに透明電極 (SnO₂) では F ドープを示唆する結果となりました。

当社ではセル構造に適した測定条件 (検出感度または深さ方向分解能) を選択し、目的に応じた評価を行っています。

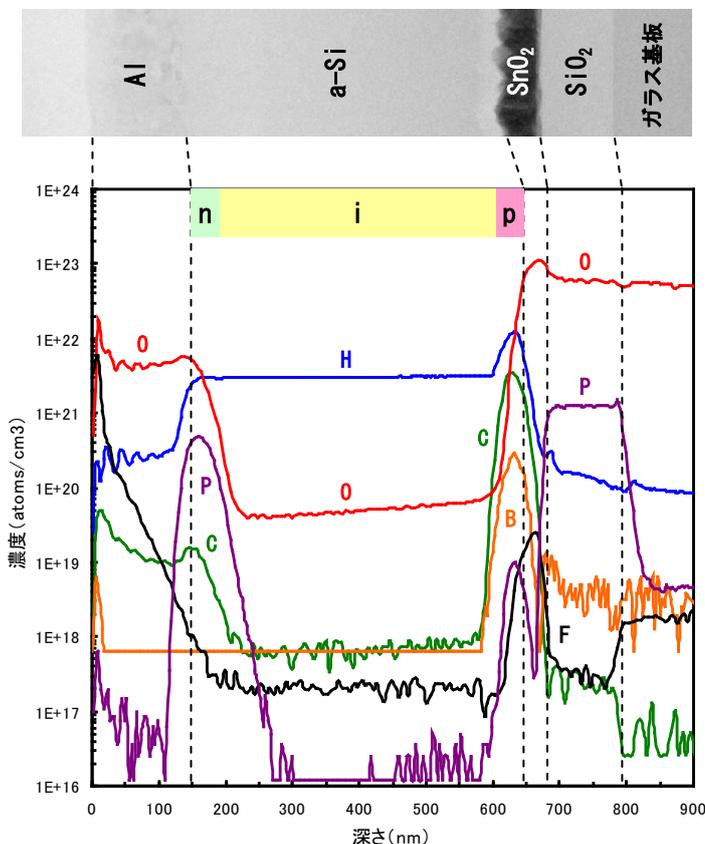


図 5. アモルファス太陽電池セルの SIMS 分析結果