

23rd EU-PVSEC ショート速報[薄膜シリコン太陽電池]

松井卓矢 (産業技術総合研究所)

会議名 : 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition

開催期間 : 2008年9月1日-5日

開催場所 : Valencia, スペイン

*****要約*****
 薄膜シリコン太陽電池の分野では、アモルファスシリコンと微結晶シリコンを組み合わせたタンデム型太陽電池の研究開発が活発である。急速な太陽電池市場の拡大を背景に、会議では1.4~5.7m²といった大面積プラズマCVD装置によるタンデム型太陽電池モジュールの生産技術に関する内容が中心であり、その他、フレキシブル太陽電池や新しい光閉じ込め技術などの発表が注目を集めた。薄膜シリコン太陽電池の資源的優位性と数年後の大幅な生産拡大予測に関する講演がさらにこの分野の勢いを印象づけた。

1. はじめに

薄膜シリコンは結晶シリコンに比べてより省資源で大規模生産が可能な太陽電池としてここ数年特に注目度が高く、アモルファスシリコン (a-Si) /微結晶シリコン (μc-Si) タンデム型太陽電池の高生産技術と高効率化技術に関する研究開発が活発に行われている。本稿では、「Thin Films -> Amorphous and Microcrystalline Silicon」のセッションで発表された内容について、「大面積生産技術」「新規構造 (小面積)」「生産の将来予測」の3つのジャンルに分けてそれぞれの最新情報を報告する。

2 大面積生産技術

Oerlikon Solar (スイス) ではガラス基板面積 1.3m×1.1m (1.4m²) 対応の 40MHzプラズマCVD装置を開発し、a-Siモジュールとa-Si/μc-Siタンデムモジュールでそれぞれの出力 123W (変換効率η=8.6%) (安定化推定 100W (η=7%)) と 125W (η=8.7%) (安定化推定 110W (η=7.6%)) が報告された。μc-Siの製膜速度は 0.4nm/s程度と比較的低めであるが、プロセスチャンバーで多数枚の基板を同時製膜することで生産性を高める。表面透明電極として減圧CVD (LPCVD) によりテクスチャZnOを形成し、裏面反射層には通常のAgではなく拡散反射に優れたホワイトペーストを用いていることが特徴である。今後はトップ・ボトムセル間にSiO_x系透中間反射層を用いてタンデムモジュールの変換効率改善を目指すことがアナウンスされた。一方、Applied Materials (米国) では 2.2m×2.6m (5.7m² Gen8.5) の超大面積クラスター型プラズマCVD装置を開発している。このサイズのa-Siモジュールで初期効率約 7.5% (安定化効率約 6%) と 0.6m×0.72m (0.43m² Gen3.5) のa-Si/μc-Siタンデムで小面積に切り出したセル効率 11.2% (安定化効率 9.5%) が報告された。また、スペインのT-SolarはApplied Materials社製のGen8.5 ターンキーシステム (SunFab) を導入し、2007年から40MWのa-Siモジュールの生産をスタートしている。現在の性能として、初期効率 7.5% (P_{max}=430.2W、V_{oc}=197V、J_{sc}=3.12A、FF=0.7、Area=5.7m²) と安定化効率 5.8%が報告

された。

Nuon Helianthos (オランダ) ではAlフォイル上に透明電極 (SnO₂)、Si光吸収層、裏面電極を順に製膜し、支持基板に接着した後にAlフォイルをエッチングで除去する方法でフレキシブル太陽電池の生産を検討している。35cm幅のロール・トゥ・ロール形式のパイロットラインで、長さ 6m 面積 1.68m²のa-Siで初期効率 6.7%、60cm²のa-Si/ μ c-Siタンデムで安定化効率 7.8%が報告された。

SCHOTT Solar (ドイツ) やEPV Solar (米国) ではa-Si/a-Siタンデム構造を選択し、それぞれ 1.4m²と 0.94m²のモジュールを生産している。特に、SCHOTT Solarでは初期 123W (η =8.6%) と安定化 103W (η =7.2%) の性能を得ており、a-Si/ μ c-Siと遜色ないレベルにある。a-Si/a-Siタンデムセルは波長感度が同じ材料をスタックしている構造であるが、各要素セルの膜厚をa-Siシングルセルに比べて薄くできるため光劣化の影響を抑制できる利点がある。一方、 μ c-Siはa-Siに比べて赤外感度や光安定性の面で優位であるが、a-Siより約 10 倍厚い吸収膜厚が必要となる問題で生産ではまだまだハードルが高いのが現状である。どのような太陽電池材料の組み合わせを選択するかについて今後各社の戦略が注目される。

3. 新規構造 (小面積)

PEN など軽量で安価なプラスチック基板を用いたフレキシブル太陽電池の開発が、これまでにNeuchâtel グループ (スイス) で精力的に行われてきた。周期的な凹凸構造を形成したテクスチャ付プラスチック基板を用いて、 μ c-Si シングルセルで 8.7%と a-Si/ μ c-Si タンデムセルで 9%の安定化効率が得られている。トップセルとボトムセルの間に中間反射層を用いたセルでは安定化効率 10%が達成され、詳細は次回の PVSEC-18 (カルカッタ) で報告される。なお、同大学のスピンオフ会社 Flexcell (Q-Cells 出資) は 2008 年 12 月からロール・トゥ・ロールプロセスで 25MW の a-Si モジュールの生産を開始する予定である。

薄膜シリコン太陽電池では光閉じ込め技術が極めて重要であるが、DVD などの光学ディスクメーカーの OM&T (オランダ) は得意とするリソグラフィ・転写技術を応用して一次元溝や二次元ピラミッドなど周期的構造をもつテクスチャ基板を開発している。光の回折現象により、より広い角度で光を薄膜シリコン内に閉じ込めることが期待でき、Delft 工科大 (オランダ) で二次元ピラミッド型基板を用いて a-Si セルを試作した結果、ランダムテクスチャをもつ Asahi-U 基板同等以上のパフォーマンスが実証された。一方、周期構造テクスチャ基板を用いた μ c-Si セルでは特性がまだまだ不十分で、おそらく基板界面の微結晶 Si 粒の成長を阻害しないテクスチャ構造が必要であろう。しかし、周期構造テクスチャでは表面凹凸の高さやピッチの制御性に優れているため、最適な光閉じ込め構造を設計できる点で非常に興味深く、今後の研究に注目したい。

4. 生産の将来予測

薄膜シリコン系太陽電池は結晶シリコンや化合物系薄膜太陽電池 (CIS、CdTe) に比べて変換効率が低い問題があるが、薄膜シリコンは他の太陽電池に比べて資源的に非常に有利であることが SCHOTT Solar (ドイツ) のプレナリー講演で発表された。10GW の太陽電池モジュールの生産を想定した場合、結晶 Si やインジウム、テルルなどの原料が現時点の生産量では不十分であるのに対し、10GW の a-Si/ μ c-Si タンデムモジュールの生産に必要なシランガス原料は 2007 年の生産量の僅か 1/10 で足りるという。太陽電池生産規模が急速に拡大していく最中、太陽電池メーカーにおける原料確保は極めて深刻な問題であり、将来の生産量はいかに省資源で太陽電池を製造できるかで決まると言っても過言ではない。

EU-JRC (European Joint Research Centre) が2008年6月にまとめた薄膜太陽電池の2012年までの生産能力について、Würth Solar (ドイツ)からプレナリー講演で紹介された。薄膜系の中でも特に薄膜シリコンの伸びが大きくなる予想で、2012年には10GWを越える見込みである。薄膜シリコン太陽電池の製造装置が今以上に増産されれば、資金があれば太陽電池ビジネスに多くの企業が参入できる可能性も大きく、今後の動向に目が離せない状況である。

5. おわりに

本会議では太陽電池メーカーのプレゼンスが非常に大きく、会場ではビジネスチャンスを求めた多数の聴衆を集めている。a-Si/ μ c-Siタンデムではa-Siの高安定化と μ c-Siの大面積高速製膜が依然として課題として残っており、その他、基板テクスチャや透明電極、中間反射層によるライトマネージメントの更なる技術革新が今後の高効率化の鍵と考えられる。今回の会議では次世代の薄膜シリコン太陽電池に関する報告が少ない印象で、今後はより高効率化と低コスト化を目指した新プロセス・新材料開発・多接合技術に関連した話題が増えていくのではないかと予想している。