

IEEE-PVSC ショート速報 [化合物薄膜太陽電池関連]

中田時夫 (青山学院大学)

会議名 : 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference

開催期間 : 2010年6月20日 - 25日

開催場所 : Hawai'i Convention Center (ホノルル、ハワイ州、米国))

*****要 約*****

今回の会議は米国からの発表が際立ち、オバマ政権のグリーン・ニューディール政策下における米国企業の勢いを強く感じた。とくにGlobal Solar Energy (GSE)社のCIGS (Cu(In,Ga)Se₂: Copper Indium Gallium Diselenide) 製造技術の進展ぶりは衝撃的でした。本会議の特長はフレキシブル・セル/モジュールの変換効率改善に関する発表が多く、大変興味深い内容であった。一方、昭和シェル石油 (株) からサブモジュールの変換効率改善が発表され注目を集めた。新たな流れとしては、装置製造企業からの発表があり、CIGS太陽電池分野における米国発のターンキービジネス開始を印象付けた。

1. はじめに

今回の会議はオーラルに限れば43件中30件が米国で、ついで欧州8件、日本3件と米国からの発表が目立つ会議であった。これは、3ヶ月後にスペイン(バレンシア)で5thWCPEC(World Conference on Photovoltaic Energy Conversion)開催が控えているが大きな要因と考えられる。しかし、会議内容は非常にエキサイティングであった。とくにGSE社をはじめ、SoloPower社、Heliovolt社など米国企業によるモジュール製造技術の進展は注目すべきである。今回の会議における発表ではないが、同じく米国企業のMiasole社によるモジュール効率の世界記録更新は、会議参加者の間で大きな話題となった。これら米国新興企業に共通する点は、ステンレスやポリイミド箔を用いたロール・ツー・ロール法で高速製膜技術を確立しつつあることである。この背景には、Veeco社など米国内の装置製造企業や部材周辺企業の寄与が大きいと思われる。CIGS太陽電池の商業化が加速される中で、本会議も企業からの報告が約半数を占め、装置や部材メーカーからの発表も多く見受けられるようになった。その反面、大学や国研からの基礎的研究に関する目立った発表が少なく、以前とは様変わりの感がある。

2. プレナリー講演

GSE社からCIGS太陽電池モジュール製造技術の最新動向について紹介された。同社は1996年に設立され、現在Tucson(米)とBerlin(独)の2つの製造拠点で年間75MWの製造能力を有する企業に成長している。2010末には年間生産量100MWを計画しており、フレームなどを除いた開口部変換効率の目標は2011年に11.5%、2013年に14%、および2015年に15%としている。これまでTucson(米)に750KWの太陽光発電を設置したが、さらにVincenza(伊)にCIGS太陽光発電としては世界最大となる840KWを完成した。

日欧の先行する企業が、ガラス基板を用いた、モノリシック集積型モジュールを製造しているのに対して、

同社はステンレス箔基板を用い、ロール・ツー・ロール法による同時蒸着法でCIGS薄膜を製膜する。また、溶液成長CdSバッファ層もロール・ツー・ロール法を採用している。表面グリッド電極は印刷法、透明導電膜はスパッタ法で作製し、一卷きが幅0.3m×長さ1kmでCIGS製膜速度は1m/分とのことである。

今回の発表で最も注目すべき点は、昨年からの1年間で、CIGSサブモジュール(開口部面積=3883cm²、210cm²セル×18)の平均モジュール効率を7%から11%に、また、歩留りも20%から95%へと驚異的な改善に成功したことである。効率改善の主な要因は、各プロセスにおける“その場モニタリング”技術の開発とCIGS光吸収層のGa濃度の最適化による開放電圧の向上とのことである。

同社のチャンピオンデータはフレームを除く発電領域のみで測定した開口部変換効率で13.2%、である。この値は以前に昭和シェル石油(株)がガラス基板を用い、同じようなサイズで報告した変換効率と並ぶ性能をステンレス基板で達成したことになり、今後の展開が注目される。また、小面積CIGSセルの変換効率は15.45%とのことであった。

3. トピックス

EMPA (Swiss Federal Laboratory for Material Testing and Research) からは、ポリイミド箔基板上でこれまでの世界記録を大幅に塗り替える変換効率17.6%を達成したとの報告があり大きな注目を集めた。また、モノリシック集積型ミニモジュールも試作しており、変換効率12.1%を得ている。変換効率向上の理由として、改良型3段階法とNa添加のタイミングを挙げ、それらの最適化によりダブル・グレーデッド・バンドギャップ構造の最適化が可能となり、450℃という低温でも高効率を得られたとしている。この成果はポリイミド箔を用いたモジュール製造に明るい見通しを与えるもので、今後の展開が注目される。

昭和シェル石油(株)の100%子会社である昭和シェルソーラー(株)は2010年4月に、ソーラーフロンティア(株)に名称変更との報告があった。現在、第1工場と第2工場を合わせて年産規模80MWを稼動中であるが、900MWの第3工場を2010年7月から運転開始し、2011年には合計1GWとする計画である。同社の製膜法はIn/CuGaスパッタ膜をH₂Seガス中でセレン化し、その後H₂Sガス中で表面硫化する。

今回の発表は主に硫化プロセスに関するもので、従来法では膜厚が厚く(1.7μm)になると短絡電流が低下する傾向にあったが、硫化条件を最適化することでこれを抑制できた。その結果、30cm×30cmサブモジュールでは最高の変換効率となる16.03%を達成した。この理由として、新硫化法では、Gaが表面側に十分拡散し、キャリア濃度が増加したことが主因としている。また、空乏層幅が増大することから、キャリア拡散長の改善を示唆した。

Solopower(社)から、電着法によるCIGS製膜法とモジュール製造に関する詳細な報告があった。CIGS製膜はCuInGaの上にInSeまたはGaSeを電着法で積層し、これを高温でセレン化する。膜組成は電着時の電流で制御でき、CIGS太陽電池の高効率化に有効なGa傾斜組成の形成が可能とのことである。また、基板にはステンレス箔を用い、ロール・ツー・ロール法でフレキシブルCIGSセル/モジュールを製造する。この方法により、小面積セル(12cm²)で変換効率13.34%、また、大面積フレキシブル・モジュール(3708.8cm²)で変換効率11.2%を得ている。また、フレキシブル・セルをガラスで挟んだモジュールも製造しており、屋外暴露試験やダンブヒート(DHT:85℃/85%)試験の結果も良好であるとのことである。

HelioVolt(社)から、Austinにある20MW/年の生産規模の第一工場G2(120cm×60cm)モジュールの商業生産を開始したとの報告があった。同社ではFASST(Field Assisted Simultaneous Synthesis and Transfer)

プロセスと呼ぶユニークなCIGS製膜法を開発している。この方法は第1段階で異なる組成のプリカーサを2つの基板上に堆積し、第2段階で、これらを上下に重ね、静電界中で加圧し、急速加熱することで、CIGS薄膜を形成する。この製膜法では数分で大粒径CIGS膜が高速に製膜でき、原料使用効率も高いのが特長であるとしている。小面積セルの変換効率 14.0%、また、サブモジュール (30cm×30cm) の変換効率 12.03%を達成している。

産総研からはモノリシック集積型フレキシブルCIGSサブモジュールに関する報告があり、薄板ガラス (250 μm) 基板上で変換効率 15.0%、またジルコニア (100~300 μm) 基板上で変換効率 15.9%を得たとのことである。高温製膜中の薄板ガラス基板の曲がりを防ぐため、Mo膜厚を薄くし (400nm)、ラジカルS e ソースを使用して基板温度を 550°Cから 500°Cに下げるなどの工夫をしており、ジルコニア基板では、Na添加に 100nm 厚のソーダライムガラス・スパッタ膜を堆積し、基板温度 550°Cで製膜している。また、ガラス基板上の 10cm×10cmサブモジュールで 16.6%を得たとのことである。

ドイツからの発表が少ない中で、HZB、ZSW、Solarion社などドイツの企業と国研が参加するジョイントプロジェクト「宇宙用フレキシブルCIGS太陽電池」の最新成果について報告があった。このプロジェクトでは、宇宙用として軽量フレキシブルCIGS太陽電池の開発を目指す。ポリイミド箔を用い、これまでに小面積で 15.5%、25.9cm²で 12.7%を得ている。ポリイミド箔上に作製したCIGS太陽電池はSiやGaAs太陽電池に比べ出力/重量比が大きく、変換効率 12%で面積 1m²の重量が 0.5Kgのとき、出力/重量比は~150W/Kgとなり、GaAs 3 接合太陽電池の3倍に当たるとしている。

Veeco 社(米)では最近、リニア蒸発源を開発し、従来のスモーセルと呼ばれる点蒸発源との比較を行った。リニア蒸発源では基板表面までの距離を短縮可能なため、原料使用率が従来の2倍となり、膜厚均一性に優れ、デポダウン方式も可能なため、高温製膜が可能となり、変換効率の向上とモジュール製造の低コスト化が期待できるとしている。また、これを搭載したロール・ツー・ロール装置 (FastFlex Web Coating CIGS System) を開発し、ターンキービジネスを展開している。同社の強みは、翼下の CIGS 製造企業の Daystar (社) でモジュール製造を行い、装置の有効性を実証できることである。

4. おわりに

今回は米国企業の躍進ぶりが目立った会議となった。同国では米国エネルギー省 (DOE) 直属の国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) が基礎的分野を担うことで、産官学の技術協力が円滑に行われており、米国企業躍進の一要因となっている。また、CIGS 製造装置や部材周辺企業の技術的進展も注目すべきである。さらに、この背景にはオバマ政権の新エネルギー政策が大きく寄与している。アジアに目を向ければ、韓国は、国を挙げてCIGS製造企業の早期立ち上げに莫大な資金と人材を投入している。台湾の大手半導体企業もCIGS製造にシフトしており、数年後には生き残りをかけた熾烈なコスト競争が予感される。CIGS 太陽電池分野もスピードとタイミングが重要な時期に来ている。日本の CIGS 開発に危機感を感じるのは筆者だけであろうか？