

EU PVSEC 2013

(株) 科研テック 中上明光

2013年9月30日から5日間にわたりフランス・パリ郊外で開催された第28回標記国際学会に参加した。本学会は実質世界最大の太陽電池に関する学会であり、今年の参加者は77か国から3756人(主催者発表)で昨年とほぼ同じであった。国別ではドイツが最も多く22%、次いで日本の7%、フランス、アメリカの6%、台湾、韓国が5%と続く。



EU PVSEC 2013 の会場

発表申込みは76か国から1669件あり、トピック別では材料研究・新概念・超高効率・宇宙用太陽電池が15%、ウエハを用いたSi太陽電池と材料が26%、薄膜太陽電池が22%、PVシステムの構成要素が13%と続く。新規デバイス・構造・材料の提案が活発化しており、Ag配線からCu配線、薄膜単結晶Si技術、CIGS系化合物薄膜太陽電池などが議論された。

特にこの会議で注目されたのはCIGS系化合物薄膜太陽電池について高効率化やフレキシブル基板への低コスト製造方法などであり、変換効率がセルレベルで多結晶Siを追い越す勢いである。日本からソーラーフロンティア、ホンダ、トヨタ、東芝などが発表し、MiaSole(米国)、Bosch(ドイツ)など欧米の企業・研究機関から多くの発表があった。ヨーロッパでの太陽電池の研究開発の牽引役は公的研究機関: Fraunhofer ISE(独)、imec(ベルギー)、ECN Solar Energy(オランダ)、CEA-INES(仏)、Konstanz大学(独)などであり、併設の展示会でも出展していた。

併設の展示会には27か国から256社の展示があったが、昨年の半分以下(主催者発表)であり、ヨーロッパでの太陽電池市場の落ち込みを反映しているものと思われる。

注目を集めた発表から、薄膜Si太陽電池とCIGS系化合物薄膜太陽電池を紹介する。

(1) 薄膜Si太陽電池

“A Manufacturable, Non-palated, Non-Ag Metallization based 20.44% Efficient, 243cm² Area, Back Contacted Solar Cell on 40 μm Thick Mono-Crystalline Silicon”と題してSolexel(米国)から薄膜Si太陽電池が発表された。同社は2007年起業したベンチャー企業である。Si単結晶太陽電池の低コスト化には材料のSiウエハの薄肉化が期待され、150 μm厚から100 μm、50 μmへと開発が進められている。この技術開発の中で同社はSiインゴットからの切り出し、表面研磨、化学的欠陥除去といったプロセスを経ないで、薄膜状のエピタキシャルSi単結晶(40 μm厚)を太陽電池原料にしている。再使用可能のテンプレート(単結晶Si)上にポーラスSiを堆積し、その上にエピタキシャルSi単結晶薄膜(約40 μm)を堆積・成長させる。単結晶Si薄膜上に太陽電池セル形成プロセス(ドーピング、電極形成など)を行い、補強を兼ねフレキシブル裏面材を張り合わせる。その後、薄膜Si太陽電池とポーラスSi/基板を剥離し、基板は再利用する。剥離した面が太陽光の入射側であり、表面はポーラスSiとの対抗面であることからテクスチャ構造を取っている。セル形成プロセスで形成した電極は剥離後ではバックコンタクト構造をとっていることなどから高効率に適した構造になっている。43 μm厚、243cm²エピSi単結晶薄膜上にCuめっき配線でセル変換効率20.6%を達成し、またオールドライAl配線では20.4%を達成した。

(2) CIGS系薄膜太陽電池

モジュールサイズでも効率向上が見られた。日本からホンダエンジニアリングが“Development of High Efficiency CIGS Modules”と題してCIGS薄膜太陽電池モジュールの開発の発表があった。日本の住宅に適したコンパクトサイズモジュール、設置能力30%

の増加、軽量化 (9kg) と設置の容易さ (設置時間の 15%短縮) を目指して、新型のモジュールを開発した。その特徴は、(1)高品質 CIGS 光吸収膜、(2)新パターニング、(3)最表面の保護膜の改良、(4)新パッケージングの採用である。(1)については CIGS 膜の形成過程で高温での H_2Se ガス濃度制御により高品質結晶と良好な基板との密着性を実現した。(4)については、パッケージングに新封止方法と新ポリマーの採用によりモジュールのフレームレス型で 95%の実行面積を実現した。その結果、モジュールサイズ 731mm×921mm で変換効率 15.2%を達成した。(本国際学会期間中、Honda は子会社の Honda ソルテックの太陽電池事業を 2014 年春に終了し、太陽電池の製造・販売から撤退すると発表した。)

CIGS 光吸収層をすべて PVD 法で製造する方法が紹介された。MiaSole(米国)より”A Different Approach: CIGS Using all PVD”と題して PVD(物理的気相堆積)法による CIGS 膜形成プロセスの発表があった。基板に 1m 幅のスチールフォイルを用いてロール・ツー・ロールでスパッタ製膜をする。裏面電極(Mo)、CIGS 層、バッファ層、透明電極をすべてスパッタ法で製膜し、一方向の製膜 (巻き戻し無) 後、スチール基板/太陽電池をカット、電極形成して電気特性評価を行う。裏面電極形成から電気特性評価まで 60 分で完了する。現在までフレキシブルセル、 109cm^2 の面積で変換効率 17.64%、固定したモジュール、 1.07m^2 の面積で変換効率 17.1%、フレキシブルモジュール、 1.5m^2 の面積で変換効率 15.5%(NREL で評価)のチャンピオン性能を発表している。2013 年末には多結晶 Si 並みの変換効率 15.5%を目標に開発し、2017 年には 18%を超えるモジュール開発のロードマップを描いている。

高効率セルのための光吸収層 CIS の新生産技術が紹介された。Bosch(ドイツ)より”Novel Absorber Mass Production Technology for High Efficiency CIS-Modules”と題して新製造技術・装置とモジュールの紹介があった。高効率化には光吸収層 CIS の膜中に Se を均一に分布させることが重要と言われている。大量生産に適した光吸収層 $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})(\text{Se},\text{S})_2$ の新しい製造技術・装置を開発した。非常に均一にガスを強制対流し加熱・反応・冷却が可能な電気炉をバッチ式インラインプロセスに組み込んだ。深さ方向分析 (GD-OES により測定) の結果、Se は膜中に均一に分布し、S は表面に濃度勾配を持ち、Ga は裏面電極界面に高い濃度勾配を持つが表面には殆ど存在しないことが分かった。この装置を用いて $50\times 120\text{cm}^2$ の基板に太陽電池を製造し、平均変換効率 14.3%、最高変換効率 15.1%を得た。このシステムをスケールアップし、 $1\text{m}^2\sim 2\text{m}^2$ の基板サイズで 100MWp/年の生産能力が可能である。この新 CIS 製造技術を用いて 17%以上のモジュール変換効率と 0.38\$/Wp 以下の低コスト化が可能であると発表した。

CZTS 薄膜太陽電池についてソーラーフロンティア (日本) から”Buffer/Absorber Interface Study on $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ and $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ Based Solar Cell: Band Alignment and Its Impact on the Solar Cell Performance”と題して発表があった。CIGS に比して埋蔵量が豊富で、低価格材料であり環境に優しい材料からなる CZTS 太陽電池は理論効率の 30%までは実現可能と言われているが、これまで硫化処理後の CZTS($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$)の変換効率は 9.2%程度 (同社) であった。今回セレン化処理後に硫化処理をした CZTS(Se)サブモジュールでは S 型形状の J-V 曲線を示した。バッファ層 CdS/光吸収層 CZTS(Se)界面について、組成 (XPS による深さ方向分析)とバンド配置(UPS による測定)を検討したところ Cd, Zn と Se が界面で相互拡散していることが分かった。相互拡散を抑制するためバッファ層 CdS を形成する CBD (化学析出法) プロセスを改良し、サブモジュールで 10.8%の変換効率を得ることができた。

以上