

《目次》

25th EU-PVSEC (材料編) 1~3 p

CEATEC JAPAN 2010 6~8 p

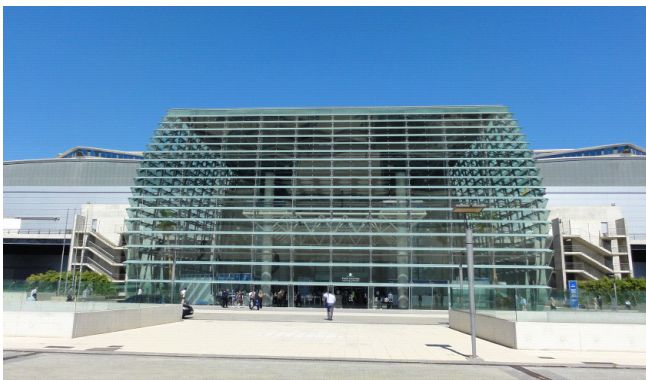
蠟梅 Now 10 p

25th EU-PVSEC (装置編) 4~5 p

Green Device 2010 9 p

25th EU-PVSEC にみる太陽電池技術の最新動向

未来技術フォーラム神戸 板山克広、大西良彦



FERIA VALENCIAの展示会場

2010年9月6日から5日間にわたり Spain Valencia で開催された太陽電池のシンポジウムに参加した。本会議は欧州 (EU-PVSEC)、米国 (IEEE-PVSEC)、アジア・太平洋 (PVSEC) 3 地域の合同会議で、第5回太陽光発電世界会議 (WCPEC-5) として開催されたものであり、展示会も併設され太陽電池関連では世界最大規模の会議となった。

参加者は、73の国・地域から4,540名と過去最多になり、併設の展示会には約4万人が参加したという。会議参加者の内訳は、ドイツ(1,547名)、米国(511名)をはじめ欧米勢が90%近くを占め、日本は4位(294名)、韓国10位(132名)、台湾・中国(合計約200名)と、市場規模だけでなく技術においても欧米主導の世界であることを強く印象付けられた。ポスター発表も含め1,725件の発表が行われたが、これも欧米勢が80%以上を占め、Fraunhofer、Freiberg工科大学などの研究機関にアジア勢を含む民間企業が参集し、プロジェクト的に技術開発、実用化を進めている姿が印象的であった。特に、Fraunhoferは1,000名を超えるスタッフを擁し、政策研究、基礎研究、実用化・事業化プロジェクトを民間企業も巻き込み精力的に行っており、欧州の研究センター的位置づけになっている。

発表内容は、結晶系 Si 関連が27%、超高効率(宇宙用、集光型)セルが25%、薄膜系(a-Si、CIGS、Cd-Te等)が23%、コンポーネント・システムが22%、市場・政策が残りとなっており、7月にサンフランシスコで開催されたマーケティング・政策論争主体の InterSolarとは異なる技術論主体の会議である。当面の市場を支える結晶 Si 系セルの低コスト化・高変換効率化に向けた活発な取り組みが目を見届ける一方、その次を狙った集光型、薄膜系に対する開発も変わらず精力的に行われている状況が確認できた。技術・市場動向の変化の中で、注目すべきと思われるトピックスにつき以下に述べる。

①結晶 Si 系セルにおける 2020 年に向けた材料課題：スイスのウエハメーカーである PV Crystalox によると、今後も結晶 Si 系の優位性(シェア90%)は揺ぎ無く、その中での単

結晶と多結晶の拮抗状態も変わらない。このため、多結晶インゴット炉、単結晶引き上げ装置は現状の6倍程度のそれぞれ7,000台以上、10,000台以上への増設を予想している。インゴット製造では多結晶において解決すべき多くの品質問題を抱えており、単結晶の品質に近づけるべく、るつぼ・コーティング材からの不純物混入や結晶粒界・転位等の結晶欠陥の低減に向けた基礎技術、新技術開発が活発に行われている。高生産性、低コストを売り物にする多結晶Siだけに工夫の制約は多いが、まだ品質改善の余地はありそうである。これと並ぶ大きな課題は、材料のリサイクル問題である。一時期のポリSi原料問題が落ち着いたとはいえ、現状の10GWセル生産レベルでも約1.8万トンのカーフロス起因のSiが出ており、ウエハスライス用スラリーからの汚染で、現状は鉄、アルミへの添加物としての活用が一部なされているのみである。スラリーからのSiC、PEG(溶媒)の回収は85~95%程度なされているとのことであるが、PV原料Siへのリサイクルを可能にするためにも、この分離技術のレベルアップによる回収率改善が重要とされている。また、希土類問題を機に、供給量の80%を中国に頼るSiC問題も不安視され始めた。

②スライシング技術:結晶Si系ウエハの製造技術で目下最大の課題はスライシングである。原料問題が片付いた現在、セル技術の課題は高変換効率化と歩留アップによる低コスト化に尽きる。ウエハ厚さ、カーフロス、後工程で発生する10%以上とも言われる割れ損失、更にはセルの変換効率によりW当たりのSi量が計算されるが、現状の8g/Wpを4g/Wpに半減させるのが目標とされている。ウエハ厚さは現状の180~200 μm から100 μm へ、カーフロスは160から140 μm へ、が当面の課題であるが、ワイヤソーによるスライシングでは、ソーマーク、厚さばらつき、表面粗さ、端面形状、加工ダメージ(変質層、クラック)、砥粒によるワイヤ断線の問題があり、極めて達成困難な目標と考えられる。高速度撮影による観察、砥粒・スラリー組成など基礎的、系統的な検討が非常に多くなされているが、方向は必ずしも見つかっていない。これに対してノリタケより樹脂ボンディングしたダイヤモンド固定砥粒ワイヤの発表と展示があった。スライス速度、高品質形状、ワイヤ断線などの遊離砥粒方式の欠点を補う方式で、ウエハ薄肉化に向けた一つの方向とも思われるが、既に2,000台を超えている現存ワイヤソーへの適用性、表面ダメージの問題(曲げ強度が低いと言われている)、コストなど、まだ十分な認知を勝ち得ていない模様である。

③ウエハ品質検査技術:セル工程での問題点は、主に割れとセル間変換効率ばらつきに大別され、いずれもウエハの性状に起因する問題と考えられている。前者については、ウエハ厚さ、厚さ変動(TTV)、形状、エッジダメージ、グループ、 μ -クラックの100%検査実施が必要とされているが、現状いずれも技術未確立で標準化の段階にはない模様である。現時点では μ -クラックが犯人とされ種々の検出方法、装置が提案されている。これに対して、必ずしもクラックと割れの相関はなく、ウエハ形状の全面計測が必要との意見もある。特に多結晶Siにおいては極めて重要な課題であり、今後の問題の整理、解決が待たれるところである。

一方、セル性能ばらつきの原因となるウエハ性状の格付け(Rating)に向けた手法の提案がFraunhofer ISEよりあり注目された。PLイメージを画像解析することにより、欠陥量(クラック、粒界、転位)、結晶品質(活性ドーパント量、ライフタイム)を定量化し、性能指標の一つである開放電圧(Voc)との相関を調べたもので、良好な結果を示している。非常に手間がかかり、また適用性に限界があるため、まだ実用化に向けての課題は多いと思われる

が、このような幅広い技術と労力が必要な技術開発を行う姿勢に敬服させられた。

④高変換効率化：欧州発の p 型 MWT-PERC(Metal Wrap Through-Passivated Emitter and Rear Cell)の高性能化、バリエーション技術の開発が数多く発表された。変換効率は 20%越えが見えるところまできており、Sun Power の n 型バックコンタクトセル、三洋電機の HIT に迫るまでになっている。高効率セルは恐らくこの 3 タイプとそれらの変形型に収斂していくものと思われる。特に MWT-PERC 構造は多結晶 Si でも変換効率 17%以上が確認されており、前述の結晶品質向上と併せて、Cd-Te や a-Si との品質格差維持の有力な武器となるかもしれない。これに対して、Oerlicon 社は製造プロセスと材料構成を抜本的に見直すことにより、Cd-Te より低コストのタンデム型 a-Si によるターンキー事業のスタートを発表した。スパッタレス化による低設備コストとスループットの向上、TCO の最適化による変換効率アップと材料費低減がこの低コストと変換効率 10%保証を実現したとされる。今後の多結晶 Si、Cd-Te、a-Si の争いは予断を許さない状況となる。

変換効率アップに向けた地道であるが共通の取り組みとしてスクリーン印刷技術の改善への取り組みが種々行われている。実効的な受光面積を稼ぐために、バスバーの裏面への移行とともにフィンガー電極の高アスペクト比化が求められている。その解決策の一つとして Double Printing が考えられており、更にコンタクト部と導電部でペースト種類を変えることにより変換効率向上と抵抗ロス低減を実現する新技術の提案も行われている。このようなデバイス構造の複雑・精密化を実現するためには、印刷版等の周辺材料の改良なども必要となろう。

⑤市場動向：Sun Power が発表した直近のモジュールスポット価格推移は衝撃的なものであった。First Solar の低価格 Cd-Te(1.5€/W)に引っ張られる形でスタンダードタイプの各メーカーの価格がこの一年間で急落し、日本製は 1.7€/W)と中国製(1.6€/W)とほぼ同水準となっている。これに対して Sun Power(2.6€/w)、欧州製(2.2€/W)は比較的高価格を維持している。前述の高効率セル技術の普及を背景にしたこの一年間の変化は急激なものであり、恐らく中国メーカーの品質も大きく上がってきているものと思われる。日本のセル・モジュールメーカーは出荷量の 2/3 を欧州を中心とした海外市場に依存しており、特徴的な製品をもてないメーカーは今後ますます苦しい事業展開となっていくことが想像される。台湾メーカーが述べていた「太陽電池は製品格差をつけにくい商品であり、どのようなサプライチェーンを組むか、市場アクセスの方法をとるか、が事業成否のキーである」との言葉が重く響く。太陽電池は、完全にグローバル技術とグローバル市場の世界であり、日本メーカーには是非積極的に海外の場に進出して競争力を高めてもらいたい、というのが本会議に参加した率直な感想である。