

PV Japan 2012

(株) コベルコ科研 中上明光

(1) PV Japan 2012 の展示会の概要

2012年12月5日から3日間にわたり幕張メッセで開催された首記太陽電池の専門セミナー及び展示会に参加した。3.11の東日本大震災以降のエネルギー事情の急変から再生可能エネルギー、中でも太陽光発電に寄せる期待が大きく、展示会場は久々の活況を呈していた。同時開催の再生可能エネルギーフェア2012とあわせ来場者数は42,000人(昨年:37,000人、主催者発表)であった。2012年7月からスタートした「固定価格買取制度」の発足で、太陽電池の市場が日本にありとの見方から国内の太陽電池メーカー・システムメーカー大手:シャープ、京セラ、パナソニック、三菱電機、ソーラーフロンティア、東芝など、中小メーカー:カネカ、大同製鋼、長州産業など、海外メーカ:中国(SUNTHCH,SOPRAY,Upsolar)、韓国(Hanwha)、米国(SUNPOWER)、ヨーロッパ(Q-CELLS、韓国 Hanhwa の傘下)などが出展し、賑わいを見せていた。ドイツ、スペインなどのFITにかげりが見えてきたヨーロッパ市場の次に期待される日本市場に、出展数が昨年に比べ一段と多くなっている。



PV Japan 2012 会議・展示会場

生産されている太陽電池としては結晶系シリコン(Si)(単結晶、多結晶)が多数を占め、87%近くに上る。更に高効率化の動きは早く、高効率単結晶 Si 太陽電池へシフトしている。一方で、低価格を売り物に多結晶 Si も効率を上げ、モジュールサイズを大きくしている。薄膜 Si 太陽電池(4.7%)は従来の低価格・タンデム型のほかに屋根一体型、シースルーの特徴を生かした建材としての活路を見出そうとしている。化合物薄膜太陽電池では CIS,CIGS(2.6%)の出展が目立つ。

このような日本市場への期待の中で開催された PV Japan 2012 展示会と専門セミナーに参加した。今回は高効率化を目指した「結晶シリコン系太陽電池の最新技術動向」と長期寿命・信頼性を観点に「太陽電池モジュール構成材料の高信頼性」のセミナーに参加した。

(2) PV Japan 2012 専門セミナー参加報告

1) 結晶シリコン系太陽電池の最新技術動向

・ パナソニック グループ、三洋電機から「Technology Development Trends of Crystalline Silicon Solar Cells towards High Efficiency」と題して結晶 Si 太陽電池の高効率化の最新技術動向の講演があった。高効率結晶 Si 太陽電池として代表的なのは①IBC※1: バックコンタクト型太陽電池と②HIT※2: ヘテロ接合型 Si 太陽電池の2種類である。① IBC は表面から電極を無くして p 及び n 層電極を裏面に形成して表面電極による太陽光のシャドーロスが無い構造を実現しており、米国 SUNPOWER 社が開発・量産化している。一方、②HIT はアモルファス Si と結晶 Si とのヘテロ(異種)接合型太陽電池であり、日本の旧三洋電機が開発した日本発の高効率太陽電池である。

PV モジュールの世界の販売価格は1970年当時\$100/Wp(累積出荷量1MWp)であったが、2011年には\$1/Wp近く(累積出荷量100GWp)に迫っている。2011年のPVモジ

ジュールの生産は 34.8GW に達し、2010 年の 146%である。多くの PV モジュール供給メーカーが競う中、この PV 市場に生き残るには低価格化のみならず差別化、高効率化、変換効率の良好な温度係数、長期信頼性、長期保証がある。技術別にみた PV モジュールの生産割合は結晶系 Si（単結晶、多結晶）が全体の 86.8%(2011 年)を占める。内、高効率単結晶 Si 太陽光発電（IBC,HIT）は 4.3%を占める。

IBC 型太陽電池では高効率化のため表面電極を全て裏面側に配置してシャドーロスによる光電流減少の回避に加え、n 型単結晶ウエハを使用している。現在も p 型ウエハが多用されている中、n 型はキャリアライフタイムが大きい、BO 複合化合物による光誘起劣化が無い特徴を持つ。p 型 Si ウエハの PV モジュールには PID^{*3}(潜在的に誘発される出力低下)の報告が最近問題になっている。マイナス数百ボルトのバイアスが使用中にかかる劣化異常が生じる。n 型 Si ウエハの PV モジュールには殆ど発生しない。正イオンの移動による表面絶縁層の帯電が原因と考えられている。

一方、HIT 型太陽電池の構造は、n 型 Si ウエハの表と裏に非晶質 Si の薄い層で対症的に被覆した太陽電池構造をしており、そり・たわみに強い。更に、電極構造の改良、表面の光閉じ込め効果の改良により太陽電池セルの変換効率 21.6%、モジュールでは 18.7%を達成している。HIT は変換効率の温度係数が通常の結晶 Si 太陽電池に比べ低いので、高温時の出力低下は抑えられる。また、HIT ダブルは表裏両面の発電が可能である。低価格化には Si ウエハの薄肉化が期待されているが、HIT は表裏対象構造のため反り・たわみに強く、薄型化が期待されている。HIT には構造上、表面に帯電層が無い（表層 TCO）ので PID 劣化が無いことも特徴である。最近の HIT セルで変換効率 23.9%(102cm²,R&D)が得られているとのこと。これを超えた変換効率はまだ無い。

2) 太陽電池モジュール構成材料の高信頼性

独 Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics CSP から「Potential Induced Degradation of Crystalline Silicon Photovoltaic Modules」と題して結晶 Si 太陽電池モジュールの信頼性・劣化評価について講演があった。昨年 6 月に Fraunhofer 研究機構から結晶系 Si 太陽電池モジュールに関して独自に劣化解析し、PID の評価結果を公表したことに端を発し、国内外で注目されている。歴史的には PID は n 型 Si セルモジュールが正の高電圧バイアス下で、p 型 Si セルモジュールが負の高電圧バイアス下で発生している。PID 報告例は増加しており、特に南欧（イタリア、スペイン、ポルトガル）が多い。日本でも PID の報告があるが、ドイツでは殆ど無い。イタリアでの屋外での試験の例では、屋外暴露 10 か月後 PID はモジュールの負端 -730V のバイアスで発生し、3~55%のモジュールが劣化し、劣化セルはランダムであった。ヨーロッパでの屋外試験での報告によると、漏れ電流発生にはモジュール表面の湿度が必要、温度が上昇すると漏れ電流は増加、モジュールが海岸近くに設置されると漏れ電流は増加したとのこと。

そこで、Fraunhofer 研究機構ではこれまで PID に付いての世界的な評価標準が無いので、独自に評価条件を設定した。温度：25,50,60℃、相対湿度 50,85%、試験時間 48,168,72h、バイアス -1000V、均一に電界がかかるように Al フォイルカバー有り、無しの組み合わせで評価した。モジュールはドイツのディーラーから匿名で購入(2012 年 5 月)、モジュール枚数は 13 枚、製造国は中国、日本、韓国、シンガポール、ドイツ。殆どのモジュールが 2011 年 Q3/Q4 で製造されていた。評価結果、13 社のモジュールのうち全く劣化の無かったのは 4 社のモジュールのみで、試験開始後 2 日で 99%の劣化（出力低下）が認められたものも

あった。劣化の解析では、劣化セルに局所的なホットスポットが発生、シャントした領域（漏れ電流が多い領域）の p/n 接合は全く消失、Na の偏析がシャント領域の SiN/Si 界面で見られた。Si 欠陥もこの領域で見られた。対策対象としては原因の殆どがセル側にある。Na はカバーガラスから起因しているとのこと。

以上が Fraunhofer 研究機構からの講演であり、インパクトの大きい評価結果の詳細を聞くことが出来た。今回の PV Japan 2012 ではこの PID 対策に対応したメーカーの展示資料が見られた。太陽電池メーカーにとって長期信頼性・寿命が問題視されている中での評価に直ちに反応したようである。因みに PID 劣化の無かった 4 社のうち 2 社はシャープと京セラであると、両社が発表した。

米国 NREL (National Renewable Energy Laboratory) から「Potential Induced Degradation in Crystalline Silicon PV Modules: Evaluation of Dualability」と題して同様の PID についての講演があった。PID 劣化の原因の一つ Na のガラス（ソーダライムガラス）からの移動として表面の湿度の影響、封止材からセルへの水分の浸入、電極剥離、腐食などについて調査した。テスト条件として、温度 45°C、相対湿度 30%、負バイアス -1000V、ミニモジュールを用いてガラス材料の影響（ソーダライムガラス、石英ガラス）など。PID に最も影響があったのは Na ライムガラス/EVA 封止材。ダンプ加熱とシステムバイアスの影響では、漏れ電流は温度が高いほど、湿度が大きいほど高くなる。

PID を阻止するには表面横方向に伝導性の膜付け (TCO)、ソーダライムガラスの Na の移動の阻止、導電性封止材使用、セルの高負電界の阻止、パッケージ部品の接地などを上げている。更にテストを実施し、PID の原因究明、阻止法を提案していくとのこと。

- (注) ※1 IBC: Interdigitated Back Contact
※2 HIT: Hetero-junction with Intrinsic Thin-layer Solar Cell
※3 PID: Potential Induced Degradation

以上