

## 特集《震災復興支援プロジェクト》

## 再生可能エネルギーの研究取組について

—地域イノベーション戦略支援プログラムにおける次世代太陽電池の研究開発

国立大学法人 福島大学 特任教授 齊藤 公彦



## 要 約

福島県内の太陽光発電関連の産業集積促進が急務となっている中、福島大学地域イノベーション戦略支援プログラム太陽光発電チームでは、独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）との連携・支援の下、極薄型結晶シリコン太陽電池の実用化に向けた開発に取り組んでいる。極薄になることによる課題解決のために、素子構造やプロセスの改良、電極パターンニング法の開発を進めている。さらに、会津大学等とも連携して、太陽光発電装置の新規劣化診断装置等の新たな製品開発にも取り組んでいる。そのような取り組みから得られた知的財産については、地元企業を中心に広くライセンスする方針とし、福島を再生可能エネルギーの先駆けの地とすべく活動している。

## 目次

1. はじめに
2. 背景
3. 研究開発
4. 他研究機関との連携
5. 実用化に向けて

## 1. はじめに

福島大学は、文部科学省の地域イノベーション戦略支援プログラムの採択をうけ、福島県及び福島県内の3大学（日本大学、いわき明星大学、会津大学）、地域の企業・金融機関等と連携して、太陽光発電（主担当：福島大学）、風力発電（主担当：福島大学）、熱電変換（主担当：いわき明星大学）、地中熱利用（主担当：日本大学）、スマートグリッド技術（主担当：会津大学）などの研究開発を進めるとともに、再生可能エネルギー産業を推進するため、地域に必要な人材の育成を行い、「再生可能エネルギー先駆けの地」として産業集積と雇用創出を実現することを目的とした取り組みを行っている<sup>(1)</sup>。本稿では、その中でも特に太陽光発電の研究開発の取組について紹介する。

## 2. 背景

福島県では、2012年3月に発表された「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」(改訂版)<sup>(2)</sup>にも示されている通り、東日本大震災からの復興に対し、「脱原発」とともに、「再生可能エネルギーの先駆けの地」を

目指すべく、県内で使われるエネルギー量に対する再生可能エネルギーの割合を2040年度までに100%まで引き上げる目標を掲げている。一方、2012年7月から始まった、再生可能エネルギーの固定買取制度においては、2014年6月末までに認定設備容量が約72GWとなり、その内の約96%に相当する約69GWを太陽光発電が独占している状況となっている<sup>(3)</sup>。中でも福島県は、2014年9月末までの太陽光発電の認定設備容量が4.3GWと全国トップの導入予定量を有し<sup>(4)</sup>、これは既に、「福島県再生可能エネルギー推進ビジョン」(改訂版)における2030年度の太陽光発電の導入目標設備容量である2GWの2倍以上に相当している。即ち、福島県内への太陽光発電関連の産業集積促進が急務となっている。

また、政府の「東日本大震災からの復興の基本方針」(2011年7月)に基づき、独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）が「世界に開かれた再生可能エネルギーの研究開発の推進」と「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」を目的とした再生可能エネルギーの世界最先端の研究拠点として、福島再生可能エネルギー研究所（FREA：Fukushima Renewable Energy Institute, AIST）を郡山市に2014年4月に開所した。当該研究所の太陽光発電に関する研究開発としては、結晶シリコンインゴットのスライスから、セル化・モジュール化までを一貫して作製できる研究設備を整備し、高効率で信頼性の高い軽量の結晶シリコン太陽電

池モジュールを低コストで実現するための開発を行っている<sup>(5)</sup>。特に低コスト化に関し、モジュールコストの約半分を占めるウェハーコストの低減化を狙った薄型結晶シリコン太陽電池セルの開発は、現在、太陽電池セル、モジュールの主な製造拠点が中国、台湾となっている現状において、日本国内で生産し国際競争に勝てるモノづくりの実現に向けて極めて重要であると考えられる。一般に、太陽電池セルのウェハーは、シリコンインゴットをワイヤーソーでスライスすることにより得られ、現状のウェハー厚みは約160 $\mu\text{m}$ 程度であるが、ワイヤーソーの切りしろ（カーフロス）の低減化も図りつつ、このスライス厚み＝ウェハー厚みを薄くすることによって、1インゴットより得られるウェハー枚数が増大し、即ち、その分ウェハー1枚当たりのコスト低減が可能となるからである。

### 3. 研究開発

福島大学地域イノベーション戦略支援プログラムの太陽光チームも、2012年の発足当時より産総研との連携、支援の下、更に薄いウェハー厚さ<50 $\mu\text{m}$ の極薄型結晶シリコン太陽電池セルの開発に取り組んでいる。この極薄領域になってくると、以下のことが課題となってくる。

① 量産性に適した極薄ウェハーの作製方法

② 極薄ウェハーのハンドリング方法

(通常の市販ウェハーは120mm角～156mm角のサイズを有する。厚みが薄くなってもこのようなサイズでのセル作製が望まれる。)

③ 極薄化による変換効率（電流）低減の抑制

(基板が薄くなる＝光の吸収部分が減少することより、発電電流量が減少する。)

当チームにおいては、②と③の課題に対し、裏面電極型の素子構造を採用し、光入射側にガラス基板を貼り合わせて安定したハンドリング性を確保した後に、裏面側に対して素子構造を形成するプロセスを提案している。一般のセルにおいては、一方の面に正（p）、他方の面に負（n）といった基板の両面に電極を有する構造であり、特に表面の光入射側には、数本のバスバー電極とそれに数mmおきに直行するフィンガー電極で構成される集電電極（金属製、一般にはAg）が配備されるため、その電極面積分だけ光入射面積が減少して発電電流が減少する（シャドーロス）というデメリットを有するが、裏面電極型構造においては、光

入射側と反対側となる裏面側に両極電極が互いに向き合った櫛形状に配備されることにより、この光入射側のシャドーロスをゼロにすることができ、その構成上、発電電流量を最大限確保することが可能となる。ただし、この構造の作製にあたって、ドーブ層を1000 $^{\circ}\text{C}$ 近い高温を必要とする拡散プロセスにより形成することは、ガラス基板（および接着法によってはその接着層）が温度的に耐えることはできない。このため、当グループでは、ヘテロ接合と呼ばれる、結晶シリコン基板表面を真性アモルファスシリコン膜でパッシベーションを行った後、同じくp、nドーブされたアモルファスシリコン膜を形成する素子構造、即ち先の裏面電極型と併せ、裏面電極型ヘテロ接合と呼ばれる素子構造での検討を行っている。このヘテロ接合タイプでは、全体を通して約200 $^{\circ}\text{C}$ 以下のプロセス温度で素子形成が可能であると同時に、近年この裏面電極型ヘテロ接合構造にて25%以上というセル効率がパナソニック（株）およびシャープ（株）より報告され、そのポテンシャルの高さが既に実証されている<sup>(6),(7)</sup>。ただ、この構造の作製においては、裏面側へのp、n電極部分の作り分け（パターニング）に対し、電極ギャップの精度の確保等の観点から、フォトリソグラフィ法を複数回繰り返すといった、プロセスや設備として煩雑かつコストの掛かる方法が一般的に用いられている。このため、当グループでは、簡便かつ低コストを目指した新規パターニング方法として、インクジェット印刷を用いたパターニング方法を、本パターニング方法に適したデバイス構造の設計まで含めて、総合的かつ重点的に開発に取り組んでいる。また、①の課題に対しては、産総研福島再生可能エネルギー研究所の「被災地企業のシーズ支援プログラム」事業<sup>(8)</sup>において、地元企業と産総研が実施しているスライス基板の更なる薄型化に向けた要素技術開発に、協力機関として参画し取り組んでいる。

### 4. 他研究機関との連携

ところで、これらセル関連の研究開発に関しては、基礎開発的要素も多く、事業移転には少し時間を要する。このため、地域イノベーション戦略支援プログラムが目指す、数年内の事業化、事業移転を目指す研究開発の取り組みとして、現在爆発的に増大している太陽光発電システム市場にも対応すべく、モジュールやシステムに対する新規劣化診断装置といった開発に

も、産総研、並びに、同じく地域イノベーション戦略支援プログラムのメンバーである会津大学と連携して取り組んでいる。モジュールやシステムのオンサイトでの故障診断といった技術・製品は既に数多く存在するが、この故障度合いの見積り精度を高めて、オンサイトでの劣化診断が実現できると、例えばモジュールの交換保証対象となる比較的軽微な経時劣化に対する診断への可能性が広がる。また、太陽光発電システムとIT技術とを融合した新製品創出に向け、「被災地企業のシーズ支援プログラム」事業<sup>(8)</sup>として地元企業と産総研が実施している太陽光発電利用の独立型防災サーバーについても、会津大学とともに協力機関として参画し取り組んでいる。

## 5. 実用化に向けて

さて、これらの研究開発に関する知財の取り組みについて、連携・協業先の有無やそれらとの契約関係等によりケースバイケースではあるが、基本的に、セル開発のように比較的足の長い研究開発から生じる特許に関しては、大学、産総研などの公的研究機関が主体となって出願を行い、将来実用化に近づいたところで、地元企業を中心に広くライセンスする方針としている。一方、比較的事業化に近いシステム寄りの開発に関しては、事業化を加速するという意味において、地元の連携・協業先企業等が主たる出願人となって出願し、早期に自由に権利を行使できるような環境の構築を目指している。

以上、福島を再生可能エネルギーの先駆けの地とすべく、地元企業、産総研、会津大学等と密に連携を

りつつ、これら極薄基板太陽電池セルや新規劣化診断装置、PVシステムの新規応用製品といった研究開発および知財活動を推進している。

### (参考文献)

- (1) 福島地域イノベーション戦略支援プログラムホームページ, <http://f-inov.jp/index.html>
- (2) 福島県ホームページ [http://www.pref.fukushima.lg.jp/download/1/re\\_zenpen.pdf](http://www.pref.fukushima.lg.jp/download/1/re_zenpen.pdf)
- (3) 資源エネルギー庁資料 [http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene\\_shinene/shin\\_ene/pdf/004\\_08\\_00.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/shoene_shinene/shin_ene/pdf/004_08_00.pdf)
- (4) 資源エネルギー庁資料 [http://www.fit.go.jp/statistics/public\\_sp.html](http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html)
- (5) 独立行政法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所ホームページ, <http://www.aist.go.jp/fukushima/index.html>  
独立行政法人産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム ホームページ, <http://www.aist.go.jp/fukushima/ja/unit/PPT.html>
- (6) K. Masuko, M. Shigematsu, T. Hashiguchi, D. Fujishima, M. Kai, N. Yoshimura, T. Yamaguchi, Y. Ichihashi, T. Mishima, N. Matsubara, T. Yamanishi, T. Takahama, M. Taguchi, E. Maruyama and S. Okamoto, IEEE Journal of Photovoltaics, Vol.4, No.6, pp.1433-1435 (2014)
- (7) J. Nakamura, N. Asano, T. Hieda, C. Okamoto, H. Katayama and K. Nakamura, IEEE Journal of Photovoltaics, Vol.4, No.6, pp.1491-1495 (2014)
- (8) 独立行政法人産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所 被災地企業のシーズ支援プログラム ホームページ, <http://www.aist.go.jp/fukushima/seeds/>  
(原稿受領 2015. 1. 22)