

PVSEC18 ショート速報[無機ナノ材料・新概念太陽電池]

黒川 康良、小長井 誠 (東京工業大学)

会議名 : The 18th Photovoltaic Science and Engineering Conference & Exhibition

開催期間 : 2009年1月19日-23日

開催場所 : Science City Convention Center (Kolkata, インド)

*****要 約*****

MA Green 教授が第三世代太陽電池を提唱して以来、ナノ材料や新概念太陽電池に関する研究は全世界に広がっている。特に量子ドット太陽電池は、化合物系のみならずシリコン系においても既にデバイス構造の作製が試みられ、その特性が少しずつ明らかになってきている。今回の学会では、欧米の研究機関による発表がなかったのは残念ではあるが、インドの研究機関においてもナノ材料や新概念太陽電池に関する発表が多く見られ、関心の高さを伺うことができた。

1. はじめに

無機ナノ材料・新概念太陽電池は、有機・ハイブリッド系太陽電池とともに Aria 6 (Photovoltaic with nanocomposites and new concepts)に分類されていた。Aria 6の分野でプログラムに掲載された発表論文数は合計で71件(プレナリー4件、オーラル33件、ポスター34件)である。国別では、インドが34件と半数以上を占めており、次いで、日本、台湾、オーストラリア、米国・韓国の順であった。ヨーロッパの研究機関や世界の企業による発表がほとんどなかったのは、先日起きた同時多発テロの影響により、参加を敬遠したためと考えられる。

無機ナノ材料・新概念太陽電池の発表論文件数は26件(無機ナノ材料21件、プラズモン2件、ホットキャリアセル2件、波長変調1件)であった。この分野は、New South Wales 大学(豪)、NREL(米)、Delaware 大学(米)、マドリッド工科大学(西)、インペリアルカレッジ(英)などが有名であるが、本学会への参加は、New South Wales 大学のみであった。プレナリーセッションでは、いつものように New South Wales 大学の MA Green 教授がシリコン量子ドットタンデム太陽電池に関する研究の進捗状況を発表した。本稿では、無機ナノ材料・新概念太陽電池に関して、興味深かったものについて以下に詳しく述べる。

2. 無機ナノ材料

2. 1 プレナリー発表

New South Wales大学のMA Green教授のプレナリー発表は最終日に行われた。内容に関しては、昨年行われた23rdEuroPVSECでの発表とほぼ同じものであった。注目すべきは、EuroPVSECでは、SiO₂中にサイズ制御されたSi量子ドットの超格子構造を用いたp-i-nホモ接合にて、390 mVの開放電圧が達成されていたが、本学会では500 mV弱まで開放電圧の記録が更新されていたことである。短期間での記録更新は素晴らしいものである。一方で、短絡電流や変換効率に関するデータは示されず、SiO₂マトリクスゆえ、電流を取り出すことの困難さが伺える。Green教授の次の講演がキャンセルされたため、長い質問時間が設けられ

たが、インドの研究者から多くの質問がなされ、その時間の後もGreen教授はインドの研究者に囲まれていた。このことから、インドにおける新概念太陽電池に対する関心の高さが伺える。

2. 2 Si量子ドット

New South Wales大学のD. Songらは、a-SiC中にサイズ制御されたSi量子ドット超格子に関する研究を進めている。本学会では、Si量子ドット超格子膜を用いたp-nホモ接合の作製に関する発表を行った。ドーパントとしては、SbとBを用い、スパッタにより製膜を行い、1100 °Cでアニール処理することでシリコン量子ドット超格子膜を作製した。I-V特性は整流性を示したが、開放電圧は82 mVに留まった。アモルファスを含んだpn接合のため、この結果も納得である。今回は、とりあえず作製してみたといったところであろう。東京工業大学のY. Kurokawaらは、33rd IEEE-PVSCにて、a-SiCを用いたSi量子ドット超格子構造を発電層(i層)に採用したp-i-nヘテロ接合を作製し、分光感度及びフォトルミネッセンス測定の結果から発電層由来の光起電力効果を示唆する知見を示した。このとき開放電圧は165 mVに留まったが、その原因がドーパントの拡散によるものであると確認し、それがプレアニール処理により抑制できることを本学会にて示した。

2. 3 化合物量子ドット

Aria 6にて、化合物量子ドット太陽電池に関する発表は、東京大学のグループのみであった。大島らは、GaAs(001)基板上にp-i-n量子ドット超格子太陽電池構造を作製した。i層はGaNAs中にSK成長により自己配列されたInAs量子ドット超格子により構成されている。本学会では、バリアとなるGaNAsの膜厚を薄くすることで、1000 nm付近の波長範囲の分光感度が増加することが示された。これは、バリア層が薄くなったことで、量子ドット中に生成したキャリアを収集しやすくなったこと及び吸収端がレッドシフトしたためであると述べられている。また、バリア層の薄膜化はGaAs基板における分光感度も増加させるため、全体として短絡電流を24.93 mA/cm²まで増加させることに成功した。

3. ホットキャリアセル

New South Wales大学のShresthaらは、ホットキャリアセルに必要なEnergy Selective Contact (ESC)の作製に関する報告をした。ホットキャリアセルは、バンドギャップより大きなエネルギーを持つ光により励起されたホットキャリアがフォノンにエネルギーを放出する前に、外部に取り出すことでバンドギャップ以上の高い開放電圧を得るものである。外部に取り出す際に金属電極との接触面で、コールドキャリアにエネルギーを奪われてしまわないように、ホットキャリアの持つエネルギー帯のみ通すようなESCが必要となる。Shresthaらは、ESCをサイズ制御されたSi量子ドット/SiO₂ダブルバリア構造にて作製した。この技術は、彼らが既に有しているSi-量子ドット超格子構造の作製方法を転用したものである。I-V特性から、共鳴トンネルを示す負性微分抵抗の観測に成功した。今後の課題は、負性微分抵抗共鳴の質の向上である。

4. おわりに

MA Green教授らのグループのシリコン量子ドット太陽電池における開放電圧の記録更新は、シリコン量子ドット太陽電池の可能性を示す重要な結果であると考えられる。一方で、短絡電流をどのように向上していくかが課題として残されており、その点で東京大学が発表したバリア層の膜厚を薄くすることによる短絡電流の増加は一つの糸口になるかも知れない。また、ナノ材料・新概念太陽電池に関して、インド工科大学とい

ったインドの研究機関も高い関心を持っていることがわかった。第三世代太陽電池研究の裾野が広がることで、今後もこの分野の研究が活発に続いていくものと期待する。