

35<sup>th</sup> IEEE PVSC ショート速報 [有機薄膜太陽電池]

當摩哲也 (産総研・JST さきがけ)

会議名 : 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference

開催期間 : 2010年6月20日-25日

開催場所 : Hawai'i Convention Center (ホノルル、ハワイ州、米国))

\*\*\*\*\*要 約\*\*\*\*\*

プレナリーはkonarka社のA. Zedda氏とノーベル賞受賞者のA. J. Heeger氏によって行われ、高分子塗布系有機薄膜太陽電池のエネルギーペイバックタイム (ETP) は0.19年との計算結果を公表した。また、有機薄膜太陽電池の心配事である耐久性の問題についても、新規バリア材料を導入した場合、加速試験において4000時間以上安定、つまり計算で20年以上の耐久性を持つことが報告された。開発が遅れていた低分子蒸着系でも、ドイツのドレスデン大学を核とした産・学・官連合により、1.1 cm<sup>2</sup>のタンデムセルで7.7%の効率がフランフォーファにより測定され、1 cm<sup>2</sup>以上の公式セルで世界最高記録であることが公表された。

\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

本会議において有機系太陽電池の発表は、プレナリー1件、口頭発表20件、ポスター発表36件であった。他の太陽電池と比較すると発表件数は少ないが、プレナリーは高分子塗布系有機薄膜太陽電池モジュールの開発で世界をリードするkonarka社と、この分野を牽引するノーベル賞受賞者のA. J. Heeger氏による最新データの報告から始まり、世界各国の研究者から様々な観点での重要発表が相次いだ。たとえば、有機薄膜太陽電池のキャリア再結合メカニズムの探求や、高性能化のためのバッファ層の導入と性能向上メカニズム、耐久性向上のための新規デバイス構造の検討、高分子塗布系のスプレー法による低コスト大面積作製法の検討、低分子蒸着系でのタンデムによる高性能化など、中身が濃くかつ多岐に渡るものであった。太陽電池を志向した会議であるため実用化の話が中心であり、基礎的な研究の場合でも、実用化を念頭に置いて発表されており、基礎研究と実用化志向の発表が連なることで、会議全体が濃い内容になっていると思われる。

## 2. トピックス

## 2.1 高分子塗布系有機薄膜太陽電池

1) プレナリーでは、高分子塗布系有機薄膜太陽電池のエネルギーペイバックタイム (ETP) は0.19年との計算結果を公表した。これは、CdTeの0.75年とシリコン系の1.95年をはるかに凌ぐ値であり、塗布・常温プロセスの太陽電池の利点が大いといえる。また、耐久性については、アウトドアテストで2年以上の期間で効率の低下は見られず、実用上に問題はないと報告があった。温度65度、湿度85%の加速試験では、従来の封止バリアでは500時間程度の耐久性しかなかったが、新規の封止バリア材料を導入したところ4000時間と飛躍的に耐久性は向上し、計算上20年以上の耐久性があるとの報告があった。有機半導体材料は光に対する耐久性がなく、効率が低下するのではないかと懸念されていたが、水や酸素のガスが入らないようにすることで他の太陽電池と遜色のない耐久性をもつと示唆され、有機薄膜太陽電池の市場投入に明るいきざ

しが見えてきた。

2) 有機薄膜太陽電池のキャリア再結合メカニズムの探求については、Palo Alto Research Center (米国) の R. Street 氏らにより、性能低下の原因となるキャリアの再結合がどこで起きてしまうのかの研究成果が報告された。バルクヘテロ層内部や電極との界面などの可能性があったが、太陽電池の物性解析により、インターフェースディフェクト、つまり、バルクヘテロの内部ではなく界面の欠陥が原因であることが示唆され、これを改善することで性能向上が図れることが提起された。

関連するテーマとして、高性能化のためのバッファ層の導入の成果について、National Renewable Energy Laboratory (NREL), (米国) の J. J. Berry らにより報告された。高分子塗布系有機薄膜太陽電池では、従来のからの PEDOT:PSS (水溶性導電性高分子) バッファ層をなくすと開放電圧 (Voc) と形状因子 (FF) が低下し性能が十分発現しないことが知られている。これは、有機半導体と透明導電膜 (TCO) である ITO (インジウムスズ酸化物) との仕事関数のミスマッチといわれている。この問題を解決する新規バッファ層として NiO (酸化ニッケル) が注目されている。これは、仕事関数を調節することでロスを防ぎ高性能化することができる。膜の形成法は、パルスレーザー積層法 (PLD) やスパッタによる真空プロセスによる膜形成と、微粒子 NiO の分散液を塗布法により製膜する方法が知られている。一番簡単な塗布法で新規高分子 (PCDTBT) の系で、従来構造の 5% から 5.5% へ性能向上がみられ、この方法は性能向上に有効であると報告された。

3) 封止技術により有機薄膜太陽電池の耐久性は向上するとプレナリーで報告されたが、低コスト化を考えると、封止せずにそのまま耐久性がある太陽電池の方が望ましい。耐久性向上のための新規デバイス構造の検討として、NREL の M. T. Lloyd らにより ITO/酸化亜鉛 ZnO/高分子塗布系バルクヘテロ層/銀 Ag の従来とは逆構造が提案された。しかし、長時間のテストでは銀が酸化銀になり仕事関数の変化を起こしデバイスの整流性が反転する問題があり、その解決法として、性能向上のために有機層と銀の間にバッファ層の PEDOT:PSS (導電性高分子 ポリエチレンジオキシチオフェン:ポリスチレンスルホン酸) を入れ、銀の酸化を防ぐために銀電極の上にアルミ電極でキャップする方法が提案された。ライフタイム (性能半減時間) は 5000 時間と耐久性は向上しており、この技術の進展により真の低コスト太陽電池が可能になるかもしれない。

4) 封止を用いない新規デバイス構造で低コスト化の可能性があると報告があったが、作製プロセス自体でも低コスト化が可能であるとの報告もあった。IMEC (ベルギー) の C. Giroto 氏らにより高分子塗布系のスプレー法による低コスト大面積作製法の検討が報告された。窒素ガスをキャリアとして超音波により噴霧することで極薄膜の均一な膜が形成できる新規のスプレー法が報告された。条件や溶媒等の最適化により、膜の濡れ性をコントロールし、従来のスピコートによる塗布と同等の性能を持つ高分子塗布系太陽電池の作製に成功した。この成果は、有機のセッションで表彰 (Student Awards) され、大変期待のできる技術であることが裏付けられた。

## 2. 2 低分子蒸着系有機薄膜太陽電池

1) 高分子塗布系有機薄膜太陽電池は近年性能向上が目覚しく、研究開発も活発化している。有機薄膜太陽電池にはこの塗布法の他にも、真空中で低分子半導体材料を蒸着して有機層を製膜する方法があるが、残念

ながら性能が伸びず注目されなかった。しかし、現在市販されている有機電界発光ディスプレイ(有機ELテレビ)は低分子EL材料を真空蒸着により製膜する方法がとられており、高性能な低分子蒸着系有機薄膜太陽電池が開発されれば、このELの技術を転用することで即座に市販化できる期待がある。本会議ではInstitut für Angewandte Photophysik (IAPP) Technische Universität Dresden (ドイツ) のM. Riede氏らによりタンデム型低分子蒸着系有機薄膜太陽電池の高性能化の報告が行われた。彼らは、ドイツドレスデン大IAPPのK. Leo教授を筆頭に、有機EL材料ベンチャー企業Novalledと大手化学メーカーBASF、有機薄膜太陽電池材料ベンチャーHeliatekが産・学・官の連合を組んでおり、国からの巨大な研究資金をもとに開発を進めている。彼らは、各自の技術を持ち寄り総合力で高性能有機薄膜太陽電池を開発している。本会議での報告は低分子蒸着系有機薄膜太陽電池のタンデム化による吸収領域広帯域化で高性能化を果たした。ドレスデン大学IAPPはデバイス作製技術を、有機EL材料ベンチャー企業Novalledはエネルギー準位をコントロールするドーピング技術を、大手化学メーカーBASFはナローギャップ材料(長波長吸収有機半導体)を、有機薄膜太陽電池材料ベンチャーHeliatekはワイドギャップ兼高Voc発現材料をそれぞれ持ち寄り、国際認定機関であるフランクフォーファで最高性能デバイスとして公式に認定された。セル面積  $1.1 \text{ cm}^2$ 、Vocは  $1.67\text{V}$ 、短絡電流 ( $J_{sc}$ ) は  $6.81 \text{ mA/cm}^2$ 、FFは  $0.677$  で変換効率は  $7.7\%$ と報告された。

2) 酸化チタン  $\text{TiO}_2$  を中心金属とするフタロシアニン ( $\text{TiOPc}$ ) は赤外領域まで光吸収する材料として知られている。University of Arizona, (米国) の N. R. Armstrong 氏らにより、 $\text{TiOPc}$  を用いた赤外領域を有効利用した有機薄膜太陽電池が報告された。また、ポスターセッションでは Glancing Angle Deposition (斜め蒸着製膜法) により銅フタロシアニンの膜構造パターンをコントロールした成果などが報告され、蒸着系に関しては、従来とは異なる概念や、有機ならではの特長をもった研究が立ち上がりつつあるのが実感である。

### 3. おわりに

有機系のセッション (Area 6) では、日本からの口頭発表は中部大・梅野先生のグループと九工大・早瀬先生の2件だけであり、ポスターについても4件のみという状況で、日本のプレゼンスは極度に低下している。IEEEは電子・電気技術の学会であり、他のシリコン系太陽電池や無機化合物太陽電池では最先端の発表を行い、太陽電池メーカーや太陽電池研究機関が“凌ぎを削る”主戦場となっている会議であるが、有機系の太陽電池を研究している日本の研究機関や研究企業はその認識がないのが残念でならない。もはや有機薄膜太陽電池はベンチャーが製品を市場にリリースするフェーズになっており、IEEEでの議論は今後の市場化のポイントを議論する場所として位置づけられているので、次回からの会議には日本の発表者が増えることを期待したい。次回の36th IEEEの会議は、2010年9月にEU-PVSECとAsia/Pacific PVSECとのジョイント会議WCPEC-5としてスペイン・バレンシアで、次々回の37th IEEE PVSCは、2011年6月1日にアメリカ・シアトルで、その次の38th IEEE PVSCは、2012年6月にテキサス州オースチンで開催予定である。