

レベルアップによりオールペロブスカイト・タンデム太陽電池の効率向上

太陽エネルギーは、化石燃料から持続可能性エネルギー源への移行で重要な役割を担っている。太陽光は、豊富に利用でき、太陽電池は、そのエネルギーを直接電気に変換できる。しかし、効率、安定性、拡張性、コスト障壁が依然として存在する。

ペロブスカイトソーラセル (PSC) は、太陽電池にとって最も有望な半導体の1つである。かなりの効率 (>25%) であり、他の太陽電池に比べて高価ではないからである。また、タンデムソーラモジュールが、興味深いオプションとして登場してきた。その特徴が2つの集光活性層となっているからである。すなわち、シングル太陽電池よりも太陽スペクトルを効率的に利用できる。

ポスドク研究者のバーラム・アブドラヒ・ネヤント氏 (Bahram Abdollahi Nejad) とウルリッヒ・W. ペツォルト氏 (Ulrich W. Paetzold) をリーダーとする独カルスルーエ工科大 (KIT) の研究者が先頃、高効率、低バンドギャップ、2端子オールペロブスカイトタンデムソーラセルを作製した。効率は、0.1cm² 活性層で最大23.5%であり、オールペロブスカイトソーラミニモジュールにできる。ペツォルト氏は、次世代太陽光発電グループの先端オプティクスと材料 (Advanced Optics and Materials for Next-Generation Photovoltaics) のリーダーである。

これらタンデムソーラモジュールは、開口面積12.25cm²で効率は19.1%、またアップスケールプロセス (図) により高効率損失 (~2%程度) を阻止している。

このような効率向上を達成するために研究者は光経路を最適化し、太陽電池アーキテクチャ内の反射を減らした。また、2端子相互接続セルストリップを備えた機能タンデムソーラモジュールを実現するために高スループット・レーザスクライビング加工を利用した。

電池のスタック

大幅な研究・開発にも関わらず、シングルジャンクション (単接合) 太陽電池の効率は、理論的に <30% が限界である。

「しかし、異なるバンドギャップの2つの太陽電池を相互にスタックすると、デバイスの集光を最大化することで、この効率限界を上回る新たな道が開ける。結果的に面積当たりの電力生成は大きくなる」とネヤント氏は説明している。「この素晴らしいが、単純なアイデアは、新たなクラスの太陽電池、いわゆる‘タンデム太陽電池’の開発につながった。これは基本的に、>35%の効率となる」。

チューナブルバンドギャップを持つペロブスカイト太陽電池は、他の太陽電池技術のタンデムパートナーに理想的な候補である。「今日まで、2端子ペロブスカイト/シリコン、ペロブスカイト/セレン化銅インジウム・ガリウム (CIGS)、それにオールペロブスカイトタンデム太陽電池は、それぞれ29.8%、25%、及び26%を超える効率であり、最上位の十分に開発されたペロブスカイトベースタンデム太陽電池にランクされる」とネヤント氏は話

している。

これらタンデムセルの中で、2端子オールペロブスカイトタンデム太陽電池は、大きな注目を集めている。製造コストが低く、機械的柔軟性、完全溶液ベース処理可能性、多様なペロブスカイトバンドギャップの異なるアーキテクチャを柔軟に設計できるからである。「安定性と拡張性が満たされれば、将来的にはそれらは大きなシェアを取る」とネヤント氏は言う。「アップスケール最大の課題は、溶媒拡散によっていかなる劣化もないように、広いバンドギャップのペロブスカイトサブセル上に狭バンドギャップペロブスカイトを堆積することである」。

同氏によると、複数の研究が、電力変換効率 (PCE) >23% を示すラボスケールオールペロブスカイトタンデム太陽電池の効率を報告している。また、現在認定済みの記録は26.4%である。

「これらの値の全てがシングルジャンクション多結晶シリコンあるいはCIGSセルを上回ることを考えると、次の段階へ進み、スケラブルな製造工程、2端子オールペロブスカイトタンデムソーラモジュールのための相互接続法を開発する時であった」とネヤント氏は話している。

相互接続

相互接続法に関して、効率的な薄膜モジュール相互接続への確立されたルートは、3つの相互接続ライン: P1、P2、及びP3を利用する。グループは、それぞれ幅60μm、60μm及び40μmを利用した。



このオールペロプスカイトタンデムセルは、独カールスルーエ工科大 (Karlsruhe Institute of Technology) 研究者が完全スケラブルな成長法により作製した。(提供：パーラム・アブドラヒ・ネヤント氏)

3つのレーザスクライビング加工ステップは、モジュールのセルストリップ間の相互接続を作り出し、面積当たり可能な最高出力に到達した。最初のレーザスクライビングライン (P1) は、透明導電性酸化物上にレイアウトを生成。第2のレーザスクライビングライン (P2) は、接触経路を生成。ここでは、リアの金属コンタクトが堆積されると、サイドのサブセル・トップコンタクトが隣接セルストリップの下面コンタクトと接触。最後に、第3のレーザスクライビングライン (P3) は、セルストリップを分離し、それが順に繰り返されると、モジュールの最終アクティブエリアを規定する。

「P1とP3相互接続ラインの間のエリアは不活性である。これは、幾何学的フィルファクタ (GFF) で定量化された損失の関連エリアを示す。われわれの研究では、これは94.7%である」とネヤント氏は説明している。

この研究の最も意外な側面とは、2端子オールペロプスカイトタンデムモジュールが「効率低下が少ない、完全スケラブルな堆積法とレーザスクライビングを利用することである」と同氏は話している。

ペロプスカイトデバイスは、一般に、「パワー出力やスケラビリティ向上で目覚ましい進歩を示している。しかし、過去10年、安定性の改善にも関わらず、これまでのところ、市場で必要とされる規格基準を満たしていない」とネヤント氏は言う。「安定性問題を解決することで、ペロプスカイトベースのデバイスは、将来の市場で大きなシェアを獲得できる」。

次は、研究者はペロプスカイトタンデムセルの効率と安定性を改善しようとしている。同様に、市場ニーズに応えるようにスケラブルな堆積法により大型モジュールを達成することを考えている。(Sally Cole Johnson)

LFWJ

Newport®

米国ニューポート製品

年度末 特別値引き

SALE

定価より

10~15% OFF



Actuators



Optomechanics



Optics



Laser Diode Control



Light Sources



Light Analysis

2023年2月28日ご注文分まで
国内在庫品 当日・翌日発送

光技術に関するご相談は

<https://www.japanlaser.co.jp/>

E-mail: jlc@japanlaser.co.jp

JLC 株式会社 日本レーザー

本社 〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1
TEL: 03-5285-0861

大阪支店 TEL: 06-6323-7286
名古屋支店 TEL: 052-205-9711