

ペロブスカイトPVの商用展開促進に コラボレーションが有効

デイビッド・フォルガーチ

新製品開発プロセスにおける業界パートナーやクライアントとの関わりが、ペロブスカイトPV技術を研究室から商用および産業アプリケーションに展開する上で直接的な利益になる。

10年足らずで、ペロブスカイト太陽光発電は、科学界による単なる誇大広告的な技術から、商用実装のための強力な候補になった。近年、数十のスタートアップ企業が現れ、この技術を研究室から現実的なアプリケーションにしようという目標を共有している。

さまざまな企業が、太陽電池製造に使用する方法、ビジネスモデルの両方で、多様なアプローチを研究している。これらの要素間には固有の関係が存在する。選択された方法は、可能性のある材料、デバイス構造、性能、CAPEXやOPEXに関わるコストに直接影響するからである。

これらのパラメータの組合せが、所定の技術がPV市場浸透の最高の可能性がどこにあるかを定める。市場は、現状では中国メーカーが供給するローコスト結晶シリコン電池が優位を占めている。これは、供給過剰、価格押し下げによるもので、すでにヨーロッパの多くのPV

企業を破産に押しやっている。

近年、初代シリコンPV製品の価格下落が、テルル化カドミウム (CdTe) や銅・インジウム・ガリウム・セレン化合物材料 (CIGS) 太陽電池ベースの商用薄膜PVデバイスの市場シェア低下の原因となっている⁽¹⁾。かくして、現場は非常に競争的であり、新興のPVに関心を持つほとんどの投資家は、そのような背景からリスク嫌いである。したがって、ペロブスカイトのスタートアップは、技術の商用化を対処する方途を決めるにあたっては、こうした要素を頭に入れておくことで重要である。

シリコンを打ち負かすか対等か

スイス連邦材料試験研究所 (EMPA) のフランク・ニュエッシュ博士 (Frank Nüesch) は、スイス、ベルンで開催されたペロブスカイト関係者の会議で、そのようなビジネスエコシステムでペロブスカイトPVの市場導入

で採るべき可能な3つのアプローチに言及した。「シリコンと結びつくか、併存するか、シリコンを打ち負かすか、いずれかである」⁽²⁾。

技術的な視点からは、最後の選択肢は、新規の製品には非常に厳しいものである。ペロブスカイト太陽電池の効率は、実験室スケールで商用確定した他の薄膜PV電池を凌駕する点まで急上昇したが、まだ完全に理解されていない材料物理学の基本的な点が極めて多い。

恐らく、最も重要な点はペロブスカイト太陽電池の寿命予測の理解である、この点はほとんどの結晶シリコン太陽モジュールプロバイダーが提供する25年保証の産業基準に太刀打ちしなければならない。さらに、第一世代PVの確立された供給と価値連鎖は、新興技術を競争的に不利にする。

これにより、2つの実現可能な選択肢が残る。1つは、ペロブスカイト材料によってもたらされる利点を既存のシリコン技術と組み合わせ、多接合 (タンデム) 構造を造ること⁽³⁾。シリコン太陽電池を基板に使用すると、ペロブス

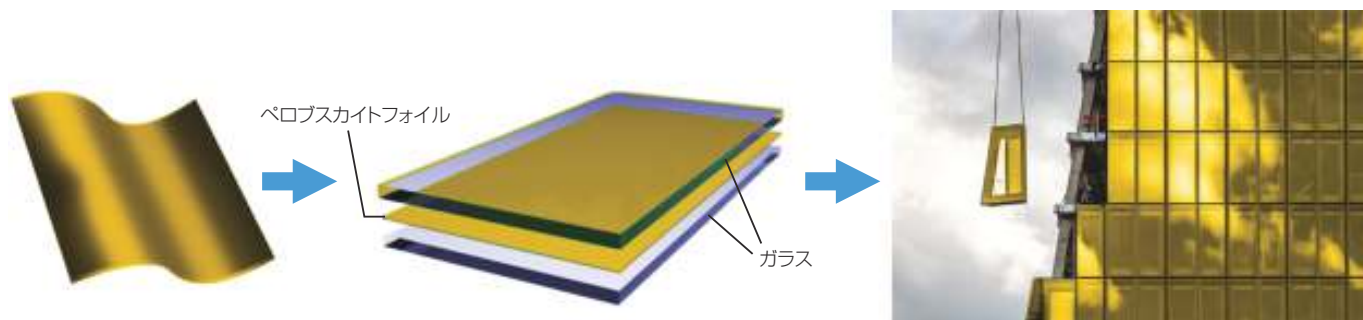


図1 図が示しているのは、ガラスシートとペロブスカイトソーラモジュールとを積層することでビルガラス外観を準備するコンセプトである。

カイトデバイスをその上に直接成長させることができる。そうすることで理論的に最大効率の太陽電池が実現し、所定の表面へのそのような導入によって取り込めるエネルギーが増える。

太陽電池製造に直接関わるコストがわずかであり、一般的な屋根あるいは実用規模の導入の総費用の一部が、着実に下降していることを考えると、ハイブリッドオプションは特に興味深い。英オックスフォード・フォトボルテイクス社 (Oxford Photovoltaics) は、このアプローチを追求することを決定している。これにより同社は、確立された技術に効果的に便乗することができる。

その考えは簡単そうに聞こえるが、ハイブリッドルートを市場に出す前に対処すべき大きな課題がある。モノリシックタンデム太陽電池では、PVデバイス全体を構成する2つのサブセルは、性能がほぼ均等でなければならない。そうでなければ、総出力は、弱いほうの値に抑えられることになる。

そのようなタンデム太陽電池の設計と製造の最適化には、複雑な計算と優れたエンジニアリングが必要になる。しかし実際、オックスフォード・フォトボルテイクス社のペロブスカイト／シリコンタンデム太陽電池は、先頃、単一接合太陽電池の効率世界記録26.7%を上回り、27.3%の効率を達成した⁽⁴⁾。この初の性能は傑出している、とはいえ、実試験では、稼働寿命全体でそれがどのように推移するかを見ることになる。

これまでのところ、ペロブスカイト太陽電池は、シリコンベースのシステムよりも寿命が短い、したがって、全体的な太陽電池スタックの安定性へ向けて、モノリシックタンデムアプローチの期待が極めて高い。ペロブスカイトサブセルの時間経過に伴う劣化が導

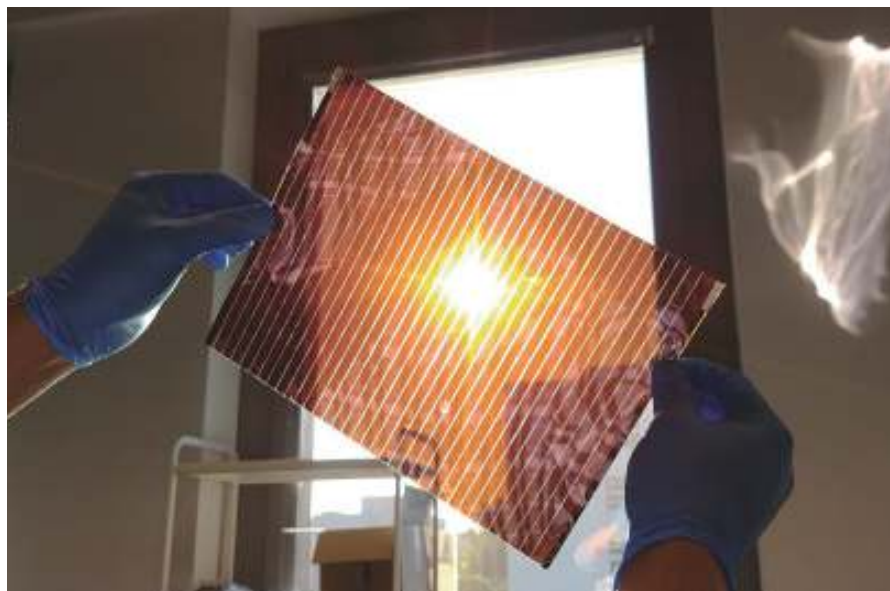


図2 図はソール・テクノロジーズ社が準備した初のA4サイズ半透明ペロブスカイトソーラモジュール。

入全体の性能を制約し、ペロブスカイト／シリコンタンデムアプローチの商用参入を先送りにするのが考えられる。

他方のオプションは、シリコン太陽電池の性能が十分に発揮されない市場セグメントを狙うことである。結晶シリコンは、間接バンドギャップ材料である、これは入力フォトンがフォノンと相互作用して吸収されるという意味である。この要件のために、フォトンが微光条件で収集される可能性は、直接バンドギャップ材料と比べるとけた違いに少ない。

また、シリコン太陽電池の最適厚さは100 μm 程度であり、これはペロブスカイトPVの最適厚さ300～1000nmと比べるとけた違いに大きい⁽⁵⁾。ペロブスカイトの柔軟性と大幅に強化された吸収特性により、そのような超薄膜は微光条件での性能は良好である、これらは結晶シリコンと比較して優れた2つの特徴である。これらの特徴を一定のアプリケーションで利用することは、したがってペロブスカイトに必要とされ

る市場での競争優位性を付与できる。

垂直BIPVアプリケーション

都市における太陽エネルギー取込機会は、限られている。従来のPV導入で利用可能な水平空き地が不足しているためである。建材にPVを組み込んだ製品が市場に出てきており、これは建物一体型太陽光発電 (BIPV) という概念である。ゼロエネルギーやカーボンニュートラル (環境に優しい) ビルディングという指示により、この市場は急成長が予測されている。

ソーラセルは、屋根ふき材、壁、窓材料に組み込むことが可能で、それにより多機能エネルギー取込面に変換される。結晶シリコンもそのようなアプリケーションで使われているが、微光性能が低いので、エネルギー収量は、垂直面では最適以下となる。また、反射防止コーティングがエネルギー収量を改善するとはいえ、曇りがちな天気や近隣ビルからの影が結晶シリコンの性能を急激に下げる。薄膜ペロブスカイト技術の優れた吸収特性と柔軟性により、直接、



図3 半透明ペロブスカイトソーラセルは、簡単にビル外観に組みこまれ、電気を生成する。(提供: サンスカ社)

間接を問わず、太陽光露光のあるどんな空き地でも利用可能になる。

その技術の商用化を狙っているほとんどの企業は、言うまでもなく、この道を追求しており、建築構成要素に組み込み可能なソーラモジュールを開発している。しかし、建設業界は非常に要求が厳しく、構造物に組み込むために通過しなければならない一連の要件や試験がある。建築家や建設会社は、設計や品質に関して独自の要求を持っており、したがって、BIPV 開発者にとっては、市場適成功のためにはクライアントと密接に協働することが基本になる。

成功へのコラボレーション

ポーランドのソール・テクノロジーズ社 (Saule Technologies) は、戦略的にパートナーとの共同開発活動に従事している。ヨーロッパの建設会社、スウェーデンのスカンスカ社 (Skanska) との契約は、同社が着手した最初の歴史的な取り決めであった⁽⁶⁾。コラボレーションでは、チームが協働して、オフィスビルの窓枠に組み込まれる半透明ペロブスカイトソーラモジュール実現のために、最も適切な方法を見つけようとする。

最新の積層窓は、接着剤、一般にはエチレン・ビニルアセテート (EVA) シートを2枚のガラスシートの間に組み込む (図1)。これにより、構造物は、壊れたときにもガラス破片をそのままとどめておく安全機能が付与される、また防音壁やUV保護特性が付与される (図2)。

どちらにしても窓は、積層ステップを必要とするので、エネルギー生成ペロブスカイトフォイルを工程中に窓に組み込む際の追加コストはかからない。この点は既存シリコンPV構造物組み込みに対する明確な優位性である。エンジニアは、個々の窓要素を相互接続する方法も開発しており、導入コス

トはさらに下がる。最終的に、労働と材料が、ビル建設コストの多くの部分を構成するので、ペロブスカイトPV材料は原価のほんのわずかにしかならず、長期的にはエネルギーコスト低減になる (図3)。

ソール社が選択したアプローチには多くの利点があるが、課題もかなり多い。積層プロセスは、ペロブスカイト材料に適合していなければならない、ペロブスカイトは化学的、熱的の両面で影響を受けやすいことが知られているからである。安定性の問題は、ここでも同様に妥当する。ビルは何十年も立っていなければならない、外観要素の置き換えは非常にコストのかかる冒険的の事業になるからである。

柔軟性、軽量、ソーラモジュールのカスタムデザインにより、BIPVの他に調査される他のアプリケーション領域は多い。これらの可能性の一部には、自動車、アパレルやウェアラブル、ポータブルエレクトロニクス、モノのインターネット (IoT)、産業分野での利用さえもある。我々は、これらの分野の主要プレイヤーと連絡を取り合い、新しいアプリケーションの機会を共同調査する。当社のソーラセルと同様に、会社は柔軟でなければならない。また、PVの熾烈な競争分野で生き残る多様性がなければならない。

参考文献

- (1) S. Philipps and W. Warmuth, "Fraunhofer-ISE Photovoltaics Report" (Aug. 27, 2018); see <https://goo.gl/U9g4pw>.
- (2) Empa Akademie conference, Industrialization of Perovskite Thin Film Photovoltaic Technology (Oct. 2018); see <https://goo.gl/xLSjq9>.
- (3) G. E. Eperon, M. T. Hörantner, and H. J. Snaith, Nat. Rev. Chem., 1, 12, 0095 (2017).
- (4) See <https://goo.gl/oK1xTu>.
- (5) K. Yoshikawa et al., Nat. Energy, 2, 5, 17032 (2017).
- (6) See <https://goo.gl/XxAJvu>.

著者紹介

デイビッド・フォルガーチ (Dávid Forgács) は、ソール・テクノロジーズ社の知識管理ディレクター。e-mail: david.forgacs@sauletech.com URL: www.sauletech.com