

# 建物外壁用全ペロブスカイト電圧整合タンデム太陽電池モジュール

## All-perovskite voltage-matched tandem solar modules for wall integration

豊田中研 <sup>○</sup>竹田 康彦, 山中 健一, 加藤 直彦

Toyota Central R&D Labs., Inc. <sup>○</sup>Yasuhiko Takeda, Ken-ichi Yamanaka, Naohiko Kato

E-mail: takeda@mosk.tytlabs.co.jp

有機-無機ハイブリッドペロブスカイト(PVK)太陽電池のタンデム化は、変換効率の点では結晶シリコン太陽電池との組み合わせが優位である。しかし、モジュールの大型化や軽量・フレキシブル化、更に量産性の観点からは、モノシック直列接続構造をもつ全 PVK モジュールが望まれる。これまでに、建物屋根あるいはメガソーラーへの設置を想定し、耐久性が十分に高い Br リッチワイドバンドギャップ組成の PVK を使わなくても高い変換効率を得られる、電圧整合 (Voltage-matched, VM) 及び電流整合 (Current-matched, CM) タンデム太陽電池モジュール (Fig. 1) を提案した[1,2]。これを基にして、建物外壁への設置に適したモジュールの構成を検討した。

バンドギャップの異なる PVK 単接合セルの既報データを基にして、単セルの電流密度-電圧特性を 2 ダイオードモデルにより表した。これを用いて、VM、CM、及び 4 端子 (4T)、2 端子 (2T) モジュールの変換効率を計算した。各設置方法の平均的な気象条件にて変換効率が最大となるように PVK のバンドギャップ、セル幅、透明導電膜厚さを最適化した。1 年間の気象データを用いて[3]、最適化された各モジュールの北中米 8 地点における年間平均変換効率 (日射量の積算値に対する発電量の積算値) を計算した。

最適傾斜角設置の場合は、2T 以外の 3 種類のモジュールの変換効率には大差ない (Fig. 2(a))。これは、平均光子エネルギー (Average photon energy, APE) の地域差及び時間変動が小さいからである。ところが南向き垂直面に設置されると、APE の変化が大きいので、トップ/ボトムモジュールの電流整合が求められる CM 及び 2T は効率が低下する (Fig. 2(b))。一方、VM に求められる電圧整合は APE あるいはトップ/ボトムモジュールの吸収光子数の変化の影響を受けにくいので、両モジュールが独立に動作する 4T に匹敵する高い効率が得られる。東西向き設置の場合も同様である。4T からは電圧が異なる 2 系統が出力されるのに対し、VM は 1 系統出力であるから、実用上より優れたモジュール構成であると結論される。

[1] Y. Takeda, et al., Prog. Photovolt.: Res. Appl. **32**, 442 (2024).

[2] 竹田, 他, 2024 年応用物理学会秋季学術講演会 17p-A21-2; PVSEC-35 Tu3-Pc1-16.

[3] National Solar Radiation Database, available from: <https://nsrdb.nrel.gov/>.

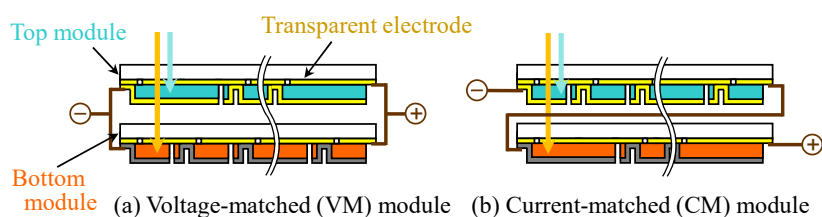


Fig. 1 Monolithically series-interconnected all-PVK tandem solar modules

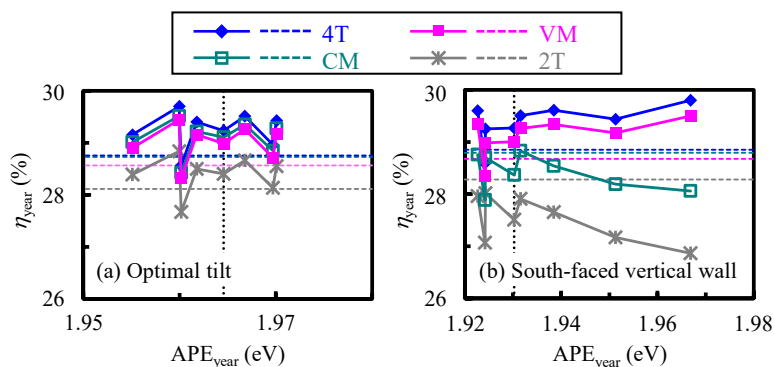


Fig. 2 Annually averaged conversion efficiencies ( $\eta_{\text{year}}$ ) and APE ( $\text{APE}_{\text{year}}$ ) in Seattle, Philadelphia, Golden, Atlanta, Phenix, New Orleans, Havana, and Panama. The vertical dotted lines indicate the APE value used for the structure optimization. The resultant efficiencies of the optimization are indicated by the horizontal broken lines.