NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025　（分野：太陽光発電）
発表No.：1-5-4

太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の新市場創造技術開発／壁面設置太陽光発電システム技術開発

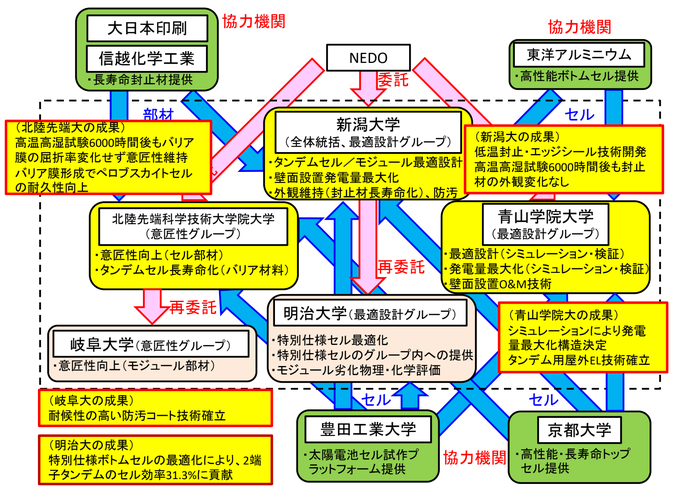
壁面設置（非開口部）タンデム太陽電池モジュールの開発

団体名：国立大学法人新潟大学（委託先）、国立大学法人北陸先端科学技術大学院大学（委託先）、学校法人青山学院 青山学院大学（委託先）、
学校法人明治大学（再委託先）、国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学（再委託先）

【コンソーシアム全体の研究内容】

高効率・長寿命の壁面設置太陽光発電システムの生涯発電量を最大化するための技術開発
（具体的な研究テーマ）
・高効率化のためのタンデム太陽電池の構造最適設計
・多機能・高品質薄膜の利用を含めたモジュール構造の最適化によるタンデム太陽電池の長寿命化
・壁面設置太陽電池の意匠性向上技術・防汚技術
・保守管理を目的とした屋外性能評価

【コンソーシアムの研究実施体制】



委託先、再委託先以外の連携・協力機関

（外部有識者をはじめ左図に記載のない機関を含む）
大阪大学、鹿児島大学、鹿児島県工業技術センター、金沢大学、カネカ、京都大学、クラレ、信越化学工業、大日本印刷、中央自動車工業、東京都市大学、東芝エネルギーシステムズ、東洋アルミニウム、豊田工業大学、名古屋大学（五十音順）

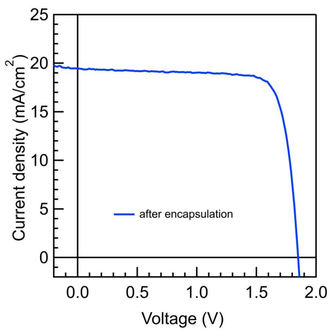
【新潟大学(再委託先：明治大学)】

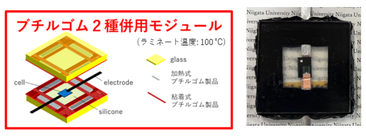
■事業の目的・目標

タンデム太陽電池の生涯発電量最大化設計
壁面設置モジュールの封止材最適化の検討
壁面設置モジュールの防汚検討

■2024年の主な成果

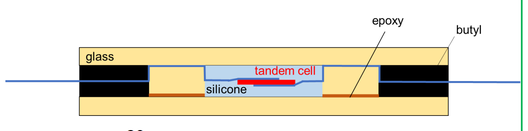
100℃以下の低温封止技術を用いてペロブスカイト／シリコン2端子タンデム太陽電池モジュールを作製し、変換効率28.8%を達成（面積1.125 cm²のセルを用いた6 cm角モジュール、in house）
ペロブスカイト／シリコン2端子タンデム太陽電池モジュールの高温高湿（DH）試験500時間で初期値の99.2%を維持
3年10ヶ月の屋外曝露で防汚コートの有効性実証（総発電量7.2%向上）

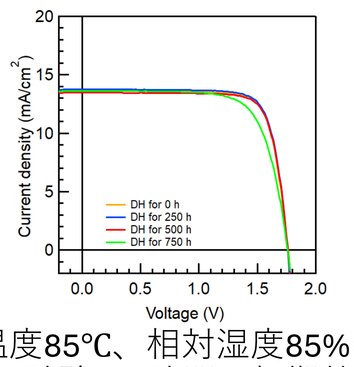




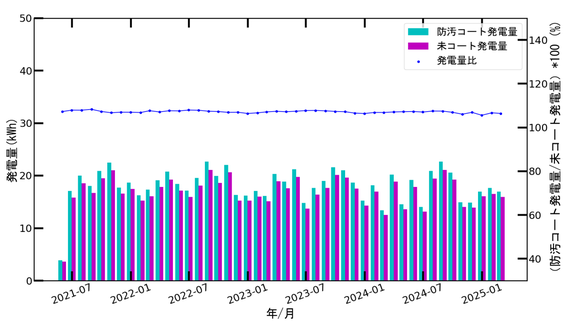
J_{sc}: 19.45 mA/cm²,
V_{oc}: 1.85 V, FF: 0.80,
PCE: 28.8%

シリコーンシート封止材を用いラミネート温度100℃で作製したモジュール





温度85℃、相対湿度85%のDH試験500時間で初期値の99.2%、750時間で初期値の91.5%を維持



2021年6月～2025年3月の3年10ヶ月の鹿児島県での屋外曝露により、モジュールカバーガラス上へSiO_x系親水性防汚コートを施すことで、総発電量が7.2%向上することを確認

■課題と今後の取組

- モジュール端面のバリア性強化による湿熱耐性の向上
- 屋外曝露と屋内加速試験の対比によるペロブスカイト／シリコンタンデム太陽電池の寿命予測

■実用化の見通し

- 現行のSi太陽電池の生産に用いられている封止技術を転用可能かつペロブスカイトトップセルに熱損傷を与えない100℃以下でペロブスカイト／シリコンタンデム太陽電池のモジュール化技術を開発できたため、実用化の可能性は高い。

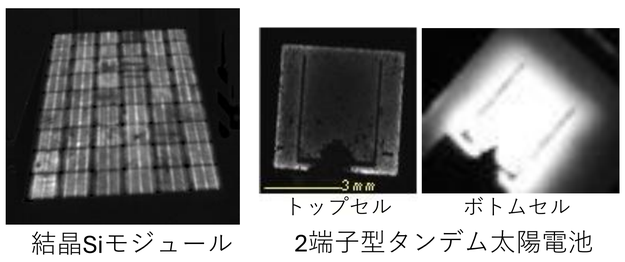
【青山学院大学】

■事業の目的・目標

- 色調均一および高効率が両立する南面垂直設置したペロブスカイト/シリコン・タンデム太陽電池の生涯発電量が最大化する構造の提示。
- エレクトロルミネッセンス(EL)評価によるタンデム太陽電池の不良診断技術開発。および高照度(8万lx以上)下でのEL評価の実現。

■2024年の主な成果

- **デバイスシミュレーションおよび機械学習**により(サロゲートモデル)、色調均一が期待できるSiN_x膜を表面側に有した素子構造最適化を提示。
- EL評価によるタンデム太陽電池の不良診断技術開発。および**高照度(8万lx以上)下でのEL評価の実現。**



結晶Siモジュール　トップセル　ボトムセル　2端子型タンデム太陽電池

図　(左)高照度下@10万lxでの屋外EL像、(右) 2端子型タンデム太陽電池の屋内EL像

表　最適構造と予測年間出力量

評価条件	設置面	PVK E_g (eV)	PVK膜厚 (nm)	予測年間出力 (kWh/m²)
標準条件	NA	1.62	640	NA (Effi.= 32.21%)
実測スペクトル・気温・風などを考慮した実環境条件	屋上(水平)	1.64	540	285.51
	東(垂直)	1.62	480	112.76
	南(垂直)	1.63	460	197.60
	西(垂直)	1.63	480	96.03

*PVK：ペロブスカイト層, E_g：バンドギャップ

■課題と今後の取組

- 劣化挙動予測モデルによる出力モニタリングシステム開発。
- 屋外EL技術によるタンデム評価。

■実用化の見通し

- **劣化挙動予測モデルによる出力モニタリングシステム**：実デバイスを用いたモデル精度改善およびシステム検証が必要不可欠。
- **屋外EL評価技術**：単接合太陽電池モジュールに対しては、計測システムの自動化や簡便化が必要。タンデム太陽電池モジュールに対してはカメラ感度を含めた撮像システムおよび撮像条件の改良が必要。

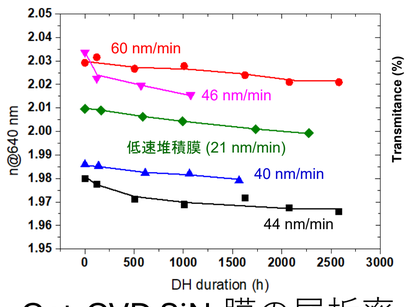
【北陸先端科学技術大学院大学(再委託先：岐阜大学)】

■事業の目的・目標

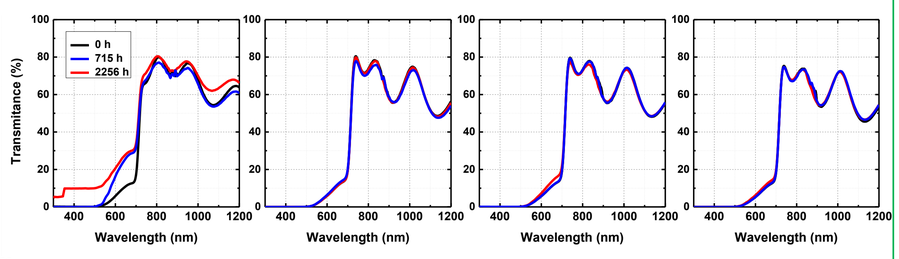
多機能・高品質薄膜の利用による壁面設置タンデム太陽電池モジュールの色調変化抑止、トップセル劣化抑止、防汚・放熱性能向上

■2024年の主な成果

高速堆積SiN_x膜の屈折率安定性とガスバリア性能



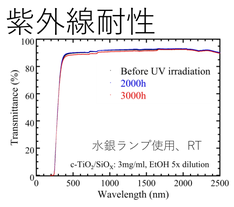
Cat-CVD SiN_x膜の屈折率のDH試験時間依存性



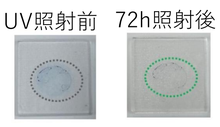
ペロブスカイト膜の透過率スペクトルの大気曝露時間依存性

TiO_2/SiO_xの防汚効果

紫外線耐性

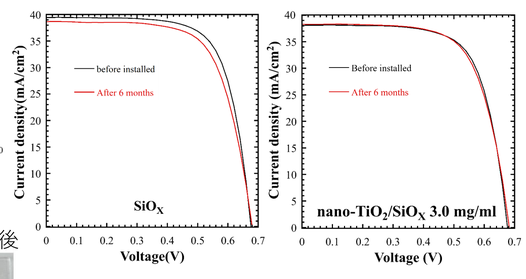


光触媒反応



TiO_2: 3 mg, 5倍希釈

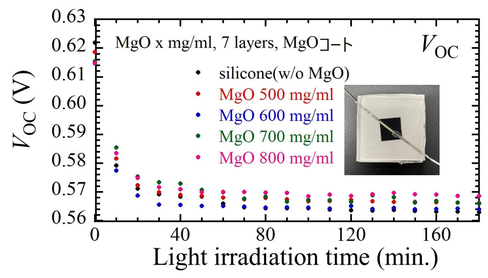
屋外曝露試験



TiO_2/SiO_xによる発電性能維持を確認

MgO/siliconeの放熱機能

放熱機能付与による発電特性への影響



15 mm□で換算6.5℃の放熱性能実現

■課題と今後の取組

- 大面積タンデムモジュールへのSiN_x膜適用とそのDH耐性確認
- 大面積モジュールへのTiO_2/SiO_xおよびMgO/siliconeの適用

■実用化の見通し

- Cat-CVD SiN_x膜：単接合太陽電池への応用も期待
- TiO_2/SiO_x：他の太陽電池モジュールのカバーガラスへの適用も期待

連絡先：新潟大学　増田　淳、青山学院大学　石河 泰明、北陸先端科学技術大学院大学　大平 圭介
MAIL：a-masuda@eng.niigata-u.ac.jp, yishikawa@ee.aoyama.ac.jp, ohdaira@jaist.ac.jp