

9. 化合物薄膜のコーティングによる太陽電池モジュールの劣化抑制技術

産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター

太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体 主任研究員 原 浩二郎

サステナブル・テクノロジー株式会社 代表取締役 緒方 四郎

(1) シーズ研究（又は開発）の概要

近年、海外のメガソーラー（太陽光発電所）において、Potential-induced degradation (PID) 現象による太陽電池モジュールやシステムの出力の大幅な低下が問題となっている。我々は、結晶シリコン太陽電池モジュールに用いられるカバーガラス基板に酸化チタン系の複合金属化合物薄膜をコーティングすることにより、PID 現象の主原因とされるガラスからの Na イオン等の拡散を抑制し、太陽電池モジュールの劣化を抑制する技術を開発した。図 1 にモジュールの外観写真を示し、図 2 に断面模式図を示す。



図 1. 開発した PID 対策太陽電池モジュールの外観写真



図 2. 標準型モジュール（左）と試作モジュール（右）の構造

(産総研の技術) 太陽電池モジュール作製技術と信頼性評価技術

(企業の技術) 機能性酸化物などをコーティングする技術

(2) 開発の端緒

テーマとの出会い

産業技術総合研究所（産総研）・太陽光発電工学研究センター・太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体（佐賀県鳥栖市）では、太陽電池モジュールの信頼性を向上させ、発電コストを一層低減させるため、既存の太陽電池モジュールの劣化機構の解明、モジュールの信頼性向上のための新規部材やモジュール構造の開発、新たな信頼性評価技術の開発などを実施してきた。その中で、一つの重要な研究テーマとして、近年問題となっている PID 現象のメカニズムの解明とその対策技術の開発に取り組んできた。

人との出会い

サスティナブル・テクノロジー社（本社：東京都渋谷区、事業所：佐賀県嬉野市）は、窯業技術の盛んな佐賀県に事業所を構えていることもあり、無機酸化物などをコーティングする技術を得意としている。例えば、酸化チタンをベースとする薄膜をガラスなどの表面上にコーティングし、表面の汚れ防止や光の反射防止などに応用する技術をもっている。今回、産総研とサスティナブル・テクノロジー社は佐賀県の地場産業・技術を太陽電池モジュールの信頼性向上のために活用し、PID 対策技術の開発を共同で行った。

(3) 目標の設定

PID 現象を実験室で再現するための試験方法は、いくつか報告されているが、再現性よく実験室において PID 現象を起こすためには、大掛かりな設備を用い、厳密な条件設定を行い、かつ比較的長時間の試験が必要である場合が多い。そのため、我々は短時間で簡便に PID 現象を再現するために、モジュールのガラス基板上に設置したアルミ板を電極として、高温下で高電圧を印加する加速的な厳しい試験手法を採用した。そのような試験によっても PID による劣化が起きない太陽電池モジュールを実現することを目標とした。

(4) 社会的価値

2012 年の 7 月に再生可能エネルギーによる電力の固定価格買取制度がスタートして以来、日本国内においてもメガソーラーと呼ばれる大規模太陽光発電システムの普及が急速に進んでいる。そのため、長期間にわたって発電量を維持するために、太陽電池モジュールやシステムの長期信頼性が極めて重要となっている。そのような状況中で、近年、メガソーラーの出力が比較的短時間で大幅に低下する PID 現象が問題となっており、その対策が急務となっている。そのため、低コストでの PID 対策技術を開発することは、太陽光発電システムの長期信頼性を維持し、それによりさらなる普及拡大につながるため、極めて大きな意義があるものと考えられる。

(5) 具体的なシナリオ

平成 12 年 9 月 サスティナブル・テクノロジー社 設立

平成 12 年 10 月 佐賀県事業所・研究所 開所（佐賀県嬉野市）

平成 22 年 10 月 産総研・太陽光発電研究センター・太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体
発足（産総研九州センター、佐賀県鳥栖市）

平成 24 年 8 月から共同研究を開始

研究実施体制

- ・サスティナブル・テクノロジー社：化合物薄膜の材料、コーティング技術
- ・産総研：太陽電池モジュール作製技術、PID 試験技術、太陽電池特性評価技術

(6) 研究成果

主な成果

図 2 に示した酸化チタン系の複合金属化合物薄膜は、ガラス基板表面上（シリコンセル側）に原料を含む溶液をコーティングし、乾燥後 200～450℃の温度で約 15 分加熱焼成することにより製膜した（膜厚は約 100 nm）。薄膜をコートしたガラス基板、封止材の EVA フィルム、結晶シリコンセル、バックシートを重ね合わせて、真空ラミネートすることによりモジュールを製作した。

標準型モジュールと試作モジュールの PID 試験後の疑似太陽光照射下での電流電圧特性を図 3 に示す（PID 試験条件は、-1000 V、85℃、2 時間）。薄膜なしの標準型モジュールの変換効率は、PID 試験により 15.9%から 0.6%と大幅に低下した。これに対して、酸化チタン系複合金属化合物薄膜をコートしたガラス基板を用いた試作モジュールでは、PID 試験による効率の低下は大幅に抑えられることがわかった。PID の主な原因とされているガラスからのナトリウムイオン等の拡散が、酸化チタン系複合金属化合物薄膜によりブロックされ、PID による出力低下が抑えられたものと考えている。

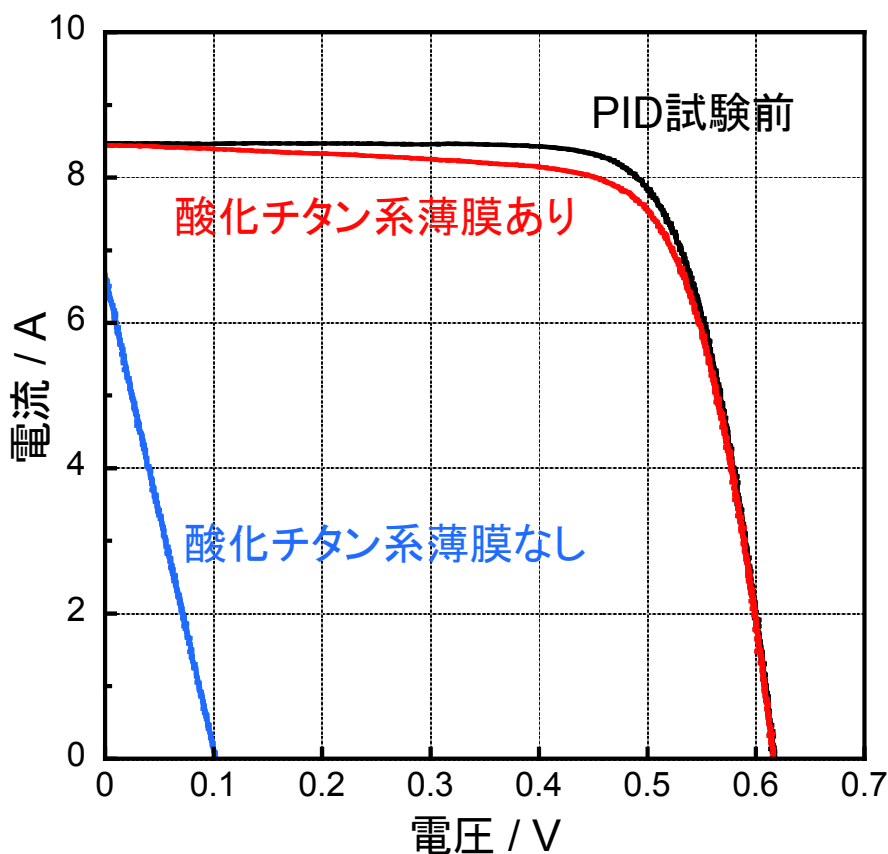


図 3. 標準型と開発モジュールの PID 試験前後の電流電圧特性

企業化に至ったキーポイント

効果的な産官連携

酸化チタン系化合物薄膜の材料ならびにそのコーティング技術を有するサスティナブル・テクノロジー社と、太陽電池モジュールの作製技術、試験評価技術や知見を有する産総研との効果的な連携により開発を実現した。



産総研の太陽電池モジュールの屋外曝露試験場と屋内環境試験機

(7) 到達点

本研究では、結晶シリコン太陽電池モジュールの表面材に用いられる白板ガラス基板に酸化チタン系の複合金属化合物薄膜をコーティングすることにより、PID現象による太陽電池モジュールの出力低下を抑制する技術を開発することに成功した。

今回用いた酸化チタン系の複合金属化合物は比較的lowコストであり、簡易な製膜方法、低温焼成で製膜でき、使用量も少なくすむことから、lowコストのPID対策技術の一つとして期待される。それにより、太陽電池モジュールのさらなる信頼性向上と普及拡大に貢献できる可能性がある。

(8) 開発に携わった研究者の思い

今後は、薄膜の材質や膜厚、製膜条件等を最適化して、PID現象の抑制効果の向上とその実証、より詳細なPID現象による劣化や抑制メカニズムの解明など、早期の実用化を目指した研究開発を実施する予定である。加えて、酸化チタン系化合物薄膜の高機能性を活かして、光の反射防止や表面防汚による光透過率の向上など他機能による太陽電池モジュールの高効率化や高信頼性化技術の開発にも注力していきたい。

(9) ディスカッション

Q:実験では結晶シリコンセルが用いられていますが、他の電池材料（薄膜シリコン、有機半導体など）で作製されたモジュールに対しても同様の効果を見込めるでしょうか？

A:太陽電池の材料や構造が異なると、PID劣化のメカニズムが異なると考えられ、各々の太陽電池で詳細に検討する必要があります。それは今後の検討課題です。ただ、ガラスから拡散するNaイオン等が主原因であれば、他の太陽電池でも、ある程度の効果はあるものと考えます。

企業情報

■名称：サスティナブル・テクノロジー株式会社 ■代表者：代表取締役 緒方 四郎

■創業：2000年9月 ■資本金：76,210,000円 ■従業員数：5人

■所在地：〒151-0053 東京都渋谷区代々木5-38-6 オリーブビル1F（本社）

■TEL：03-5738-0837 ■FAX：03-5738-0833 ■URL：www.sti-jp.com

■主力商品 各種機能性酸化チタン複合分散液

・正電荷膜および両性電荷膜形成用 ・太陽電池フェイス基板、高透過・低反射・防汚膜用

・タッチパネル防汚膜用 ・防曇・防汚表面膜用・防藻・水質改善装置用 ・上記の一次加工引受