

太陽電池モジュール ⑥

太陽電池モジュールのPID試験

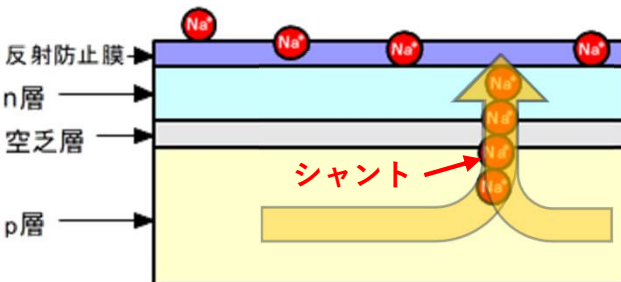
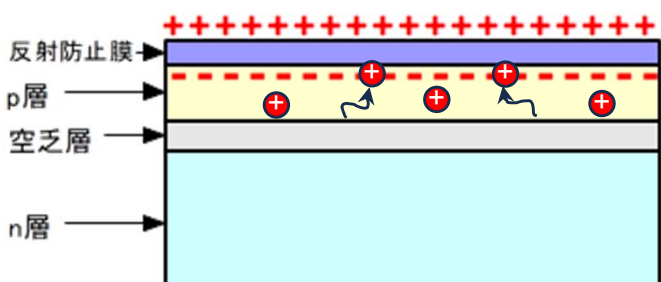
PVモジュールの高電位差による性能劣化 PID

PID (Potential Induced Degradation) は、太陽電池モジュールのフレームとセル間の電位差によって発生する、出力低下の不具合です。2012年の再生可能エネルギーの全量買取制度(FIT)開始時に比べると、太陽電池モジュールを構成する材料やセルの技術改良により、PIDの対策は強化されてきました。しかし、最新の太陽電池モジュールでも一部の製品ではPIDへの耐性が低いものがあるため、IEC 61215-2 Ed.2 (2021)に試験項目として採用された様に、PIDの評価は今後も必要とされています。また、PIDでは出力低下に加え、太陽電池モジュール内のデラミネーション（層間剥離）も確認され、PIDによるデラミネーションを評価する規格IEC TS 62804-1-1 (2020)が発行されています。



結晶シリコンセルのp型セルとn型セルの出力低下のPID

結晶シリコンセルでは、p型シリコンをベースに、表面にn型をドーピングしたセルをp型セルと、逆にn型シリコンをベースに、表面にp型をドーピングしたセルをn型セルといいます。それぞれのセルタイプにおけるPIDの違いを以下にまとめます。

p型セルのPID	n型セルのPID
<p>p型セルのPIDでは、フレームおよびガラス面がセルよりも高電圧となることで、表面ガラス内のNa⁺イオンがセル表面に移動します。セル表面に移動したNa⁺イオンは、セルの結晶の積層欠陥からセル内部に侵入することで、電気的なシャントが形成され、電流がシャントに集中することで、セルの電気特性が電気抵抗に近くなります。これをシャント型PIDといいます。</p>	<p>一般的なn型セルの場合も、フレームおよびガラス面がセルよりも高電圧となることでPIDが発生します。ただし、p型セルとは異なり、Na⁺イオンの影響は受けず、セル上面の反射防止膜表面がプラスに帯電すると考えられています。これにより、反射防止膜のセル側がマイナスに帯電し、分極が発生することで、P層では自由になった正孔が表面の負極によって再結合して発電が阻害されます。これをポラリゼーション型PIDといいます。</p>
 <p>The diagram illustrates the mechanism of shunt-type PID in a p-type cell. It shows a cross-section with layers: 反射防止膜 (Anti-reflection film), n層 (n-layer), 空乏層 (Depletion layer), and p層 (p-layer). Na⁺ ions are shown migrating from the glass surface through the anti-reflection film into the cell. A crystal defect is shown where Na⁺ ions have entered, creating a shunt path (シャント) for current.</p>	 <p>The diagram illustrates the mechanism of polarization-type PID in an n-type cell. It shows a cross-section with layers: 反射防止膜 (Anti-reflection film), p層 (p-layer), 空乏層 (Depletion layer), and n層 (n-layer). The anti-reflection film surface is shown with positive charges (+++++). This leads to polarization, with the cell side of the anti-reflection film becoming negative (-) and the p-layer becoming positive (+). This causes recombination of holes, hindering power generation.</p>

太陽電池モジュールのPID試験方法

太陽電池モジュールのPID試験方法は国際規格であるIEC規格で規定されています。その中でも、結晶シリコン太陽電池モジュールのPID試験方法をご紹介します。
IEC TS 62804-1およびIEC 61215-2 MQT 21は結晶シリコン太陽電池モジュールの出力低下を確認しますが、IEC 62804-1-1は結晶シリコン太陽電池のPIDによるデラミネーション（層間剥離）を確認することができます。出力低下だけでなくデラミネーションについても評価することをお勧めします。

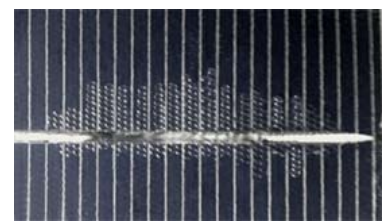
規格名	IEC TS 62804-1		IEC 61215-2	IEC TS 62804-1-1	
	ストレス法 a	ストレス法 b	MQT 21	方法 A	方法 B（推奨条件）
測定条件					
目的	出力低下の確認			デラミネーションの確認	
モジュール温度	60 ±2	25 ±1	85 ±2	85 ±2	72 ±2
相対湿度	85%±3% RH	60% RH 未満	85%±3% RH	85%±3% RH	95%±3% RH
試験時間	96時間	168時間	96時間	240時間±2.4時間	240時間±2.4時間
印加電圧	定格システム電圧	定格システム電圧	定格システム電圧	定格システム電圧	定格システム電圧
事前処理	なし	サンプル表面を導電性箔で覆い、サンプルのフレームの接地点に接続。受光面上の導電性箔に高分子マット等で30Pa以上の均一な荷重を加える。	なし	サンプル表面を導電性箔で覆い、サンプルのフレームの接地点に接続。受光面上の導電性箔に高分子マット等で30Pa以上の均一な荷重を加える。	
初期測定	試験開始前に以下の測定を行う。 ・光照射 ・目視検査 ・STCにおけるI-V特性測定 ・低照度でのI-V特性測定【任意】 ・湿潤リーク電流試験 ・EL検査 1.0 I _{sc} および0.1 I _{sc} 【任意】 ・接地連続性試験		試験開始前に以下の測定を行う。 ・目視検査 ・初期安定化 ・STCにおけるI-V特性測定 ・絶縁試験 ・湿潤リーク電流試験	試験開始前に以下の測定を行う。 ・外観検査 ・湿潤リーク電流試験 ・Damp Heat試験(IEC 61215-2 MQT13)	
最終測定	試験完了後に以下の測定を行う。 ○試験後2～6時間 ・STCにおけるI-V特性測定 ・低照度でのI-V特性測定【任意】 ○試験後8時間以内 ・湿潤リーク電流試験【任意】 ○試験後2日以内 ・EL検査 1.0 I _{sc} および0.1 I _{sc} 【任意】 ・目視検査		試験完了後に以下の測定を行う。 ○試験後48時間以内 ・最終安定化 ○安定化後48時間以内 ・STCにおけるI-V特性測定 ・絶縁試験 ・湿潤リーク電流試験	試験完了後に以下の測定を行う。 ・湿潤リーク電流試験 ・目視検査	

デラミネーション（層間剥離）の例

右の2つの画像は、実際にデラミネーションが発生した太陽電池モジュールのセル表面の写真です。
右の画像はガラスと封止材間の剥離で、左はバスバー周辺のセルと封止材間の剥離の状態です。
いずれも、デラミネーションの発生により、セルに到達する光が減少し、発電効率が低下します。



バスバー周辺の剥離



ガラス-封止材間の剥離

