

高信頼性結晶シリコン太陽電池モジュール

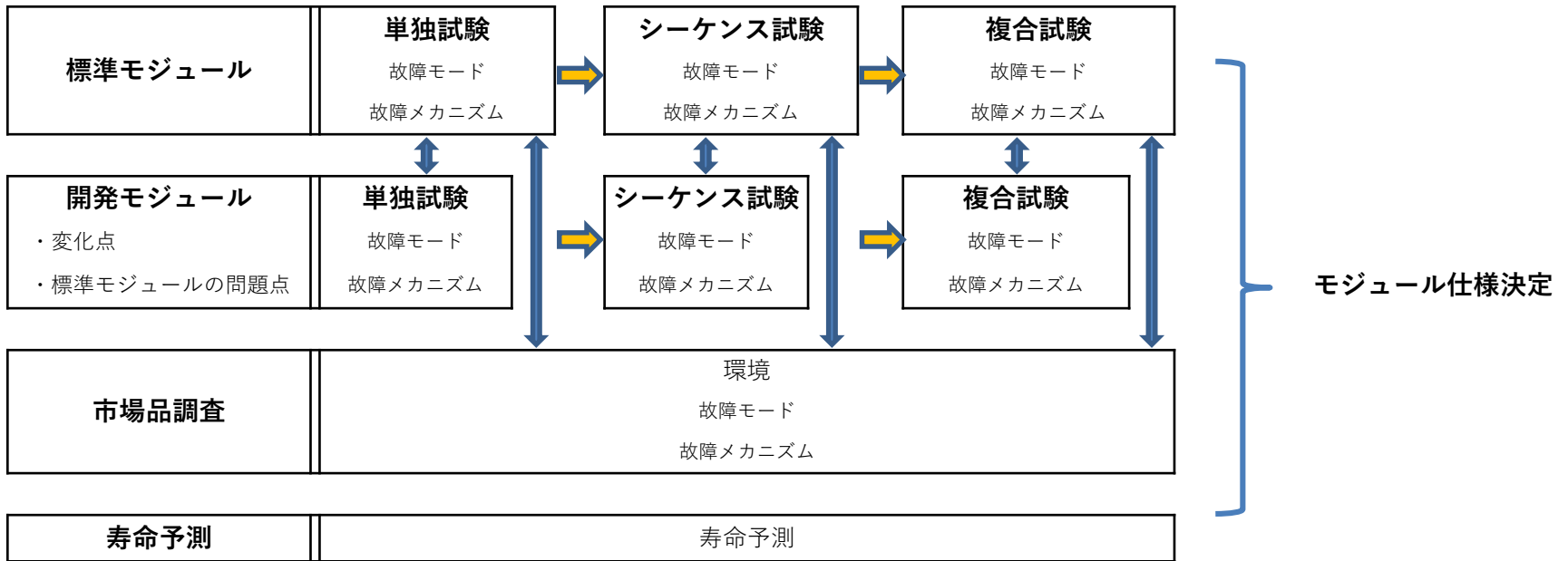
1. 標準モジュール構造(AI-BSFセル)での信頼性試験
 - (1)PID試験
 - (2)冷熱衝撃試験
2. 高信頼性モジュール構造での信頼性試験
3. 高信頼性建材一体型モジュールの提案

産業技術総合研究所
再生可能エネルギー研究センター
太陽光チーム
白澤 勝彦、浅尾秀一、高遠秀尚

高信頼性結晶シリコン太陽電池モジュールの開発にあたって

JISやIECの評価試験をベースに強制劣化により故障モードを確認する

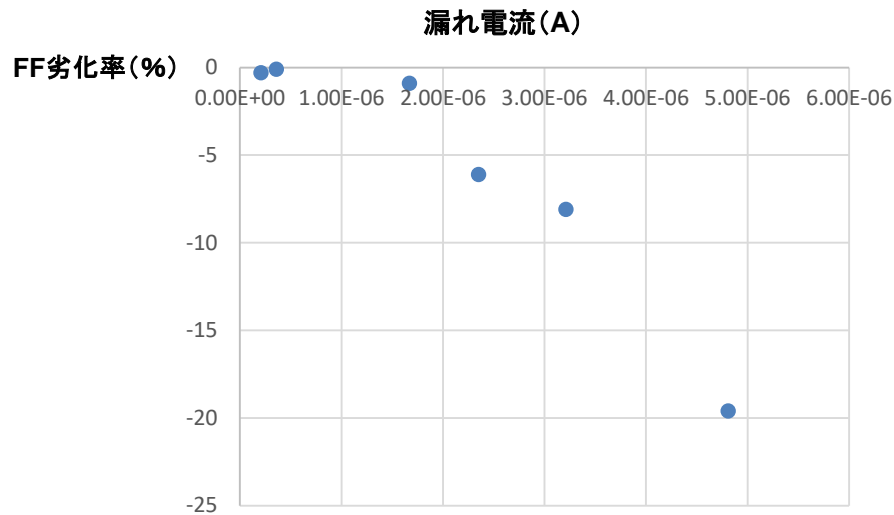
標準モジュールを基準とする



1. 標準モジュール構造での信頼性試験

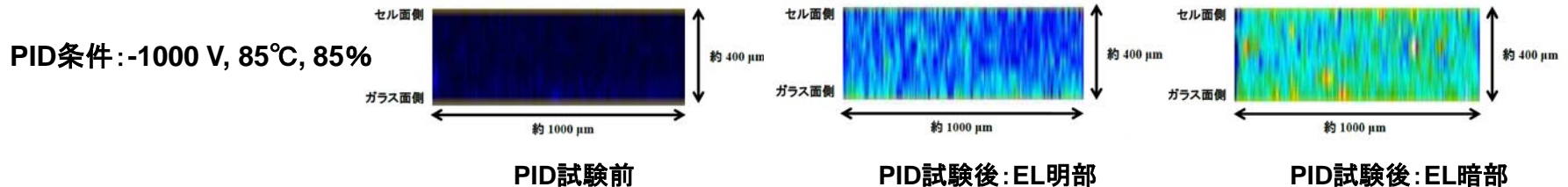
(1) PID試験

1セルMoの漏れ電流とFF劣化率



カバー材
EVA
Al-BSFセル
EVA
バックシート

t3.2 mm白板強化ガラスを用いたモジュールのPID試験前後のEVA中のNa濃度マップ (LA-ICP-MS)



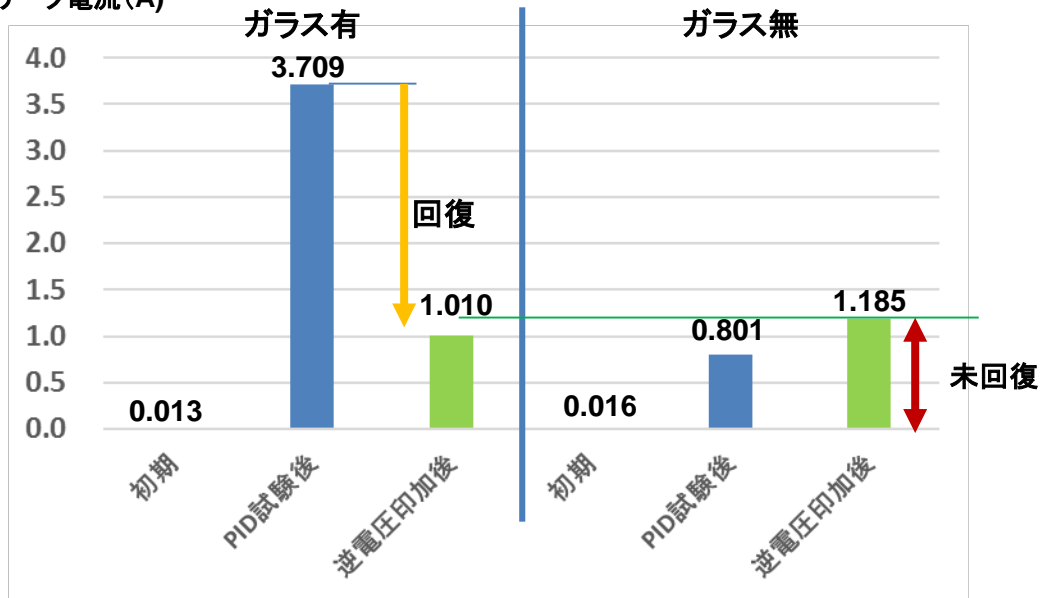
モジュール構造

- ・REF: アルミ板/t3.2 mmガラス/EVA/セル/EVA/PET
- ・試験品: アルミ板/EVA/セル/EVA/PET

試験条件

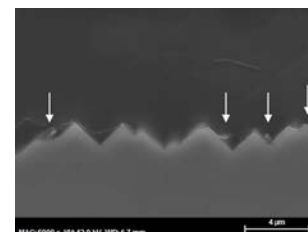
-1000 V , 85°C , 85%RH

リーク電流 (A)

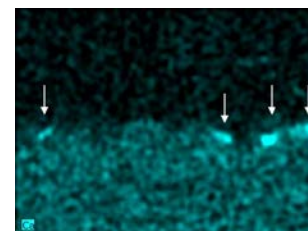


ガラス無しMoの分析結果

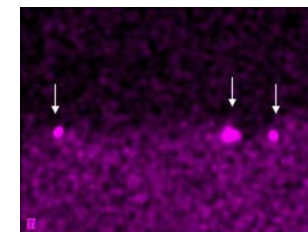
リーク箇所からEDX元素分析(下図)によりCa、Tiを検出



結晶状物が存在 (SEM)



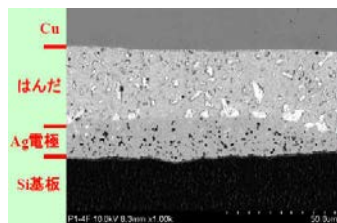
Ca (EDX)



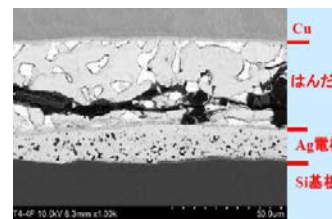
Ti (EDX)

(2) 冷熱衝撃試験 (-60°C ~ +100°C)

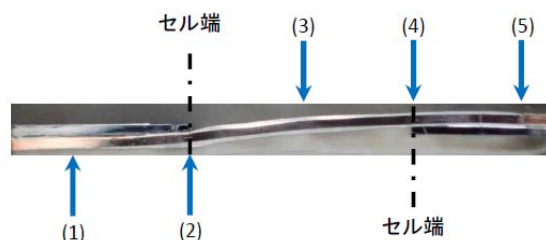
①セル上のタブ配線部 _{Ref}



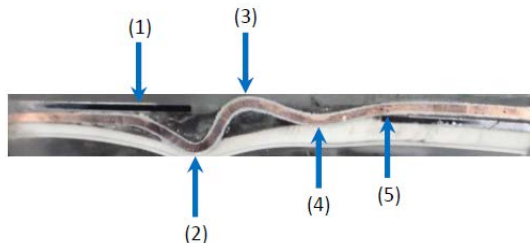
3000 cyc



②セル間のタブ配線材部



Ref



3000 cyc

TCT ナノインデンテーション測定結果

 補表 測定結果 \propto 脆さ(靱性)

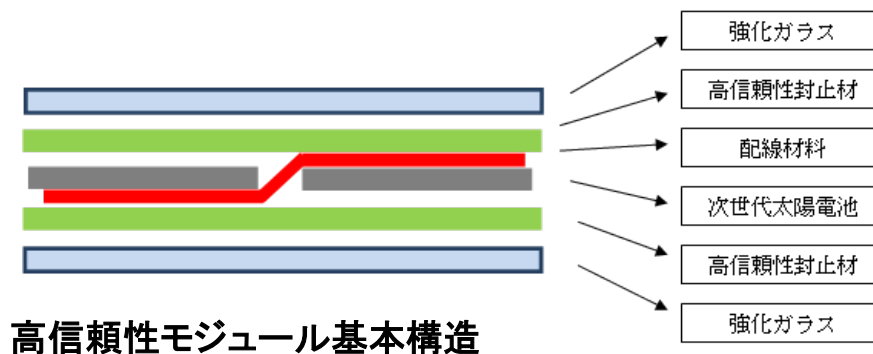
試料	測定箇所	弾性率 / GPa	硬さ / GPa	弾性率 / 硬さ
P1	(1)	120.3	2.0	60.2
	(2)	117.1	1.4	83.6
	(3)	125.4	2.0	62.7
	(4)	118.5	1.7	69.7
	(5)	106.3	1.8	59.1
T4	(1)	130.7	1.7	76.9
	(2)	94.0	1.6	58.8
	(3)	103.8	1.6	64.9
	(4)	92.0	0.94	97.9
	(5)	123.4	1.9	64.9

①銀電極上のタブ配線材剥離⇒半田にクラック発生

②セル間ではタブ線の変形⇒断線へ

2. 高信頼性モジュール構造での信頼性試験

両面ガラスを基本構造とする



(1) 試験条件

条件 1	UV	⇒	TCT	⇒	DML
条件 2	UV	⇒	DH	⇒	DML
条件 3	PCT				
条件 4	UV	⇒	PCT	⇒	TCT
条件 5	UV	⇒	PID		

紫外線照射試験 (UV) : 5sun, 60°C

冷熱衝撃試験 (TCT) : -60°C~100°C

ダイナミックメカニカルロード試験 (DML) : ±4000 Pa, 1 min/cyc

高温高湿試験 (DH) : 90°C, 95%RH

プレッシャークッカー試験 (PCT) : 110°C, 85%

Potential Induced Degradation 試験 (PID) : 85°C, 85%RH, -1000 V

(2) モジュール構造

t0.85 化学強化ガラス
EVA
セル
EVA
t0.85 化学強化ガラス

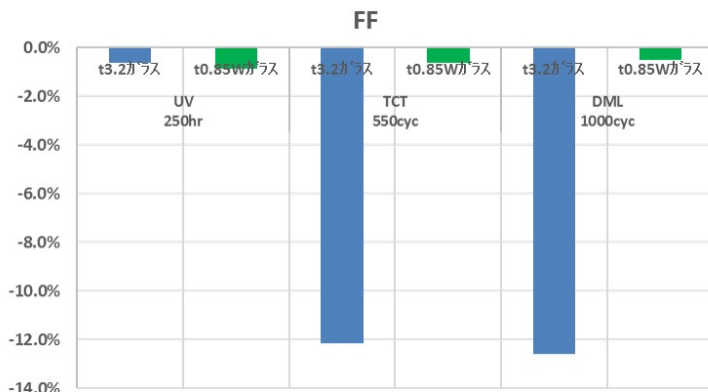
両面ガラスモジュール構造

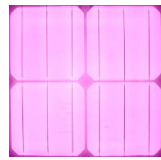


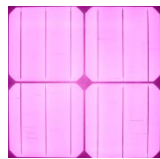
t3.2 強化ガラス
EVA
セル
EVA
バックシート

比較用モジュール構造

(3) 試験結果

条件1 UV ⇒ TCT ⇒ DML



EL	UV照射前	TCT550 cyc
t3.2ガラス		
t0.85Wガラス		

①UV試験後

0.85Wガラス及び3.2ガラスとも電流電圧に劣化が見られた

②UV試験⇒TCT試験後

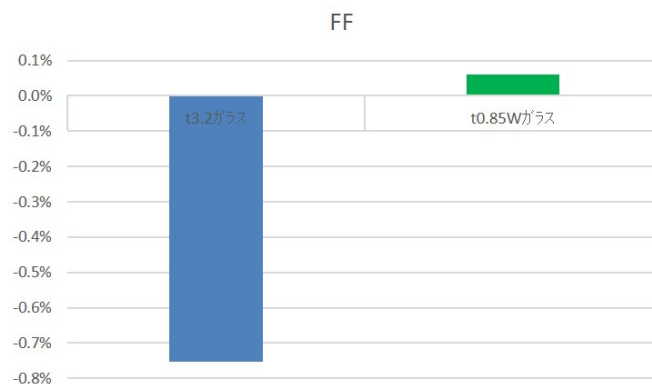
0.85Wガラスではほとんど劣化はみられないが3.2ガラスではFFが大きく低下

条件2 UV ⇒ DH ⇒ DML

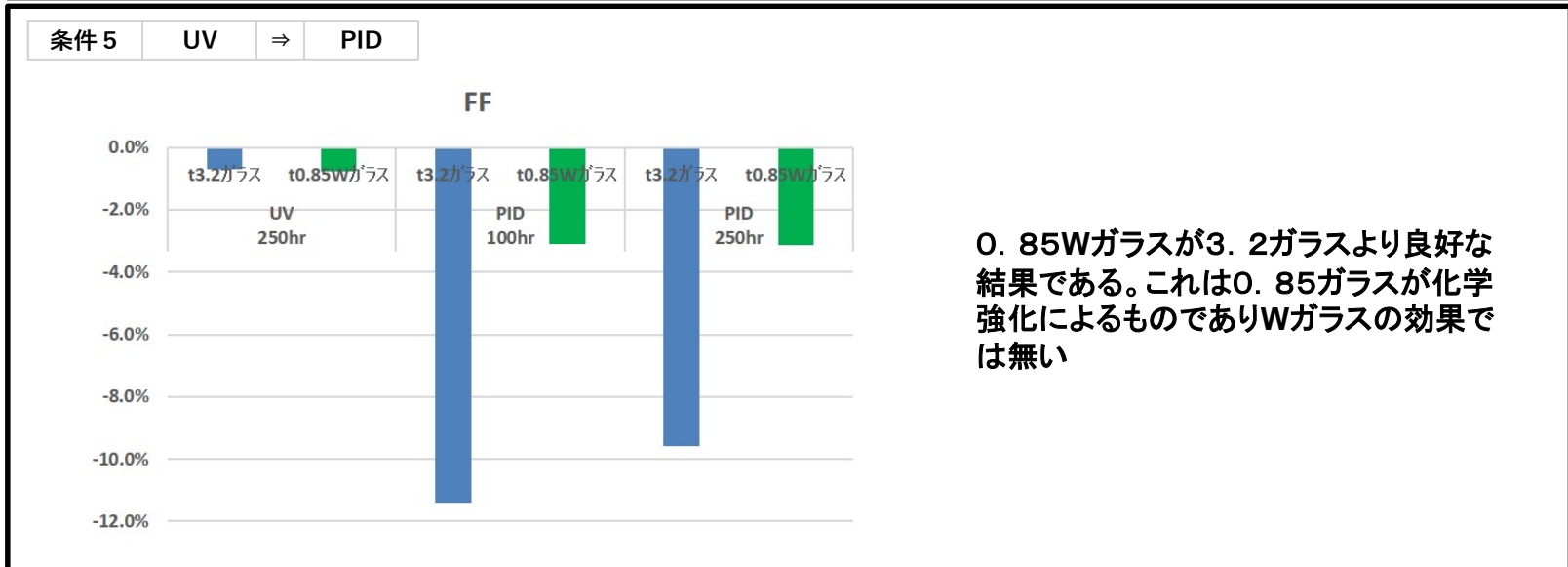
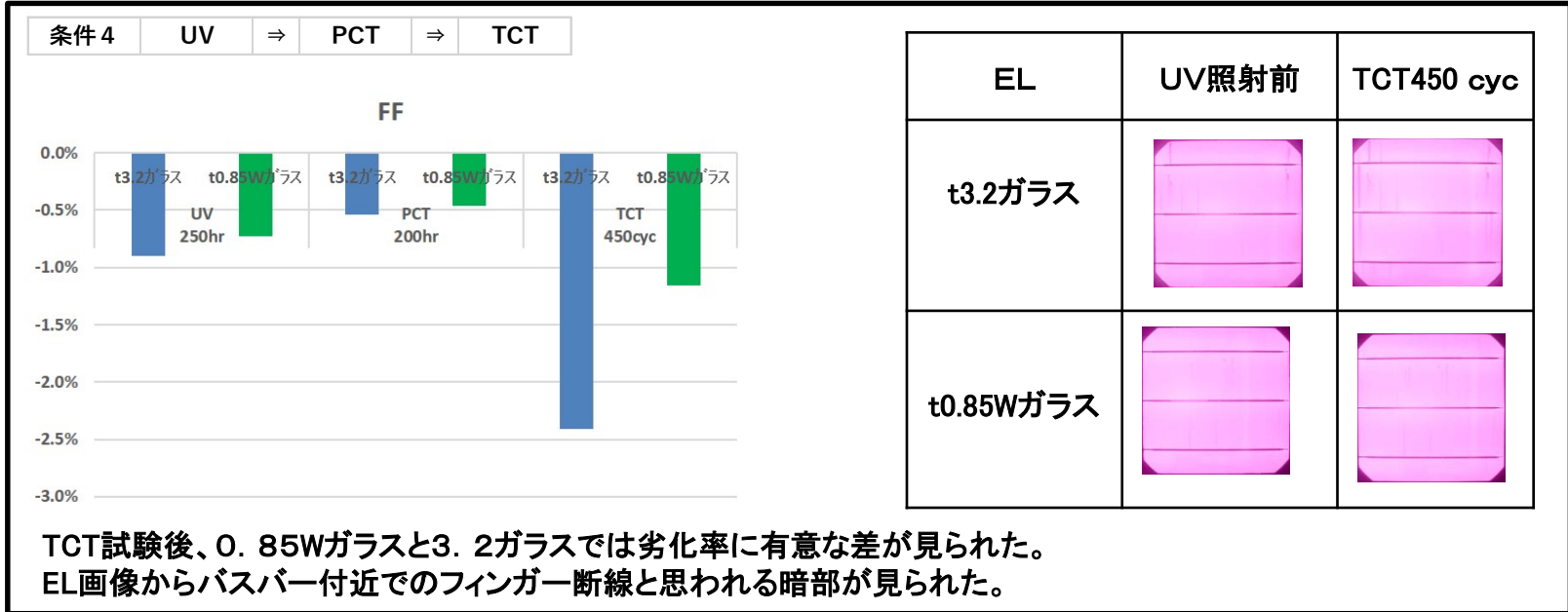
①0.85Wガラス及び3.2ガラスに有意な差は見られなかった

②試験を継続

条件3 PCT

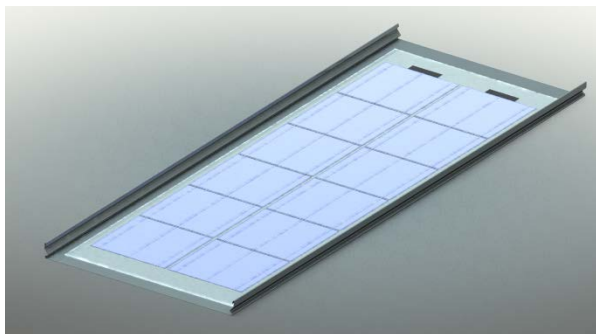
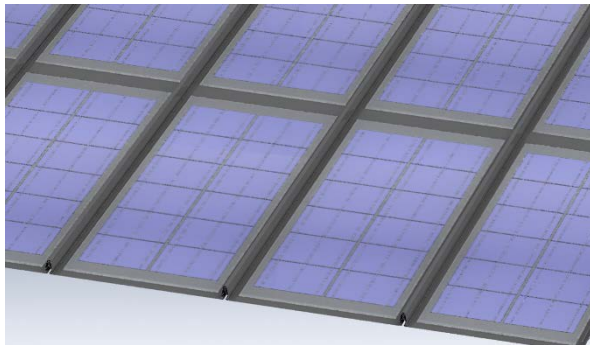


PCT試験で0.85Wガラスと3.2ガラスでは劣化率に有意な差が見られた



3. 高信頼性建材一体型モジュールの提案

高信頼性低コスト型屋根材一体型モジュール



屋根材一体型Moイメージ図

ガラス (t0.85 mm ~ t3.2 mm)
高信頼性封止材
高効率セル
高信頼性封止材
(バックシート)
接着剤
屋根材

モジュール構造

課題1. コスト

- ・フレームレス
- ・架台レス
- ・金具レス
- ・屋根材一体型モジュール作製プロセスの簡易化

課題2. 屋根材としての信頼性、耐久性、安全性

- ・接着剤の信頼性、耐久性、安全性
- ・屋根材構造としての信頼性、耐久性、安全性
- ・出力取り出し

課題3. 高出力

- ・高効率セル
- ・裏面反射

まとめ

1. 標準モジュール構造での信頼性試験

(1) PID試験

- ①PIDにはNaとNa以外の材料が関与している可能性がある。
- ②Na起因のPIDは逆電圧により回復するが、Na以外の元素によるPIDは回復しない可能性がある。
- ③今回検出されたCa, Tiの起源も含めさらに検討を進める。

(2) 冷熱衝撃試験

- ①銀電極上のタブ配線材剥離⇒半田にクラック発生
- ②セル間ではタブ線の変形⇒断線

2. 高信頼性モジュール構造での信頼性試験

両面ガラスモジュール構造での優位性について調べた

試験項目	優位性	備考
UV試験	－＊	4セルモジュールで良好な結果が得られたが、さらに検討が必要
TCT試験	○	
DH試験	－	長時間での評価が必要
PCT試験	○	
PID試験	－＊	化学強化による効果であり両面ガラスでの効果はないと思われる
UV試験との組み合わせ試験を行ったが今回の試験ではUVが他の試験に及ぶず影響は見られなかった		
DML単独試験	○	セルクラックに対して有効
CFによる配線	○	銀電極とタブ配線の接続に導電性フィルム（CF）を用いた場合、セルクラックに対して有効である。



今後

- ①標準モジュール及び開発モジュールでの強制劣化での故障モード、故障メカニズムの調査を継続する。
- ②開発モジュールでは封止材、配線材およびPERC、PERT、BC等についても評価を行う。
- ③市場品での故障モード、故障メカニズムの調査を継続する

謝辞

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託のもとに実施されました。関係各位に感謝申し上げます。