NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025
プログラムNo.2-4

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／

移動体用太陽電池の研究開発（超高効率モジュール技術開発）

発表：2025年7月16日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名　十楚　博行　（シャープエネルギーソリューション㈱）
団体名（企業・大学名など）　シャープエネルギーソリューション㈱、大陽日酸（株）（国研）産業技術総合研究所、（国）東京大学 、（株）タカノ 、豊田工業大学、（国）名古屋大学、明治大学、（国）宮崎大学
問い合わせ先　シャープエネルギーソリューション㈱　https://www.sharp-sesj.co.jp/inquiry/

SHARP

1．目的

2050年に広く一般の電動自動車に搭載されるための技術開発として、自動車形状に追従可能で、高効率、低コストを実現できる太陽電池モジュールを開発

2．期間

2020年7月 ～ 2025年3月

3．目標（最終）

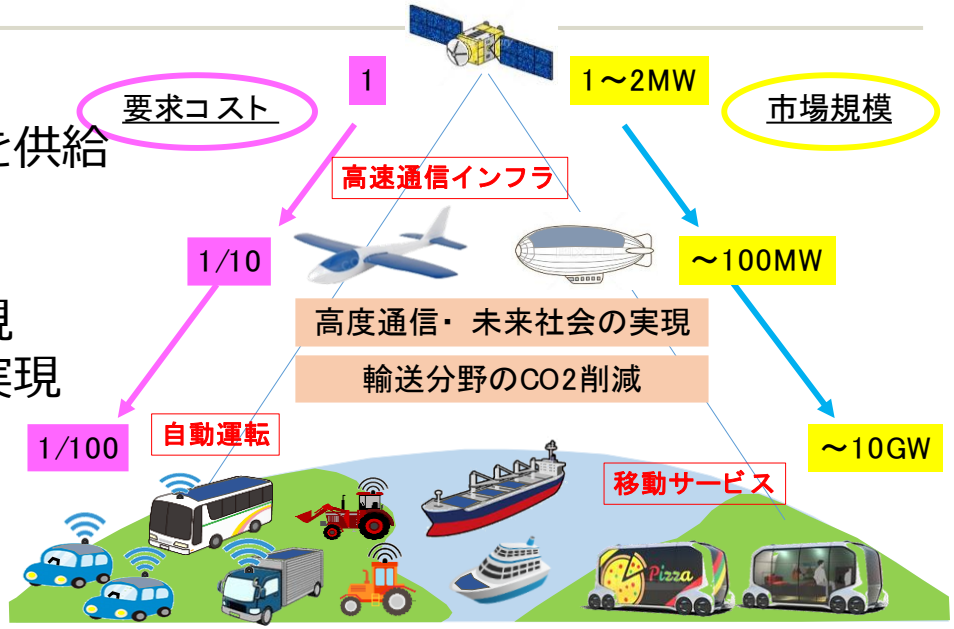
- モジュール効率35%以上（30cmx30cm）
- 上記モジュールと同等の効率をもつセルを使った3D曲面モジュール（曲率半径1mを含む）
- 実用サイズの複数枚処理装置（4インチ以上）において、モジュールコスト200円/W（量産時GWレベル）を達成するための基板再生装置及び高速成膜装置の実証

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

開発の意義・目的

超高効率太陽電池の必要性
・限られた面積（移動体）で必要な電力を供給

実用化のインパクト
・高度通信システムによる未来社会の実現
・輸送分野でのカーボンニュートラルの実現

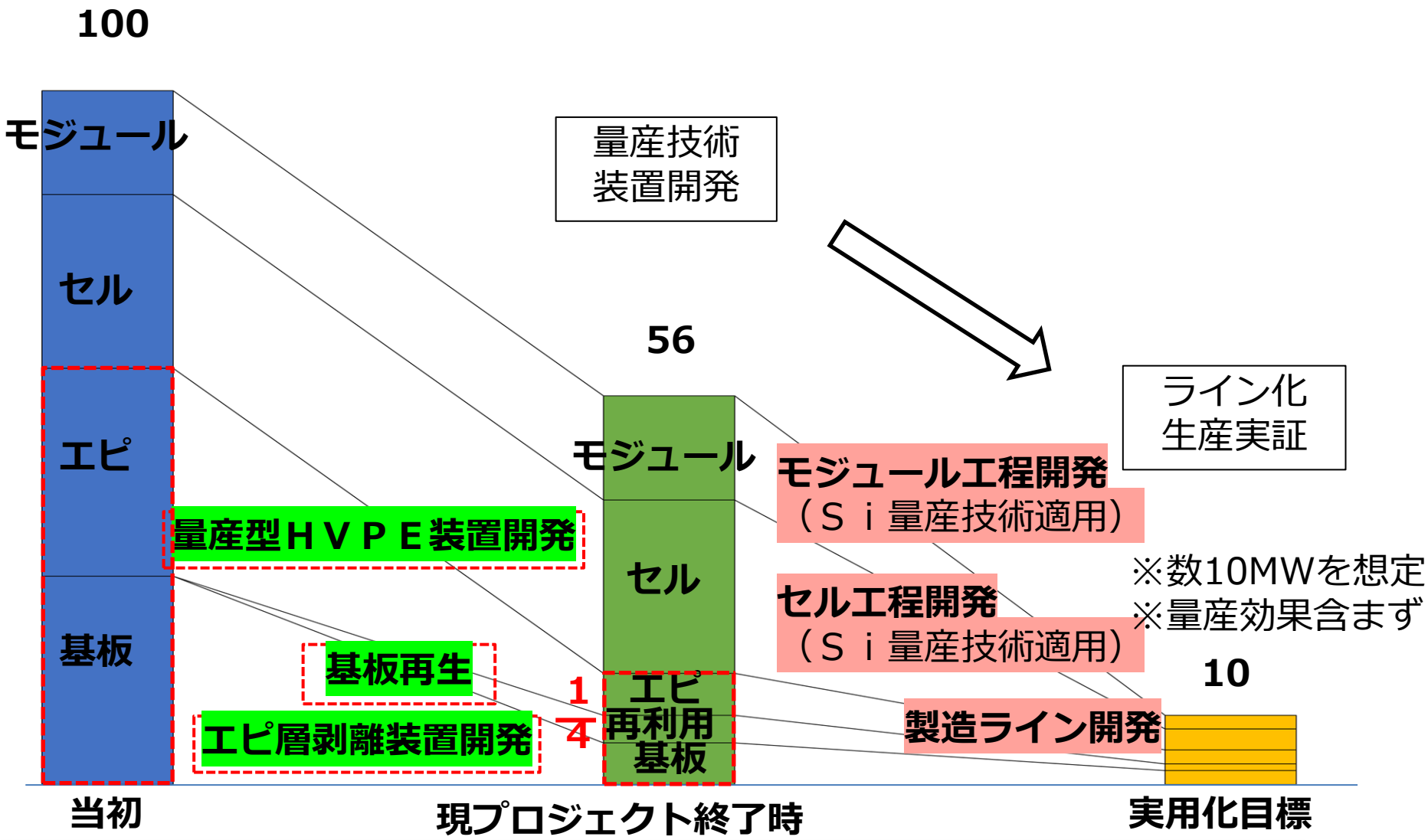


【事業化シナリオ】

	年度	2015～2019（旧プロジェクト）	2020～（現プロジェクト）	2025～	2030～	2035～
技術開発	基板再利用（ELO）	要素技術開発	要素技術／量産技術開発	量産技術開発～装置設計	製造工場整備	量産適用
	安価エピ成長（HVPE）					
	ﾓｼﾞｭｰﾙ量産自動化	-		要素技術開発		
製品用途	宇宙用	薄膜３接合 →	→	→	→	→
	成層圏用		薄膜2 or 3 接合 →	→	→	→
	車載用			Si →	→	→
					Si+薄膜２接合 →	→

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

開発項目および目標コスト



Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION
Confidential

開発目標

SHARP

第1優先

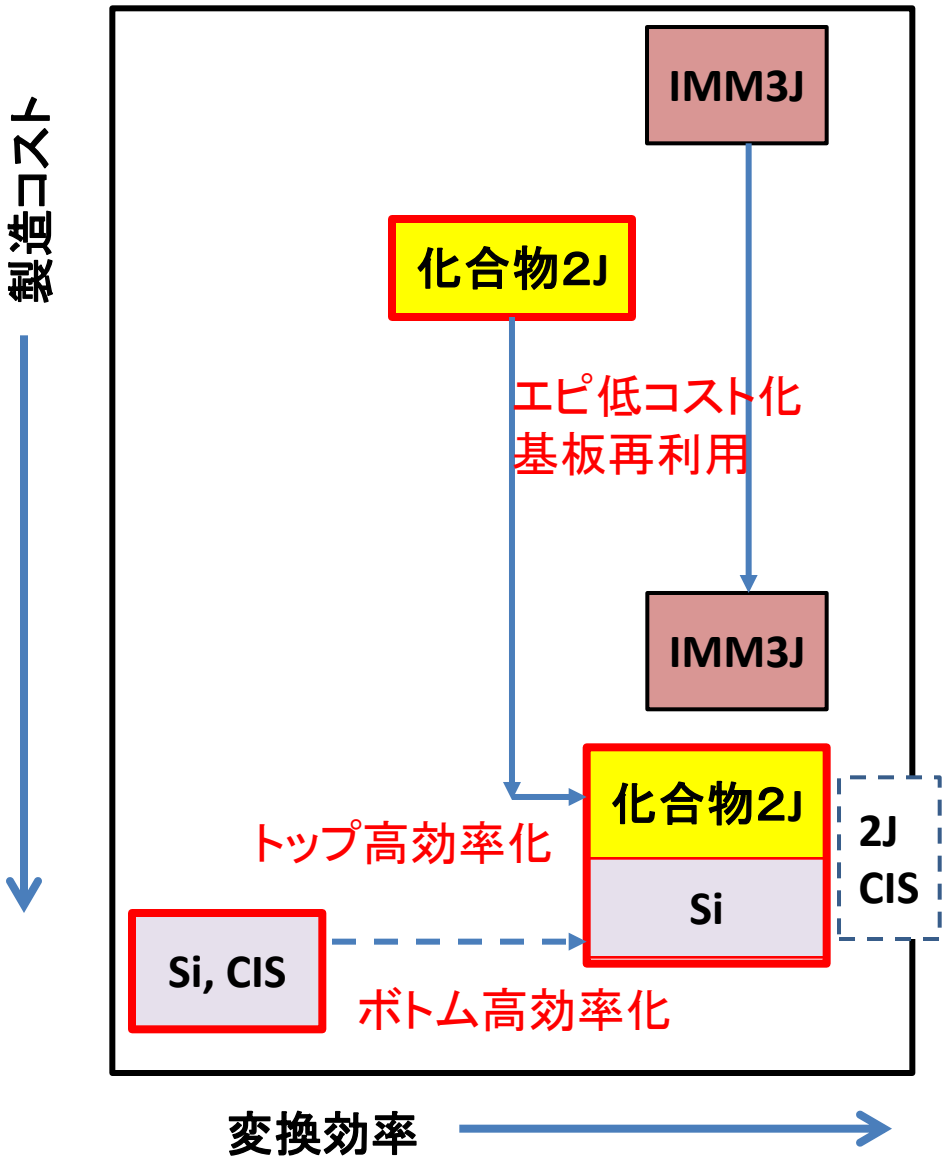
①化合物2J＋Si
（メカニカルスタック4端子）

第2優先

②IMM3J（2端子）

第3優先（①②の代替案）

③化合物2J+CIS
（スマートスタック2端子）



Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

開発体制

NEDO

委託

動向調査
【調査・分析委託機関】
みずほ情報総研他

委託

連携

移動体用太陽電池の研究開発（超高効率モジュール技術開発）
研究開発責任者：　シャープエネルギーソリューション（ＳＥＳＪ）

Ⅰ．超高効率セル・モジュール技術開発
チームリーダー：東京大

１．曲面モジュール開発
SESJ

２．高効率モジュール開発
・ボトムセル：豊田工大
・トップセル：SESJ、東京大

Ⅱ．　低コストプロセス技術開発
チームリーダー：産総研

４．低コスト成膜装置開発
・成膜：大陽日酸、産総研
・特性評価：SESJ

５．基板再生装置開発
SESJ、
東京大(再委託：タカノ)

６．低コスト接合技術開発
産総研

Ⅲ．　移動体用モジュール評価・構造設計技術開発
チームリーダー：宮崎大

７．移動体用モジュール発電量、評価・構造最適化設計
宮崎大、SESJ、
豊田工大（再委託：明治大、名古屋大）

８．移動体用モジュール発電量予測
宮崎大

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

成果一覧

SHARP

技術Gr	テーマ	技術項目	担当機関	中間目標	最終目標	状況	評価
I	①曲面モジュール（曲率半径1m）	化合物2J＋Si	シャープ	0.3m角	1m角	**モジュール作製完**	○
	②高効率セル平板モジュール（30cm角）	IMM3Jモジュール	シャープ	33%	35%	**32.6%（2接合＋Siに注力）**	△
		化合物２J(透過型）	シャープ 東大	30%	32%	**32.6%確認（自社測定）**	○
		印刷電極セル	東大	－	FF>0.85	**従来法（蒸着）と同等の低抵抗を確認**	○
		Siボトム	豊田工大（明大、名大）	5.5%	6%	**6.01%確認（自己測定）**	○
		化合物2J＋Si	シャープ 豊田工大（明大、名大）	33%	35%	**33.66%（産総研測定）**	△
II	④HVPE	化合物2J	産総研 大陽日酸 シャープ	27%	30%	**2接合（InGaP/GaAs）で30.1%を確認**	○
		量産装置	産総研 大陽日酸	成膜完	量産設計完	**GaAs：270μm/h、InGaP：20μm/hを実現 GaAs：原料利用効率51%を達成 自動搬送機機構で、InGaP/GaAsセル成膜プロセス時間30分の見込みを確認**	△
	⑤ELO・基板再生	IMM3J	東大 シャープ	見極め	クラックレス	**歪緩和層形成の仕様確定、4”クラックレス確認**	○
		量産装置	シャープ 東大（タカノ）	コンセプト確認	多数枚設計完	25枚剥離装置（歩留80%）	△
	⑥ｽﾏｰﾄｽﾀｯｸ	大面積化	産総研	2”スタック	4”スタック	**4”ハーフサイズで確認**	○
III	⑦発電量評価 ⑧発電量予測	試作モジュールの屋外評価	宮崎大 豊田工大（明大、名大） シャープ	解析手法	モジュール構造最適化に反映	**曲面での面内応力解析 発電モデルの開発**	○
		曲面発電量予測	宮崎大	モデル化	モデル検証	**曲面多接合モジュール発電量予測モデル開発**	○

Confidential

主な成果

SHARP

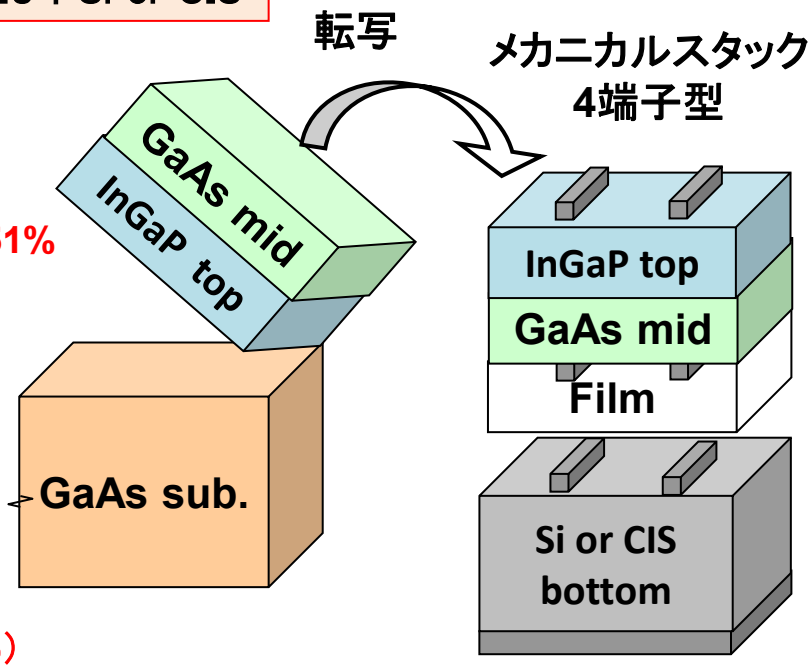
第一優先構造：化合物2J＋Si or CIS

④HVPE
産総研
大陽日酸

GaAs: 270μm/h, 利用効率51%
InGaP: 20μm/h成膜
2接合：30分/runの見込確認
変換効率　30.1%

⑤ELO
シャープ
東京大学
タカノ

25枚剥離装置（歩留80%）
IMM3J剥離ｸﾗｯｸﾚｽ



②高効率モジュール
（透過型2接合セル）
シャープ
東京大学　32.6%（自社測定）

（Siボトムセル）
豊田工業大学
名古屋大学
明治大学　6.01%

2J+Si　33.7%

⑦⑧発電量評価・予測
宮崎大学
豊田工業大学

部分影対策(ﾀﾞｲｵｰﾄﾞ付)
振動対策、セル変形検出
車載ﾓｼﾞｭｰﾙPR予測

①曲面モジュール
シャープ

曲面（R=1m), 1m角作製

第二優先構造：化合物3J

②高効率モジュール
シャープ　32.65%

第三優先構造：スマートスタック

⑥スマートスタック
産総研　29.3%　化合物2J＋CIGS
4インチの半分サイズで貼り合せ

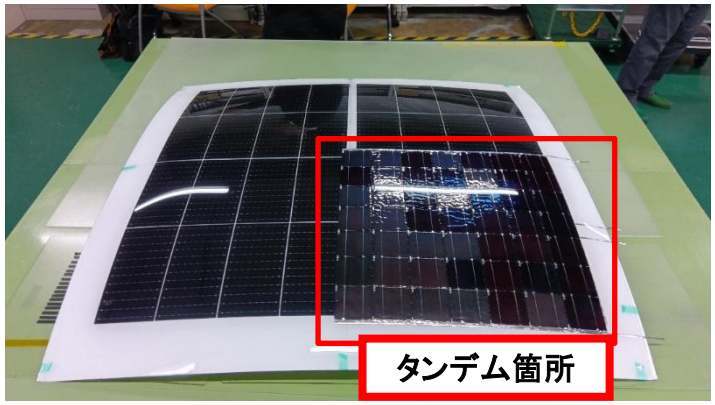
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

■曲面モジュール開発（化合物2接合＋シリコン）

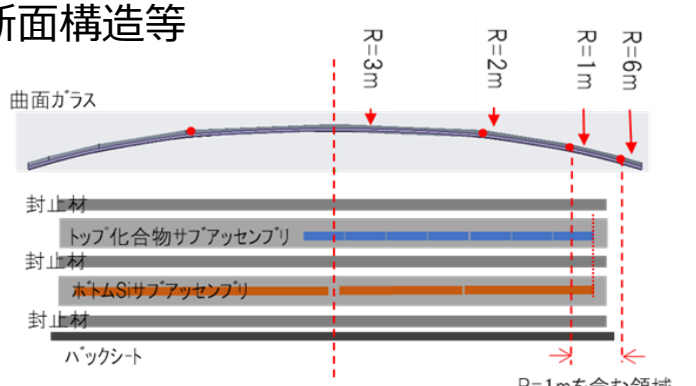
SHARP

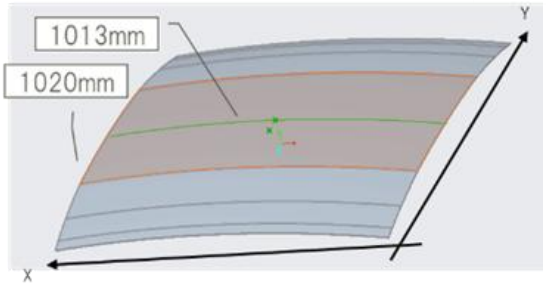
R＝１ｍを含む３Ｄ曲面、実用サイズ

●外観



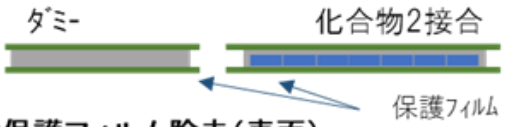
●断面構造等





●プロセスフロー

①化合物サブアッセンブリ作製



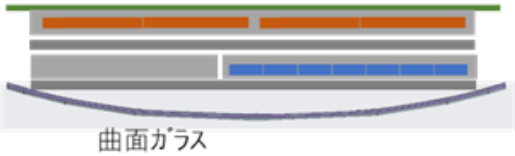
②保護フィルム除去（表面）

③曲面ｶﾞﾗｽへ載置→保護フィルム除去（裏面）

④Siサブアッセンブリ作製

⑤保護フィルム除去（表面）

⑥曲面ｶﾞﾗｽへ載置→保護フィルム除去（裏面）



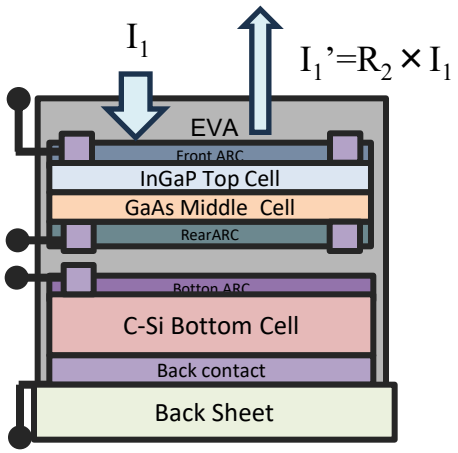
⑦ラミネート（真空バッグ方式）

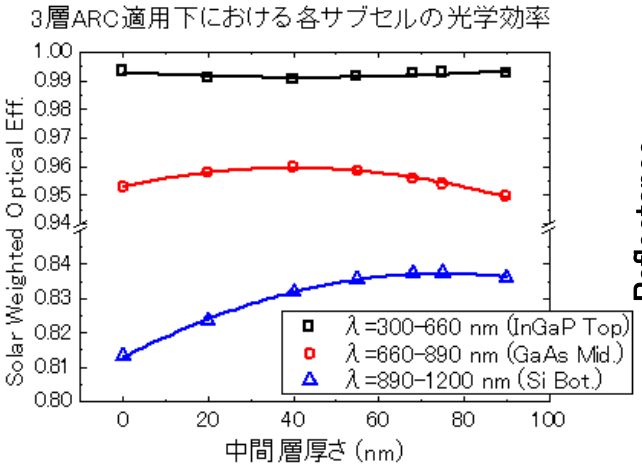
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

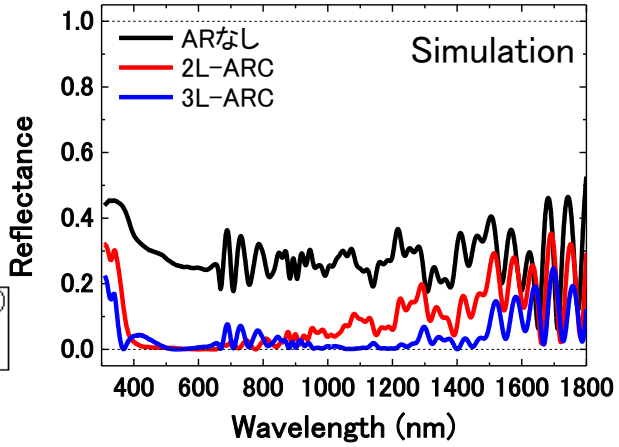
■セル／モジュール高効率化

■ガラス封止されたモジュール内セルに対する3層構造ARC設計（シミュレーション）

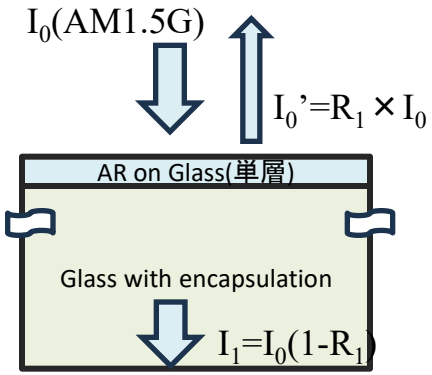
反射防止膜形成(セル上)

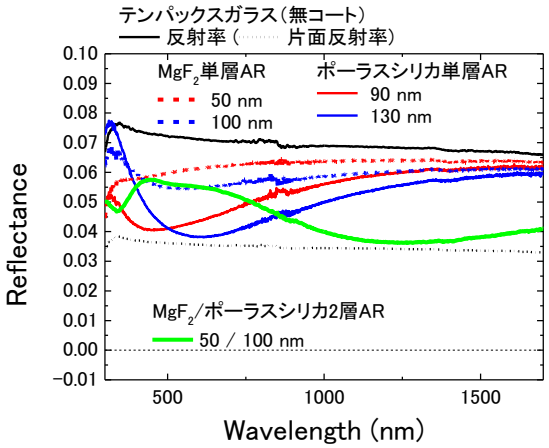






反射防止膜形成(ガラス表面)

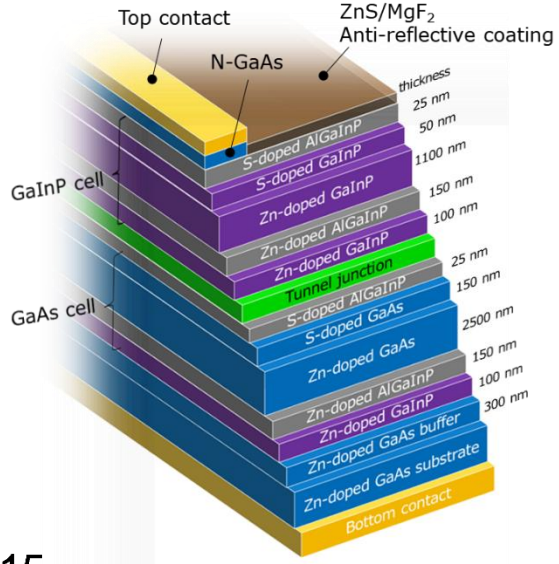


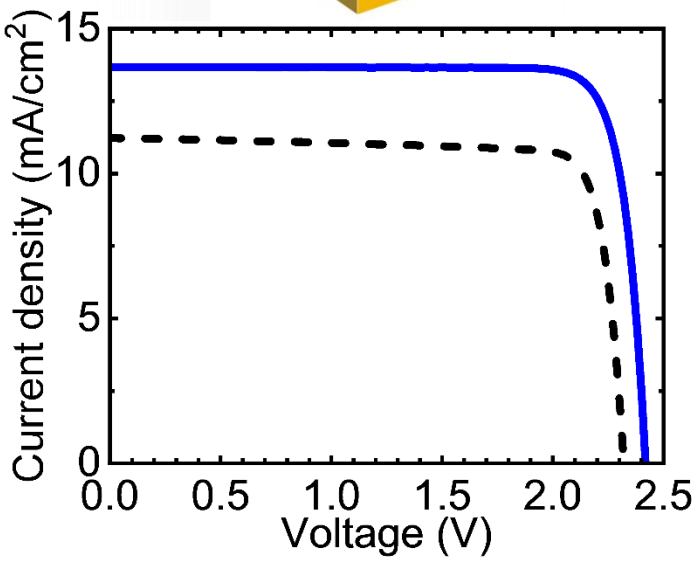


封止ガラスに対する単層反射防止膜（低屈折率材料）を実証、ナノポーラスシリカ単層膜の形成により光学効率を~2%向上

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

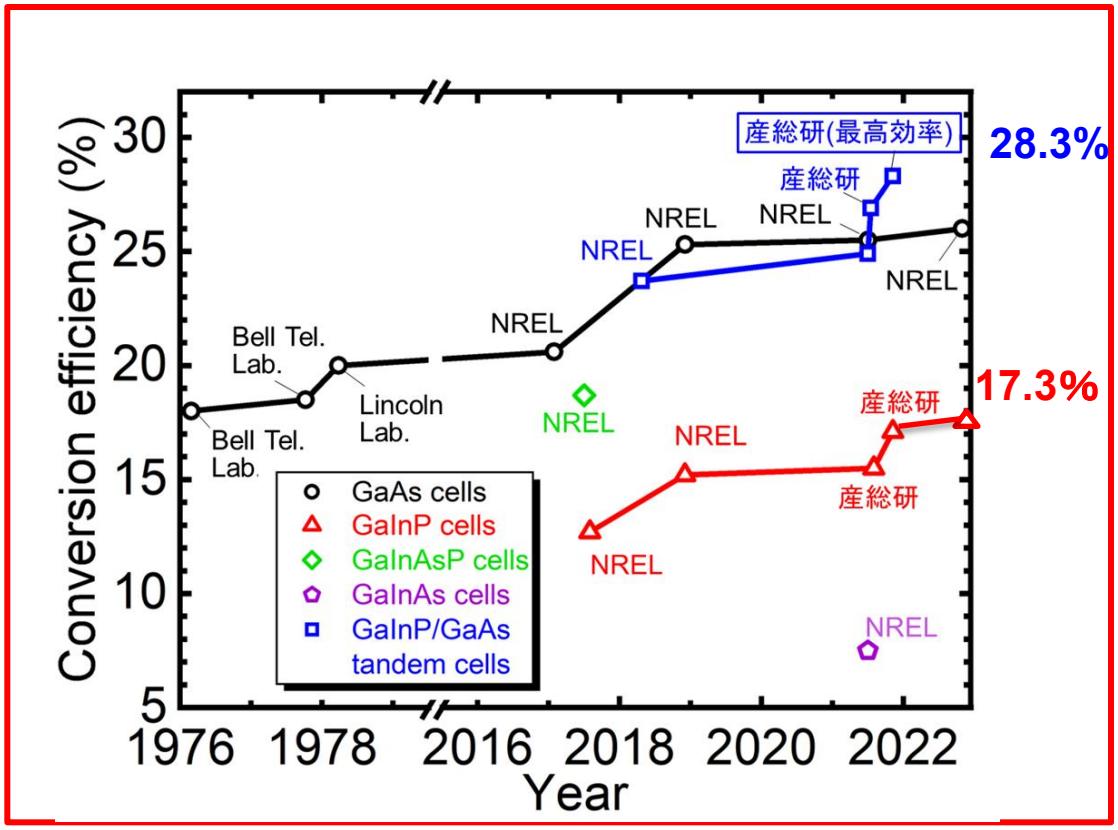
■低コスト成膜技術開発（HVPE）





- **InGaP/GaAs 2接合太陽電池で認証効率28.3%を達成**
- **InGaPセルでは17.3%達成（InAlP窓層）**
- **（HVPE法セルとして世界最高効率）**

HVPE法で作製されたIII-V族太陽電池の変換効率推移



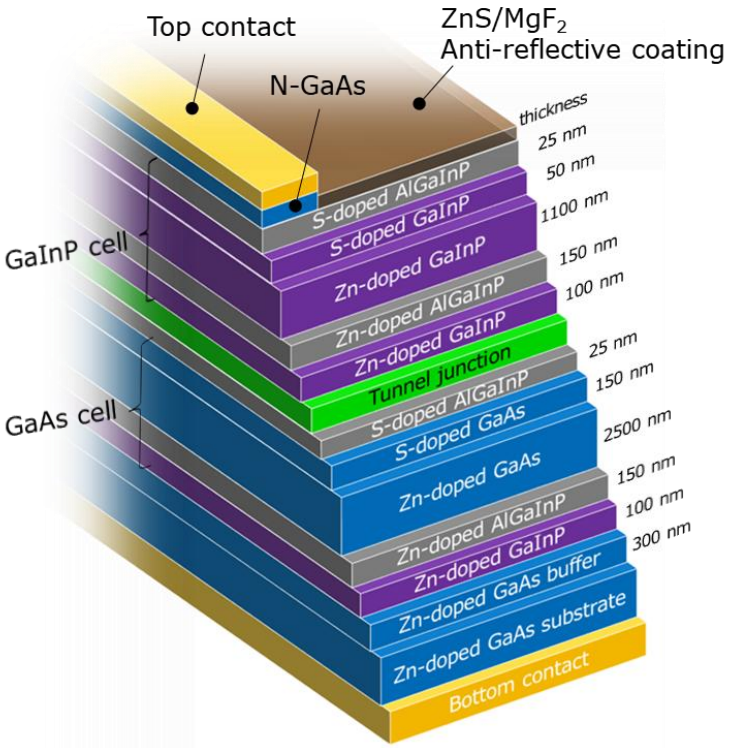
HVPE法によるAl系材料の高品質成膜技術を世界で初めて開発
AlGaInPパッシベーション層の導入により、太陽電池性能を飛躍的に向上

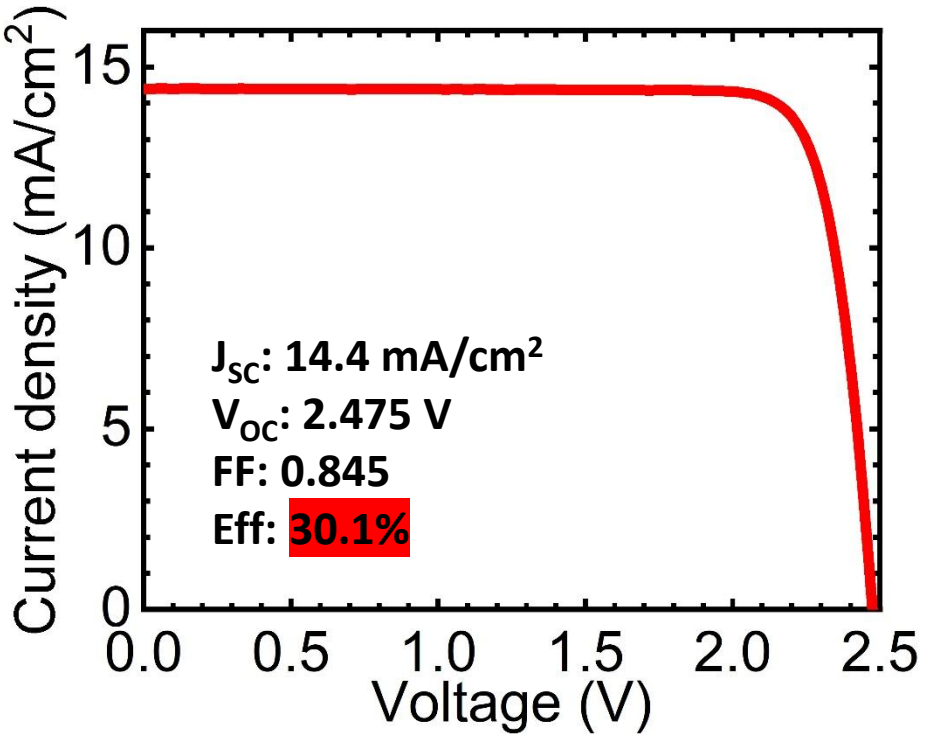
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

■低コスト成膜技術開発（HVPE）

SHARP

GaInP/GaAs 2接合セルの高効率化





In-house測定(AM1.5G)にて30.1%を達成

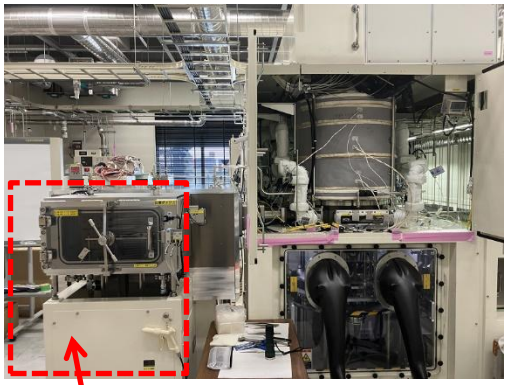
※電極パターンや反射防止膜の改善で変換効率向上

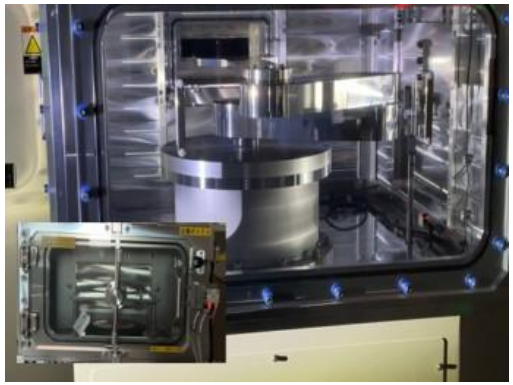
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

■高温自動搬送導入による成膜プロセス時間短縮化

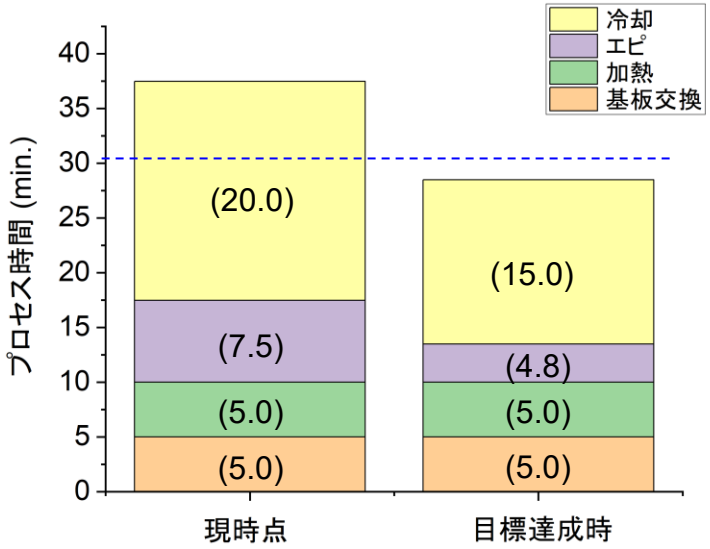
SHARP

高温自動搬送機構導入完了





高温自動搬送機構（新設）



・サセプター温度300 °Cでの高温自動搬送が可能であることを確認 した（所要時間 ；5 min.）

・従来は50℃以下まで降温後、手動による基板搬出入を行っていた（所要時間3～4hr/Run）
⇒高温自動搬送により37.5min/Runまで大幅な短縮化を達成した。

・将来的な量産クラスター装置の要素技術を確立した。

冷却時間の短縮(20min⇒15min/Run）

及び成膜高速化によるエピの短縮
(7.5min⇒4.8min/Run）

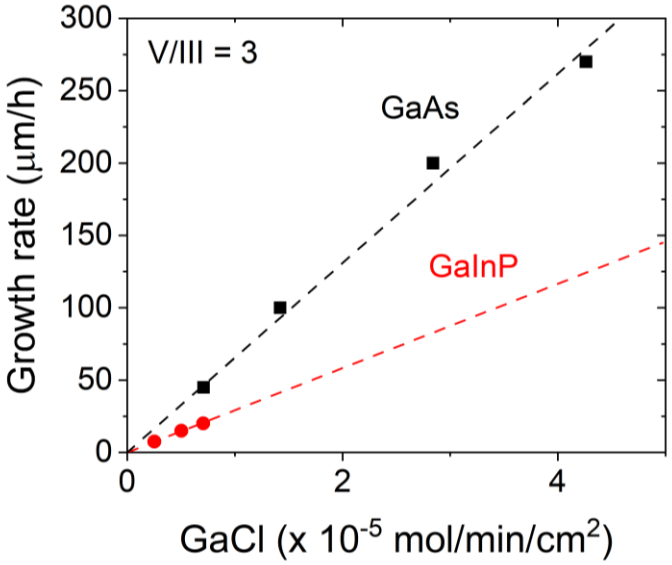
⇒成膜プロセス時間30min/Run以内を達成できる見込み

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

■GaAs及びInGaPの成膜速度（HVPE）

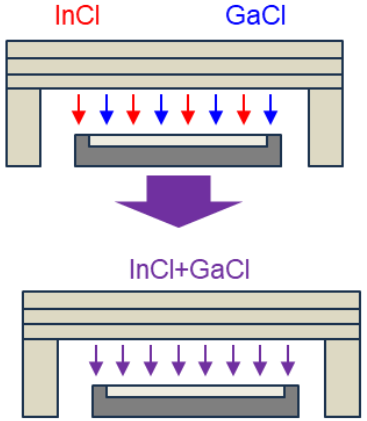
SHARP

- GaAs；270 μm/h（最終目標；200μm/h）まで実証
- GaAs原料利用効率；51%（最終目標；70%）まで実証（未達成）
- InGaP；20 μm/h（最終目標；100μm/h）まで実証（未達成）



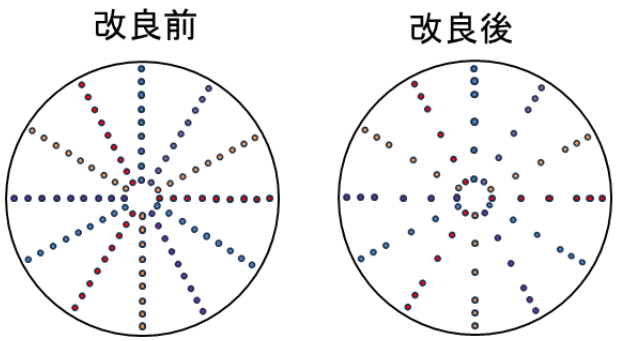
InGaP成膜速度を向上するための方策

InClとGaClが別ノズルから供給されるため
原料のミキシングが困難
⇒　供給量が多い高速成長ほど難しい

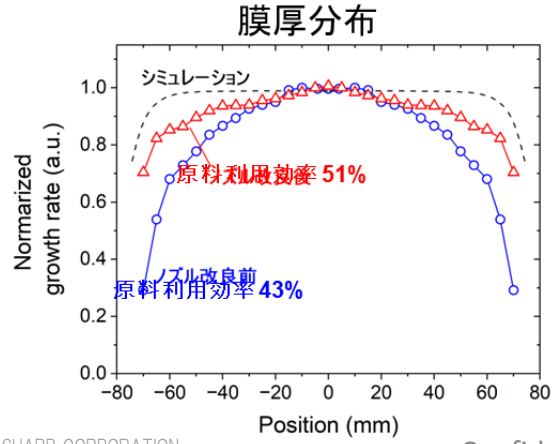


予め経路で混合できるように改造を実施

◆GaAs成長におけるノズルデザインの改良による膜厚分布及び原料利用効率の改善



外周/内周のノズル穴密度比を調整



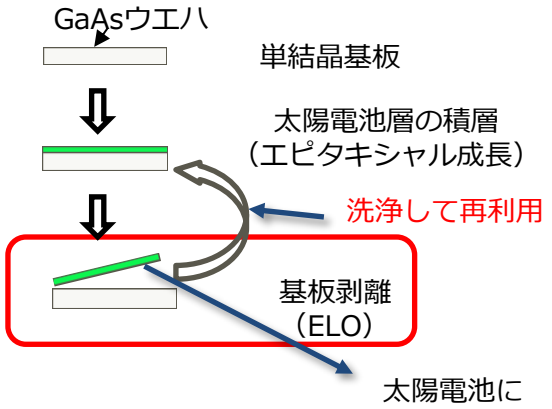
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION
Confidential

■基板再利用技術開発（基板剥離）

SHARP

量産性評価装置を導入し、評価実施

- 自動搬送、25枚同時処理可能な装置を設計、導入
- 各基本動作（自動搬送、分離機構、洗浄、単枚での剥離）が問題無いことを確認
- 剥離歩留約80%



●量産性評価装置

●25枚同時剥離結果の例

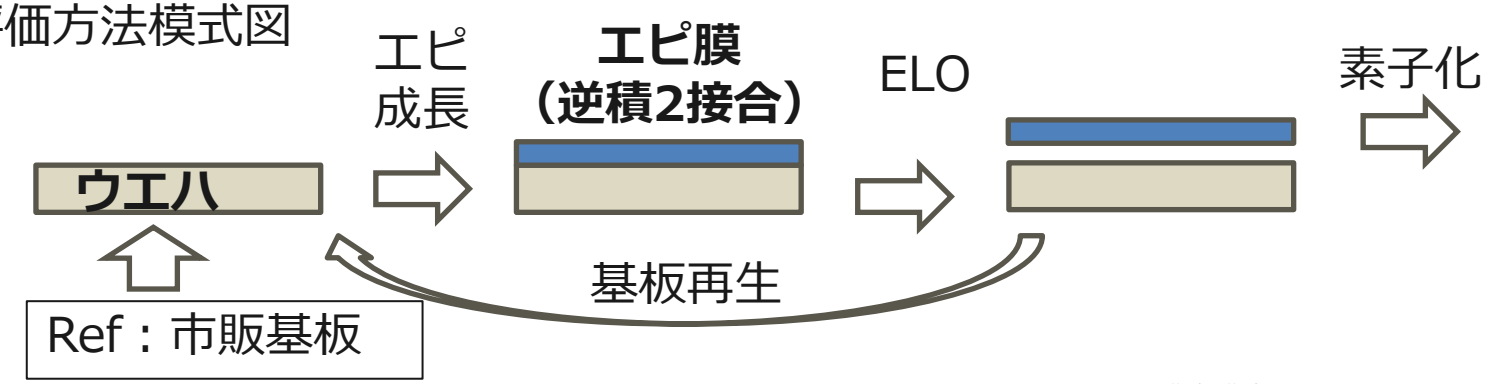
01	02	03	04	05	06	07	08
クラックレス	クラック発生	クラックレス	クラックレス	クラックレス	クラック発生	クラックレス	クラックレス
09	10	11	12	13	14	15	16
クラックレス	クラックレス	クラックレス	初期不具合	クラックレス	クラック発生	クラックレス	クラックレス
17	18	19	20	21	22	23	24
クラックレス	クラックレス	クラックレス	初期不具合	クラック発生	クラックレス	クラックレス	クラックレス
25							
クラックレス							

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

■基板再利用技術開発（基板再生）

太陽電池層形成→剥離→洗浄　を繰り返し実施し品質を評価　⇒　品質の低下はなし
洗浄方法はコストが従来法と比較して大きく低下する手法を採用

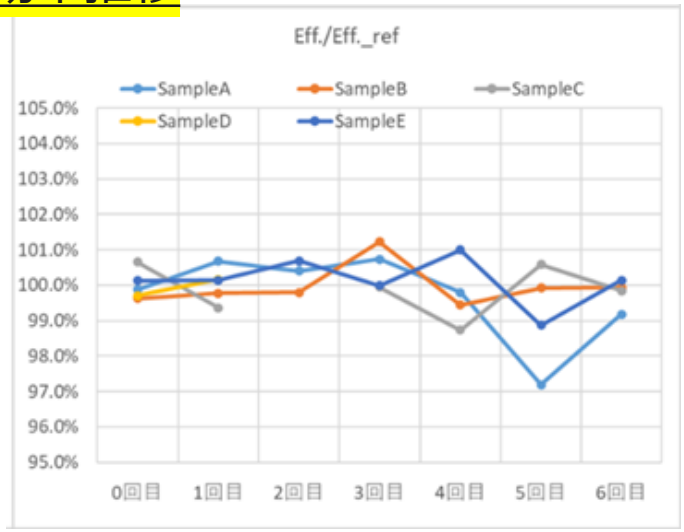
■評価方法模式図



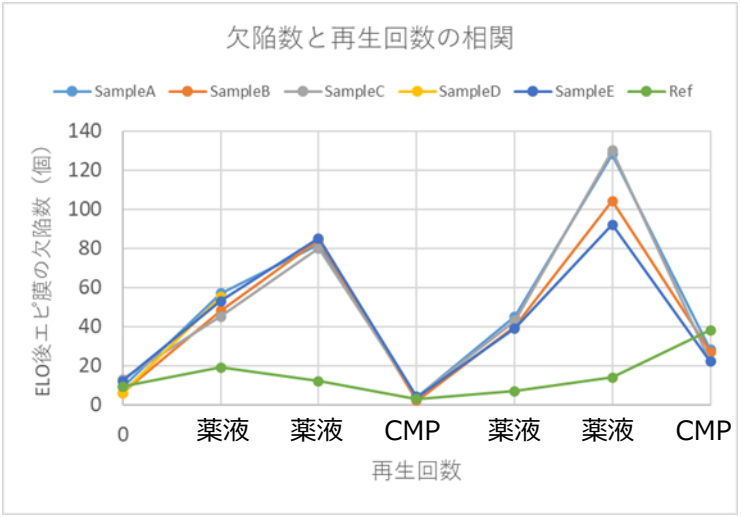
薬液　CMP　薬液　薬液 CMP

■評価結果

変換効率推移



欠陥数推移

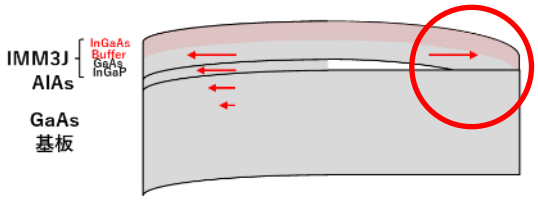


Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

■格子不整合型エピウエハの基板剥離

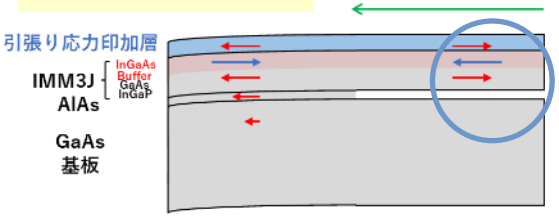
課題： 圧縮応力制御 ⇒ IMM3JウエハのELO確立

圧縮応力制御なし　ELO済み領域

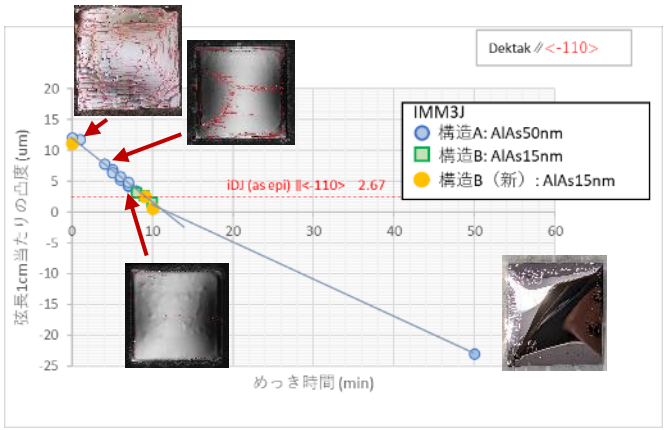


基板から遊離したIMM層の内部
圧縮応力により、エッチスリットを閉塞
⇒ ELO進行の阻害

圧縮応力制御あり　ELO済み領域

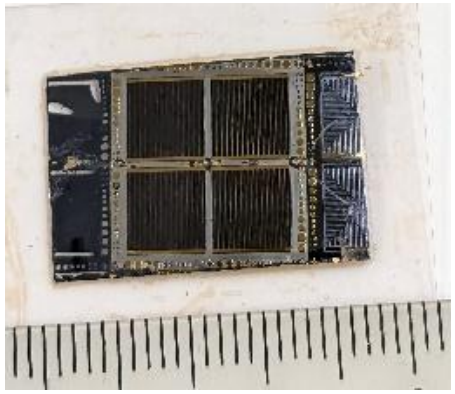


引張り応力印加層の導入により、
IMM層の内部圧縮応力を相殺し
エッチスリット閉塞を抑制
⇒ ELO進行可能

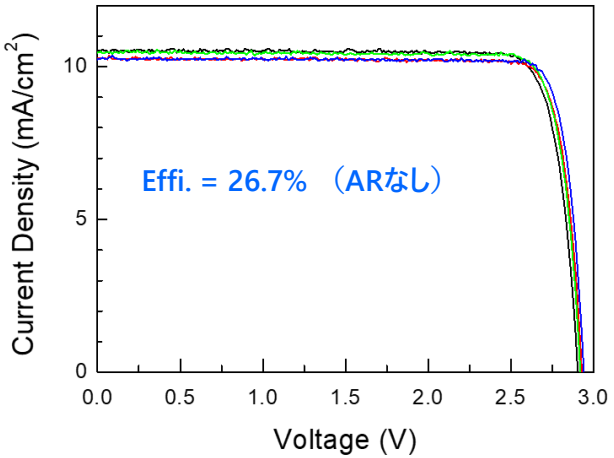


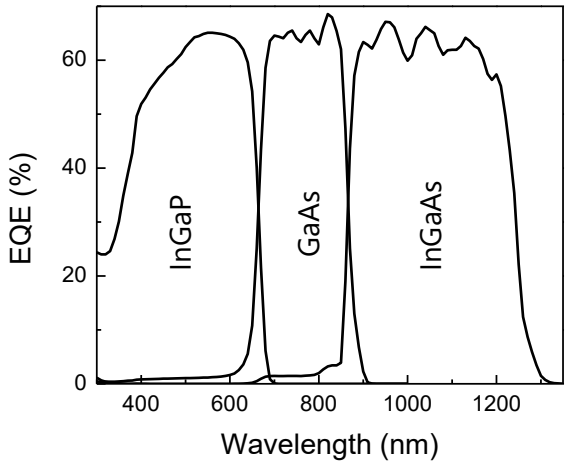
Niめっき時間を長くすると、反りの逆転も可能

✓ELO製 IMM3Jセルデバイス化で26.7%（ARなし, ELOによる特性劣化兆候なし）



5.5mm□ x4枚取り





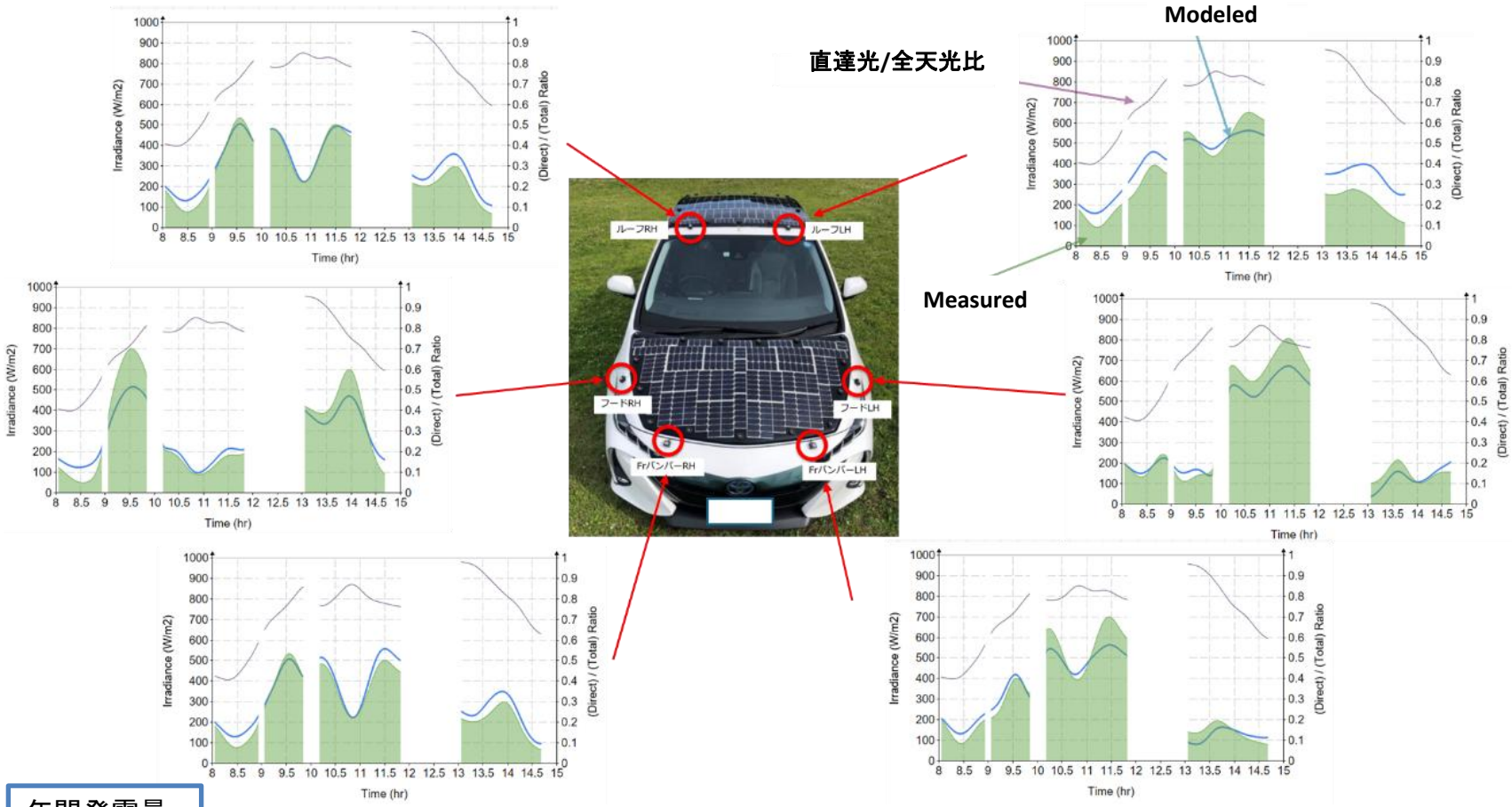
Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

宮崎大

■発電量シミュレーション

実測値とよく一致

SHARP



年間発電量 ＝

水平面全天日射 × 曲面モジュール ソーラーシミュレータ試験 IEC60904-1-3

× 日影補正 × 部分日影補正 × 曲面補正

× 温度補正 × スペクトル補正

1. 複雑な3次元多接合移動体用モジュール発電量を単純な左式の因子の積で整理してモデル化
2. NEDO実証車（トヨタ）の発電データより検証
3. 世界各国で適用できるようにExcel シート化

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION
Confidential

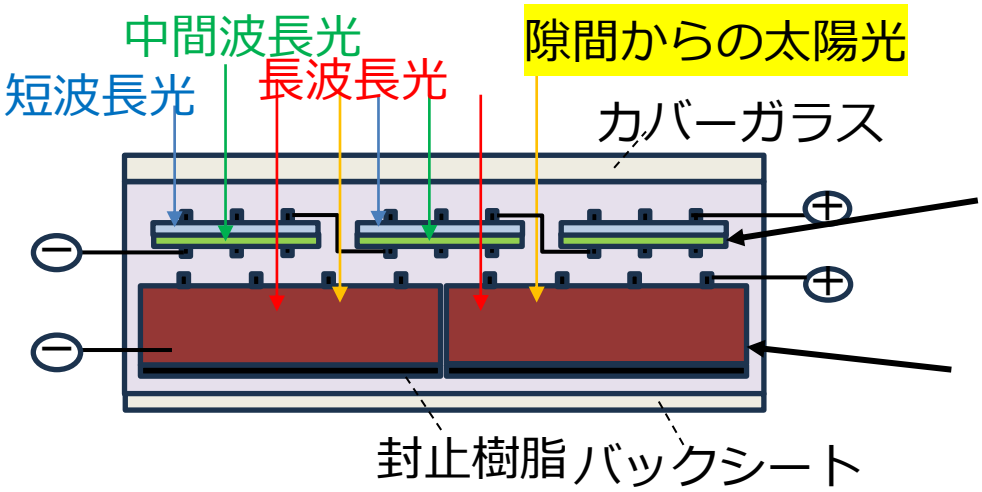
■高効率モジュール

SHARP

化合物2接合（28.17%）＋Si（5.49%）＝33.66%（世界最高効率※）

※：2025年5月時点　当社調べ

●モジュール構造



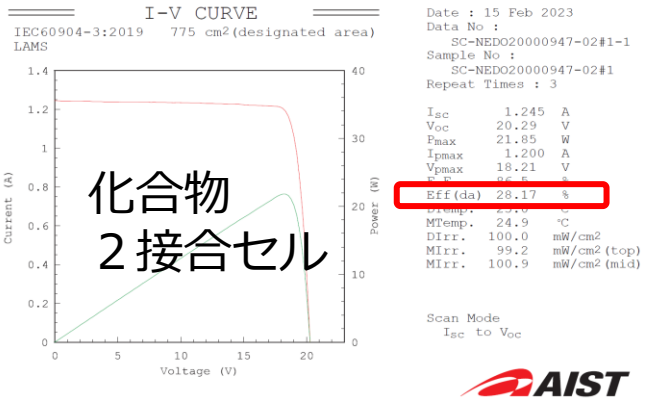
(化合物２接合型トップセル) 28.2%
InGaP／GaAs

＋

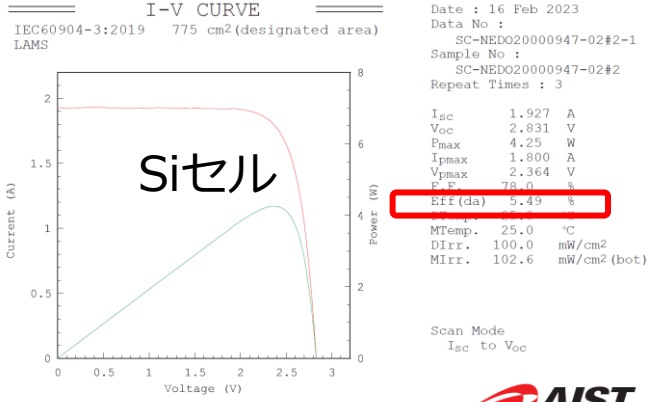
(ボトムセル) 5.5%
シリコン

●モジュール外観

●電気特性（産総研測定結果）



AIST



AIST

「AIST」は国立研究開発法人産業技術総合研究所の登録商標です

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION
Confidential

まとめ

●各開発項目についてはおおむね最終目標を達成
- モジュール変換効率：世界最高達成
- HVPEでの2接合セルの変換効率：世界最高達成
- 実用サイズの曲面モジュール作製
- 基板再生技術で量産化の目途
- 曲面モジュールかつ車両搭載での発電量シミュレーション技術開発
- 車載用太陽電池の国際標準化活動において貢献

●残された課題
- 本プロジェクトにおいて達成された高効率化と低コスト化技術の統合
- 35%モジュールを200 ¥/Wで供給できる製造工程の確立（大規模製造技術）
- 低コスト成膜技術、基板再利用技術の開発継続

●今後
- 本プロジェクトの成果を活用して積極的に自動車メーカー等と上市について協議していく
- 国際標準化活動を継続して進めていく

●成果の波及効果
- 宇宙用等の他用途でのセル高効率化、セル低コスト化の可能性
- 曲面モジュールによる移動体以外のアプリケーションへの適用可能性

Copyright © All rights reserved, SHARP CORPORATION

SHARP