

2019年度成果報告会

プログラムNo. P1-18

**高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発/
先端複合技術型シリコン太陽電池、
高性能C I S太陽電池の技術開発/
C I S太陽電池モジュール高性能化技術の研究開発**

加藤 拓也
出光興産（株）

2019 年 10 月 18 日

問い合わせ先
出光興産株式会社
URL: <https://www.idss.co.jp/>
TEL: 0120-132-015

1. 期間

開始：2015年 5月

終了：2020年 2月（予定）



2. 最終目標

試作モジュールで発電コスト14円/kWh相当の性能を確認する

発電コスト14円/kWhを満たす性能の目安：

- ・ **量産モジュール変換効率16%**、モジュール出力劣化25年で20%相当
- ・ **サブモジュール変換効率20%**
- ・ 平成26年度比モジュールコスト10%削減

3. 成果・進捗概要

・ CIS小面積セル変換効率

- **Cdフリーセル**：23.4%※（2018年11月）
- Cd含有セル：22.9%※（2017年11月）

・ CISサブモジュール変換効率（Cdフリー）

- 30cm角：19.2%※（2017年1月）
- 7cm角：19.8%※（2016年12月）

※2019年8月現在 世界最高変換効率

・ CIS製品モジュール最高出力

- 194.3W（モジュール変換効率15.8%）

共同研究事業実施体制図

CIS太陽電池モジュール
高性能化技術の研究開発

CIS太陽電池高性能化
技術の研究開発

出光

密接な連携体制により全ての情報を全員で共有しながら開発を推進



薄膜・デバイスと評価結果の
密接な交換

CISコンソーシアム

- ミーティング・知見共有
- サンプル・データ提供

※2015～2017年度

デバイス技術



東工大

界面制御



立命館大

バンド制御



東京理科大※

粒界・エピ成長



光吸収層の高品質化・デバイス開発

IDEMITSU

高性能化



産総研

高性能化基礎



鹿児島大

電子構造評価



龍谷大

材料設計



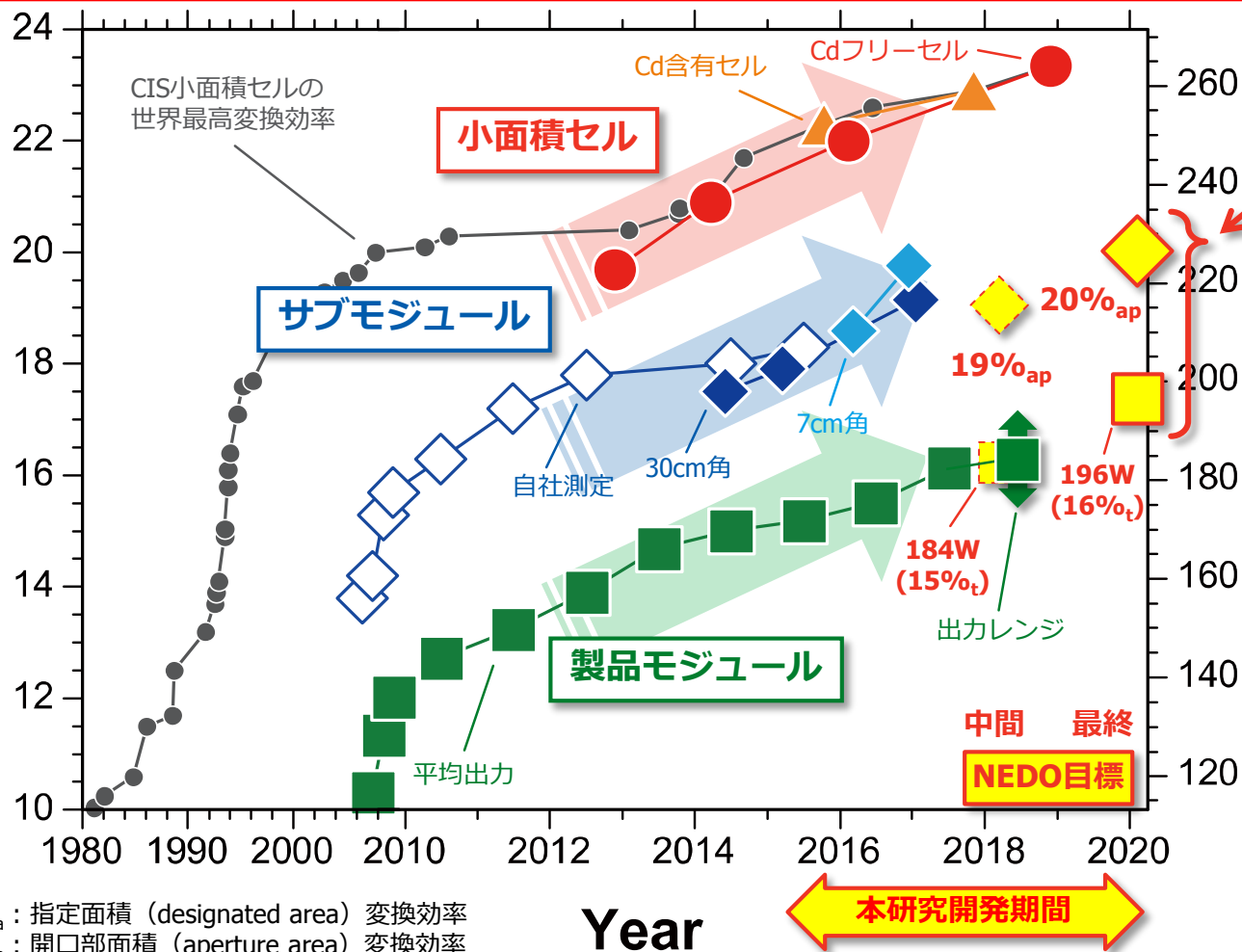
筑波大

結晶欠陥評価

評価技術

本研究開発事業における目標と実績の概要

(Aperture Area) Efficiency (%)

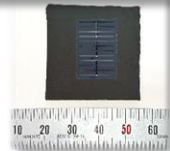


※%_{da}: 指定面積 (designated area) 変換効率
 %_{ap}: 開口部面積 (aperture area) 変換効率
 %_t: 実効面積 (total area) 変換効率

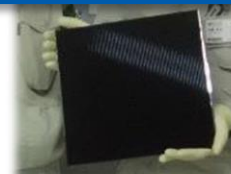
- 中間目標達成済
- Cdフリー小面積セル (1cm²) で23.4%の世界最高変換効率を達成
- 高出力新型モジュールの量産 (180, 185W~)

発電コスト目標
 ・ 中間: 17円/kWh
 ・ 最終: 14円/kWh
 を実現する性能の目安

小面積セル (1cm²)
 ➢ 23.4%_{da} (Cdフリー)
 ➢ 22.9%_{da} (Cd含有)

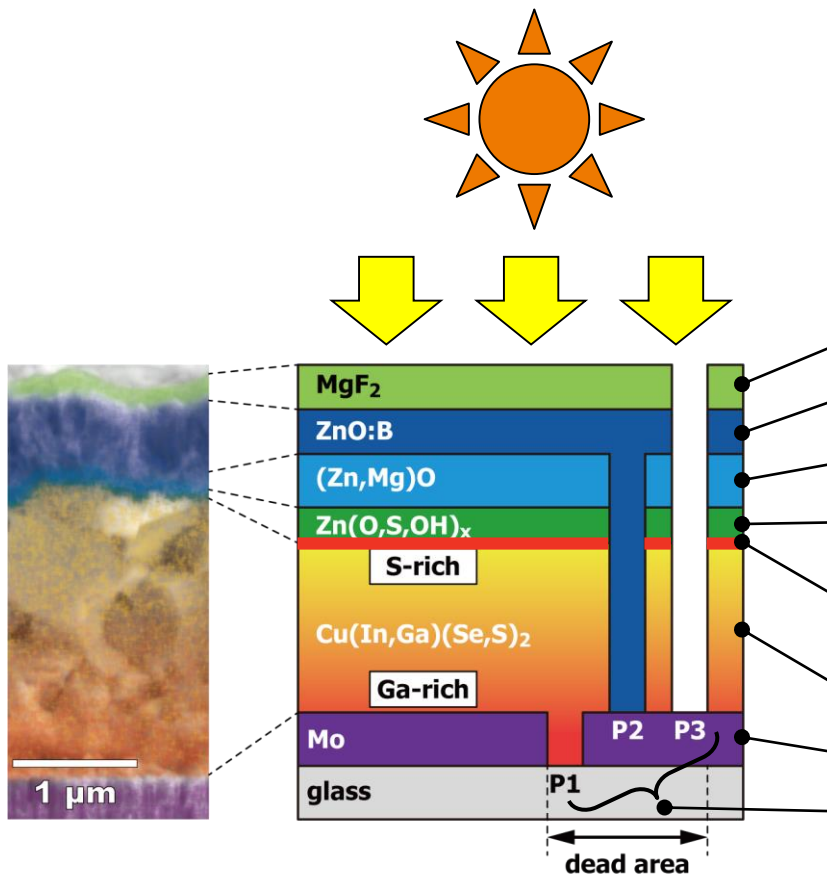


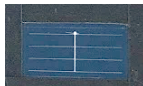


サブモジュール
 ➢ 19.8%_{ap} (7cm角)
 ➢ 19.2%_{ap} (30cm角)



製品モジュール
 (90×120 cm²)
 ➢ 194.3W
 (17.2%_{ap}, 15.8%_t)





			
	小面積セル	サブ モジュール	量産 モジュール
開口部面積 (cm ²)	1.0	24 / 840 (7 / 30cm角)	11,310 (120×90cm ²)
開口部変換 効率 (%)	23.4	19.8	17.2
反射防止膜	MgF ₂		カバーガラス
透明導電膜	ZnO:B		
第2バッファ層	(Zn,Mg)O		ZnO
第1バッファ層	Zn(O,S)		
アルカリ金属 処理	Cs	K (7cm角のみ)	無し
CIS光吸収層	改良型	従来型	
裏面電極	Mo		
パターニング	無し	レーザー / メカニカルスクライブ	

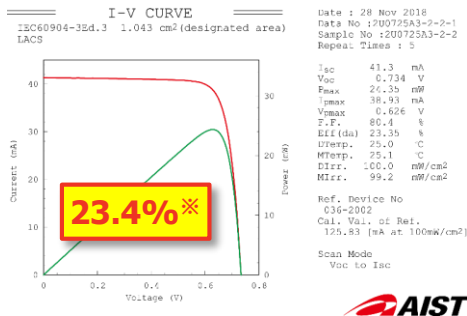
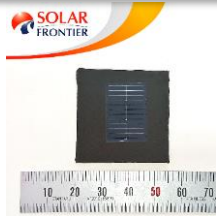
T. Kato et al., IEEE JPV 7, 1773 (2017) © 2017 IEEE

CIS小面積セル、サブモジュールにおける変換効率の記録更新

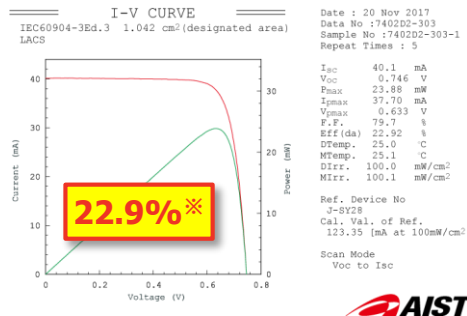
出光

① Cdフリー 小面積セル (1.0cm²)

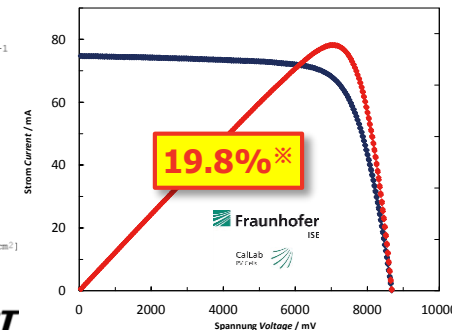
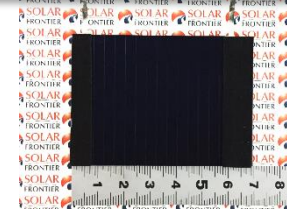
New!



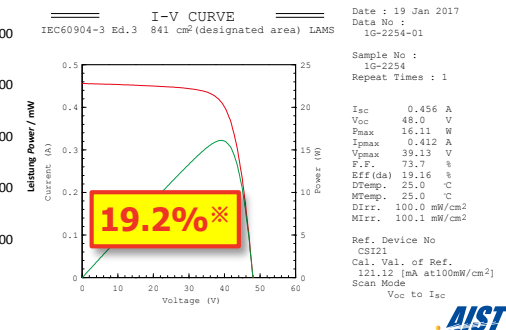
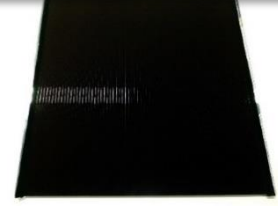
② Cd含有 小面積セル (1.0cm²)



③ Cdフリー サブモジュール (7cm角)



④ Cdフリー サブモジュール (30cm角)

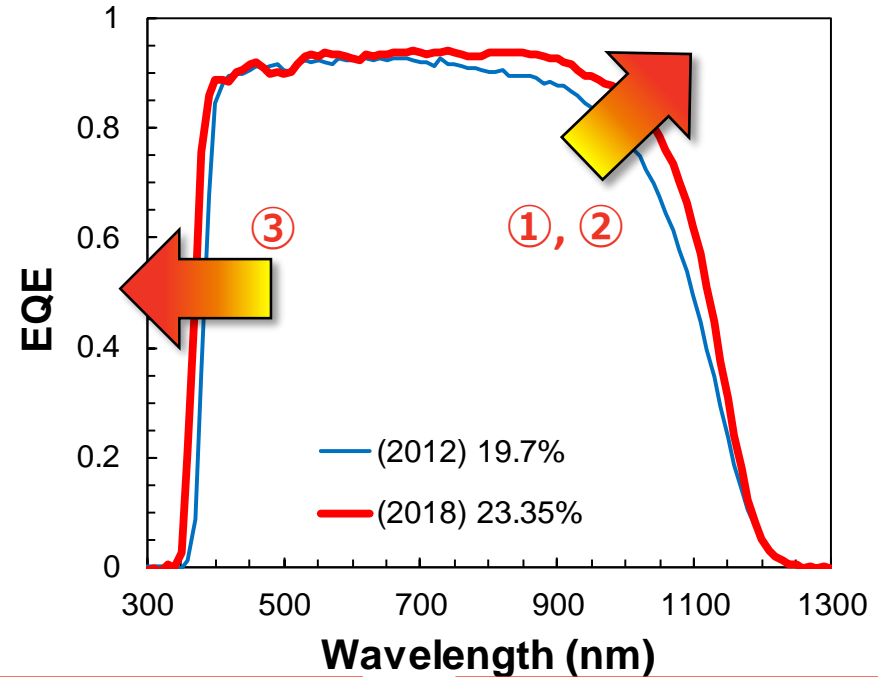
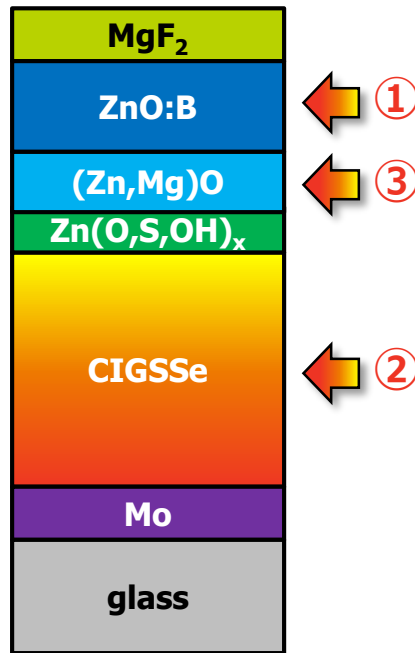


T. Kato, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 04CA02 (2017).
T. Kato et al., IEEE JPV **7**, 1773 (2017).

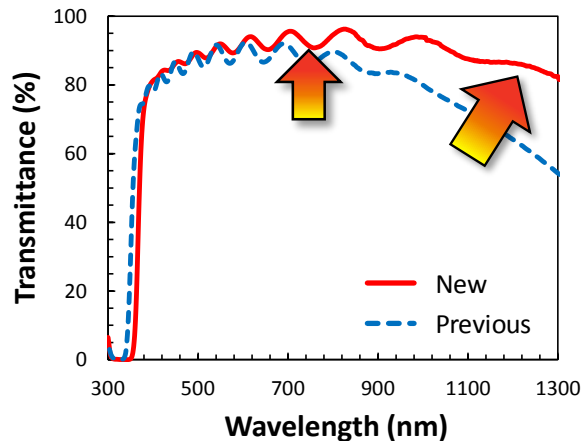
T. Kato et al., IEEE JPV **9**, 325 (2019).
M. Nakamura et al., IEEE JPV, to be published.

※世界最高変換効率 (2019年8月現在)

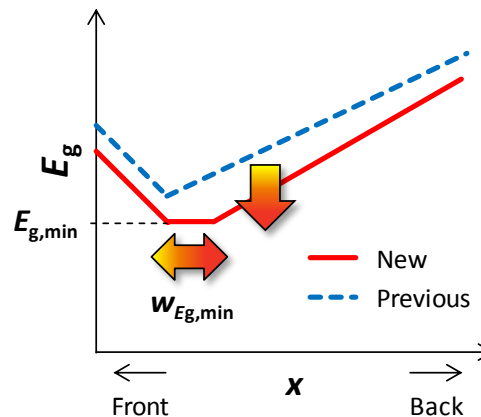
セル/モジュール	達成年	第1 バッファ	第2 バッファ	アルカリ 金属処理	開口部面積 (cm ²)	η (%)	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (mV)	FF (%)	測定機関
小面積セル	2014	Zn(O,S)	ZnO	無	0.519	20.9	39.9	686	76.5	FhG-ISE
	2015	CdS	ZnO	有 (K)	0.512	22.3	39.4	722	78.2	FhG-ISE
	2016	Zn(O,S)	(Zn,Mg)O	有 (K)	0.512	22.0	39.4	717	77.9	FhG-ISE
	② 2017	CdS	無	有 (Cs)	1.042	22.9	38.5	746	79.7	AIST
	① 2018	Zn(O,S)	(Zn,Mg)O	有 (Cs)	1.043	23.4	39.6	734	80.4	AIST
サブモジュール	2014	ZOS	ZnO	無	808	17.5	35.3	680	72.8	AIST
	④ 2017	Zn(O,S)	(Zn,Mg)O	無	841	19.2	38.0	686	73.7	AIST
	③ 2017	Zn(O,S)	(Zn,Mg)O	有 (K)	24.2	19.8	37.1	724	73.6	FhG-ISE



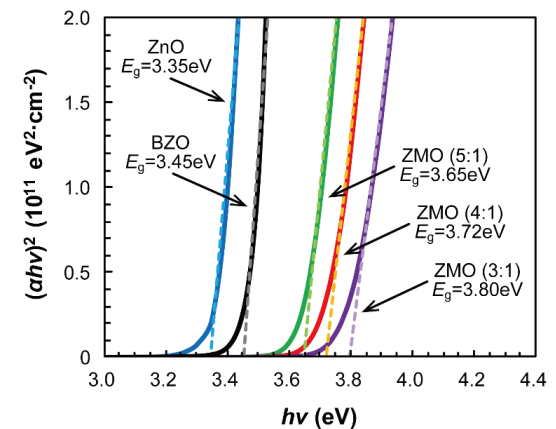
①透明導電膜の高易動度化



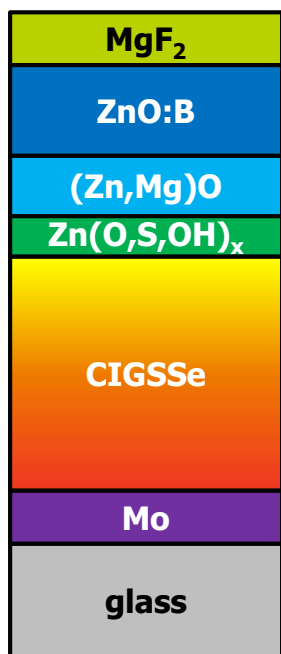
②光吸収層プロファイル改善



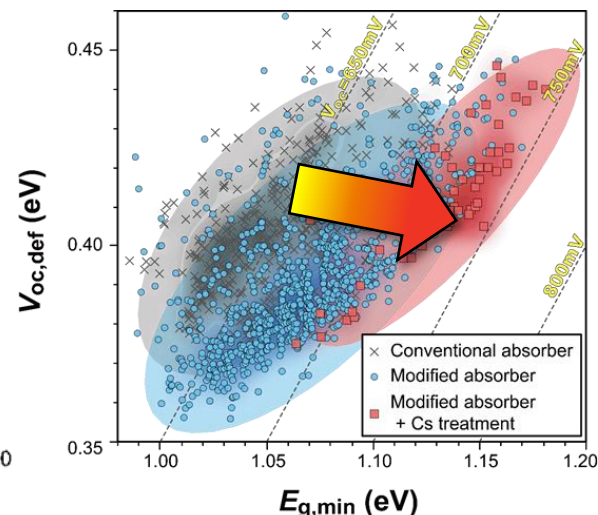
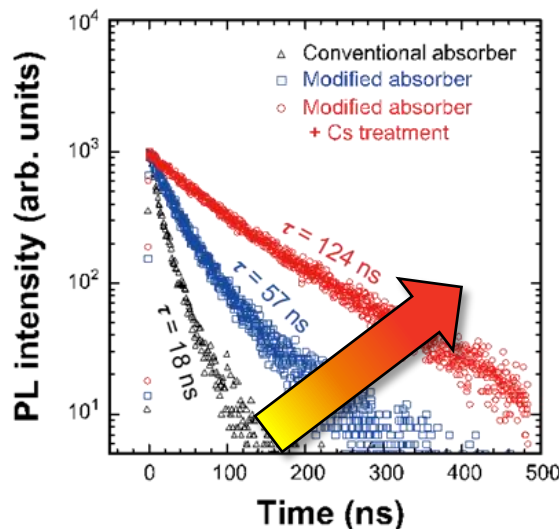
③ワイドギャップバッファ層



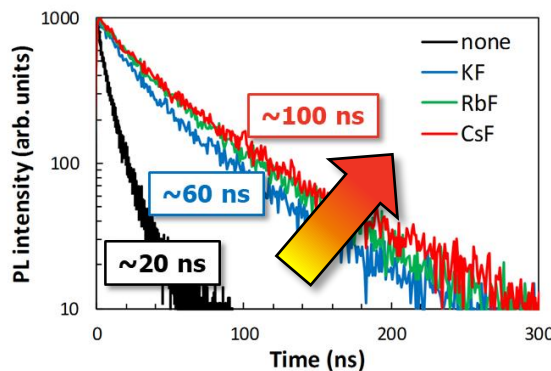
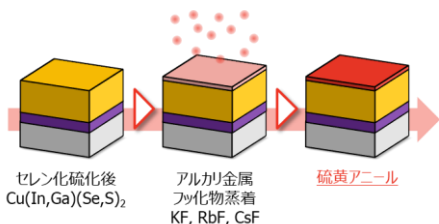
電気的損失（再結合損失）の低減



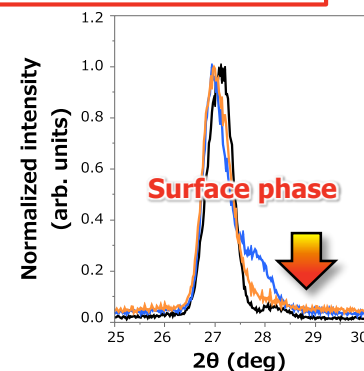
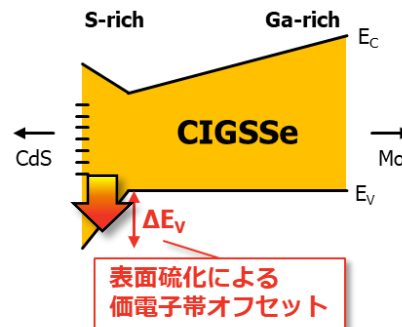
「開放電圧損失」 : $V_{oc,def} \equiv \frac{E_{g,min}}{q} - V_{oc}$



① アルカリ金属処理



② 光吸収層の高品質化 (表面硫化強化と結晶成長過程改善)



CdフリーでCIS太陽電池の最高変換効率を達成

出光

News
Release



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

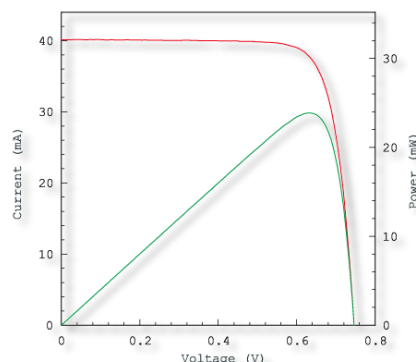
CIS系薄膜太陽電池セルで世界最高変換効率22.9%を達成

一発電コスト目標「2020年14円/kWh、2030年7円/kWh」の達成へ前進—

2017年12月20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
ソーラーフロンティア株式会社

NEDOとソーラーフロンティア(株)は、CIS系薄膜太陽電池セル(約1cm²)で、世界最高変換効率22.9%を達成しました。今回の成果は、CIS光吸収層の改良や光吸収層表面処理の改善などの技術により達成されたもので、2017年1月に同社が同セルサイズで達成した世界最高記録21.7%を1.2ポイント更新し、NEDOが掲げる発電コスト目標「2020年に14円/kWh、2030年に7円/kWh」の達成に向けて大きく前進するものです。

I-V CURVE
IEC60904-3Ed.3 1.042 cm²(designated area)
LACS

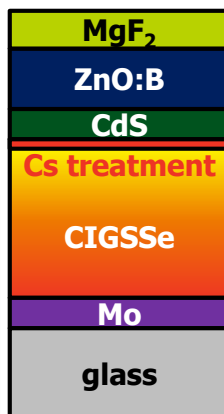


Date : 20 Nov 2017
Data No : 7402D2-303
Sample No : 7402D2-303-1
Repeat Times : 5

Isc 40.1 mA
Voc 0.746 V
Pmax 23.88 mW
Ipmx 37.70 mA
Vpmx 0.633 V
F.F. 79.7 %
Eff (da) 22.92 %
DTemp. 25.0 °C
MTemp. 25.1 °C
Dirr. 100.0 mW/cm²
Mirr. 100.1 mW/cm²

Ref. Device No
J-SY28
Cal. Val. of Ref.
123.35 [mA at 100mW/cm²]

Scan Mode
Voc to Isc



(2017) 22.9%; CdSバッファ層

News
Release



国立研究開発法人
新エネルギー・産業技術総合開発機構

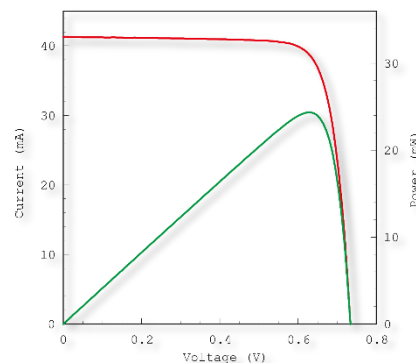
CIS系薄膜太陽電池セルで世界最高変換効率23.35%を達成

2019年1月17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
ソーラーフロンティア株式会社

NEDOとソーラーフロンティア(株)は、カドミウムを含まないCIS系薄膜太陽電池セル(約1cm²)によって、CIS系薄膜太陽電池で世界最高のエネルギー変換効率となる23.35%を記録しました。

本成果は、CIS光吸収層の高品質化に係る技術や、カドミウムを含まないセル作製技術など、これまでNEDOプロジェクトで推進してきたCIS系薄膜太陽電池に係る技術の融合によって達成されたものであり、高い変換効率と優れた環境特性を両立しています。

I-V CURVE
IEC60904-3Ed.3 1.043 cm²(designated area)
LACS

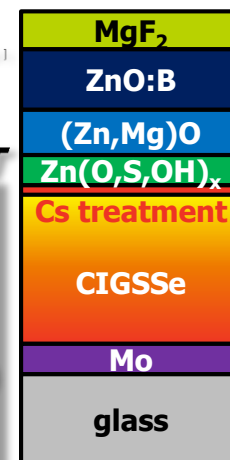


Date : 28 Nov 2018
Data No : 2U0725A3-2-2-1
Sample No : 2U0725A3-2-2
Repeat Times : 5

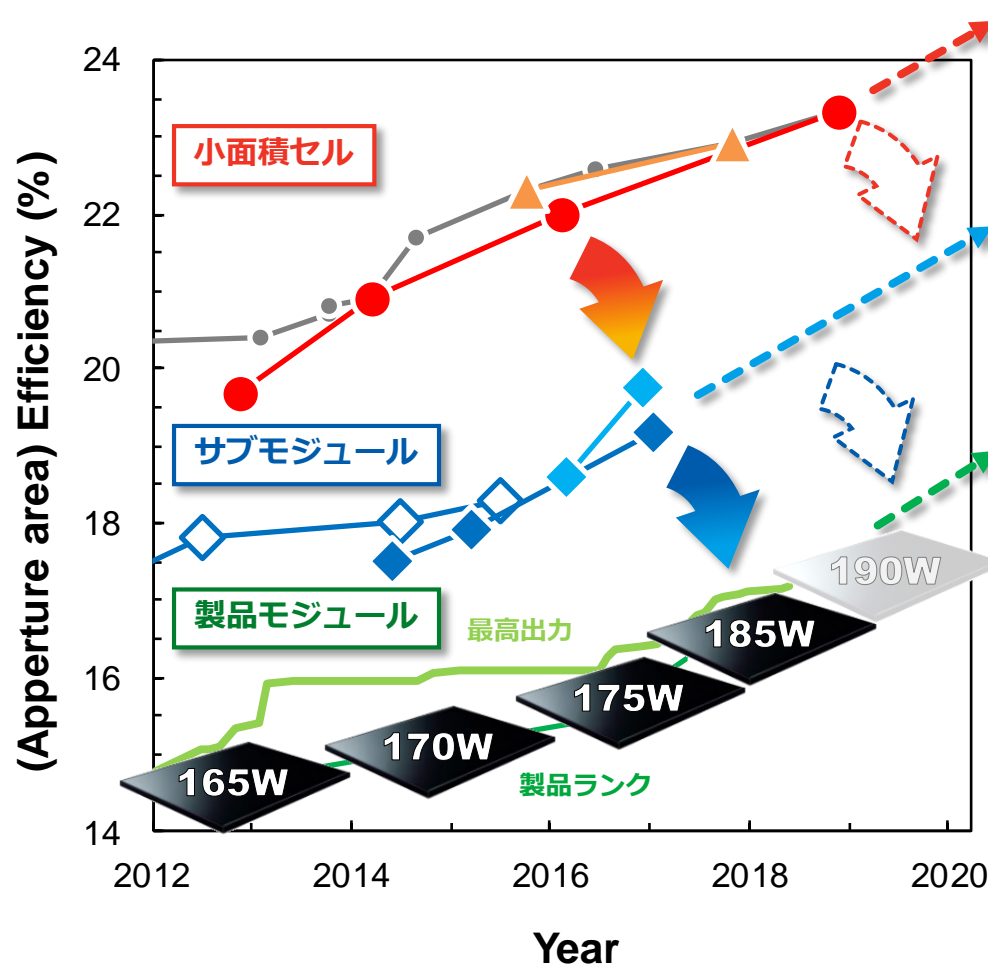
Isc 41.3 mA
Voc 0.734 V
Pmax 24.35 mW
Ipmx 38.93 mA
Vpmx 0.626 V
F.F. 80.4 %
Eff (da) 23.35 %
DTemp. 25.0 °C
MTemp. 25.1 °C
Dirr. 100.0 mW/cm²
Mirr. 99.2 mW/cm²

Ref. Device No
036-2002
Cal. Val. of Ref.
125.83 [mA at 100mW/cm²]

Scan Mode
Voc to Isc



(2018) 23.35%; Cd-free



ソーラーフロンティア、高出力の新型CIS薄膜太陽電池
「SFKシリーズ」を販売開始

2017年9月から受注、2018年1月から出荷をスタート



型式	SF170 (2014年)	SFK185 (2018年)
P_{max} (W)	170	185
モジュール 変換効率 (%) _t	13.8	15.1
開口部 変換効率 (%) _{ap}	15.0	16.4
質量 (kg)	20.0	18.5
外形寸法 (mm)	1,257×977×35	

- 開発技術の移転：セル ⇒ サブモジュール ⇒ 量産モジュール
- 本研究開発事業開始以来+15W（+1.4%）の出力（変換効率）向上
- 2018年より高出力新型モジュールの量産出荷
⇒ 発電コストの低減に貢献（中間目標17円/kWh達成済）

- 発電コスト14円/kWhに相当する性能として、CISサブモジュール変換効率20%、製品モジュール変換効率16%を最終目標に、コンソーシアムと連携して研究開発を行っている
- CIS小面積セル変換効率
 - Cdフリーセル：23.4%※（2018年11月）
 - Cd含有セル：22.9%※（2017年11月）
- CISサブモジュール変換効率（Cdフリー）
 - 30cm角：19.2%※（2017年1月）
 - 7cm角：19.8%※（2016年12月）
 - サブモジュール変換効率中間目標達成済
- 製品モジュールの高出力化
 - 高出力新型モジュールの量産出荷（180～185W）
 - 量産ライン最高出力194.3W（開口部変換効率17.2%、モジュール変換効率15.8%）
 - 製品モジュール変換効率中間目標、発電コスト中間目標達成済
- 今後の計画
 - 開発技術の工場移転による製品高出力化を通じたさらなる発電コスト低減を目指す
 - 小面積セルを用いた次世代高性能化技術の研究開発に注力する

※2019年8月現在世界最高変換効率