

2019年度成果報告会

プログラムNo.P2-07

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CIS太陽電池の技術開発/
基盤技術開発による先端複合技術セルのための低再結合電極の研究開発

田中亜樹
ナミックス(株)
2019年10月18日

問い合わせ先
ナミックス株式会社
E-mail : aki@namics.co.jp
TEL : 025-258-5577

事業概要

1. 期間

開始：平成30年4月

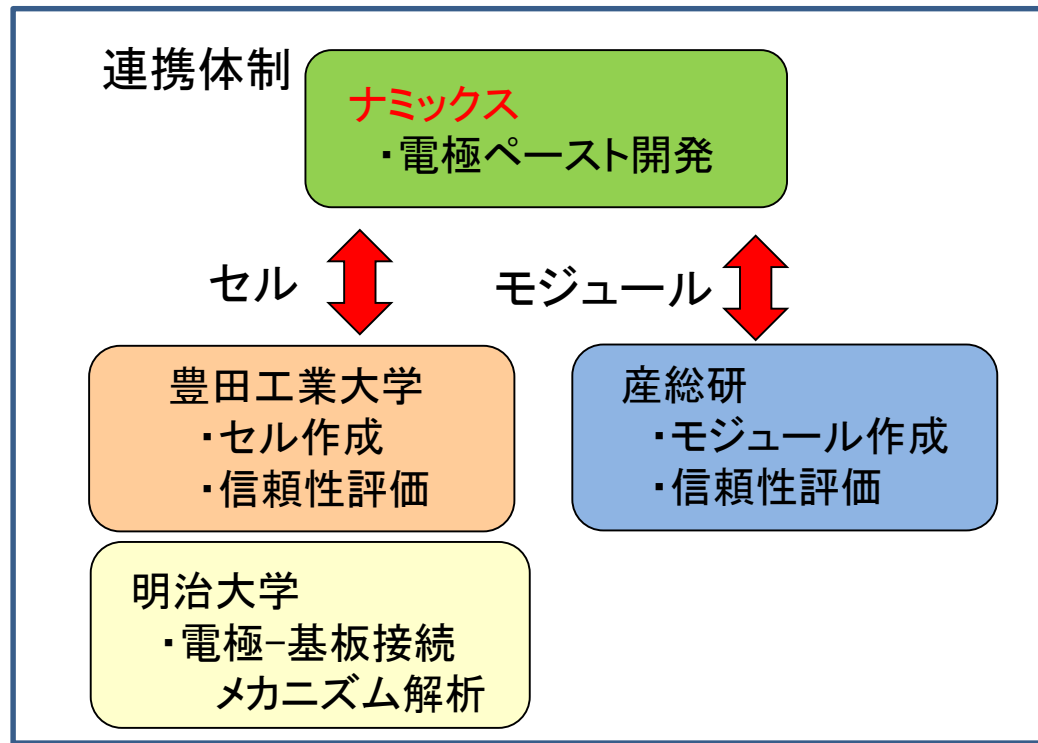
終了：平成31年3月

2. 最終目標

卑金属(Cu)粉末を使用して銀ペーストのコストを30%低減する

3. 成果

- 電極コスト削減率
Agコート銅粉末の量産製造対応によりコストダウンに成功
ペースト中Ag/Cu=37/63比率にて電極コスト-31%削減(Ag電極対比)できた
- 変換効率(%)
銀電極対比 Eff.差 -0.02% にて目標達成
- 接触抵抗
目標値 $8\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 以内(Agペースト目標)に対し $6\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 目標達成
- モジュール信頼性の確認
1セルモジュールにてDH85%/85°C1500hrまでAg電極と同等の信頼性結果が得られた



2025年発電コスト7円/kWh実現へのシナリオ

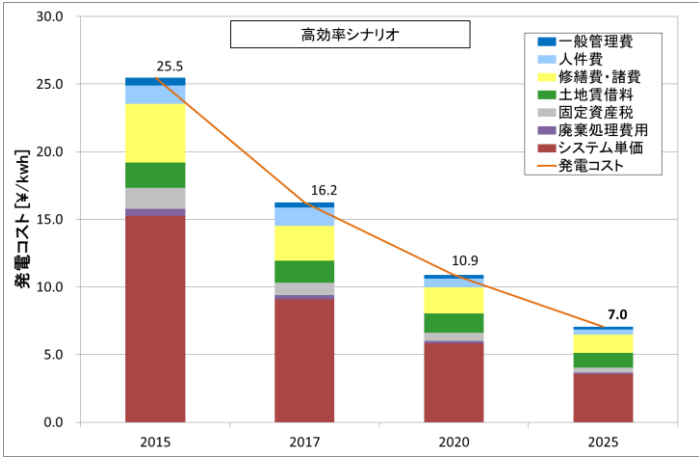
■ 高効率化による発電コスト低減シナリオ

	2015年	2017年	2020年	2025年
ポリシリコン価格	¥1,600/kg	¥1,000/kg	¥1,000/kg	¥700/kg
インゴット製造経費	¥2,600/kg	¥2,000/kg	¥1,700/kg	¥1,500/kg
ウエハ加工費	¥47.0/枚	¥22.0/枚	¥19.0/枚	¥18.0/枚
セル効率	20.0%	23.0%	25.0%	26.5%
モジュール効率	17.7%	20.4%	22.1%	25.0%
モジュール製造原価	¥56.9/W	¥34.8/W	¥27.4/W	¥24.9/W
セル搭載材料	¥40.5/枚	¥30.0/枚	¥25.0/枚	¥20.0/枚
電極材料費	¥26.3/枚	¥19.5/枚	¥16.3/枚	¥13.0/枚
電極材料費削減率	35%	0	-17%	-33%
運転年数(寿命)	20.0年	20.0年	25.0年	30.0年
システム単価	¥280,438/kW	¥161,138/kW	¥125,925/kW	¥93,603/kW
設備利用率	13.0%	13.0%	13.7%	15.0%
発電コスト	¥25.5/kWh	¥16.2/kWh	¥10.9/kWh	¥7.0/kWh

電極材料費の削減目標

2020年 -17%

2025年 -33%



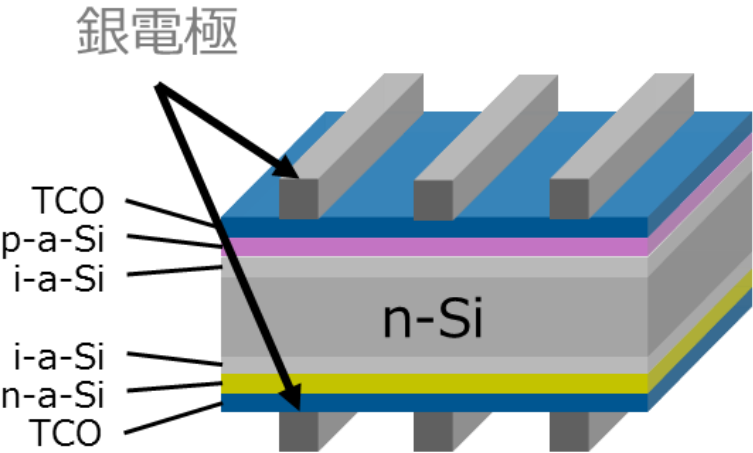
開発概要

高効率化による発電コスト低減：
2020年発電コスト10.9円/kWh 電極材料費削減率 -17%

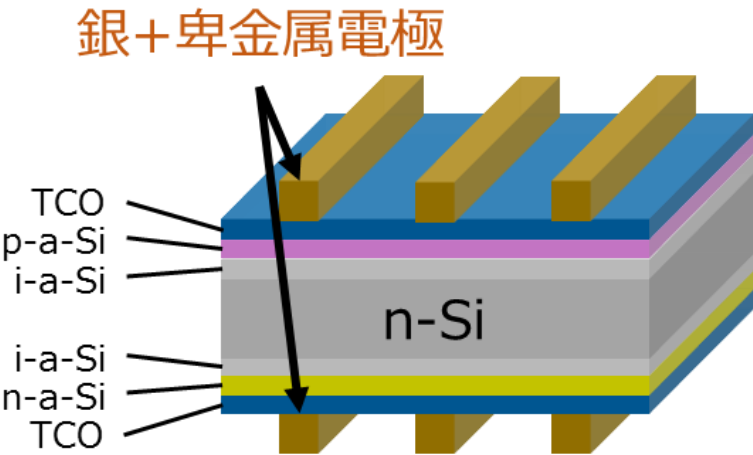


ヘテロジャンクションセル用低コスト電極の開発

ヘテロジャンクションセル構造
現行



新規開発目標



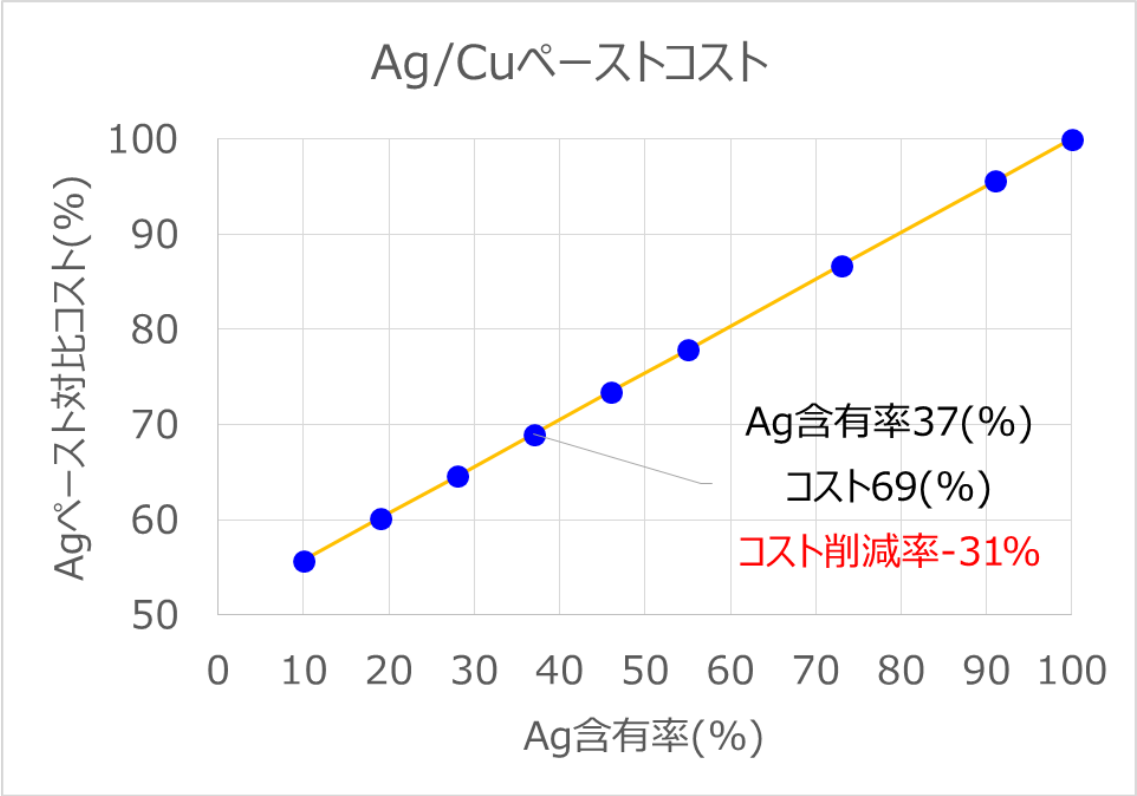
開発目標値 2018年度 電極材料費削減率 -30%

最終目標及び達成状況

開発項目	最終目標 (平成30年度)	達成状況	達成 度※
①電極コスト削減率(%)	-30% (銀ペースト対比)	-31%	◎
②変換効率(%)	-0.05%差以内 (銀ペースト対比)	-0.02%差	◎
③接触抵抗	8.0mΩ cm ² 以内 (銀ペースト対比)	6.0mΩ cm ²	◎

◎：最終目標を達成済み ×：最終目標未達成

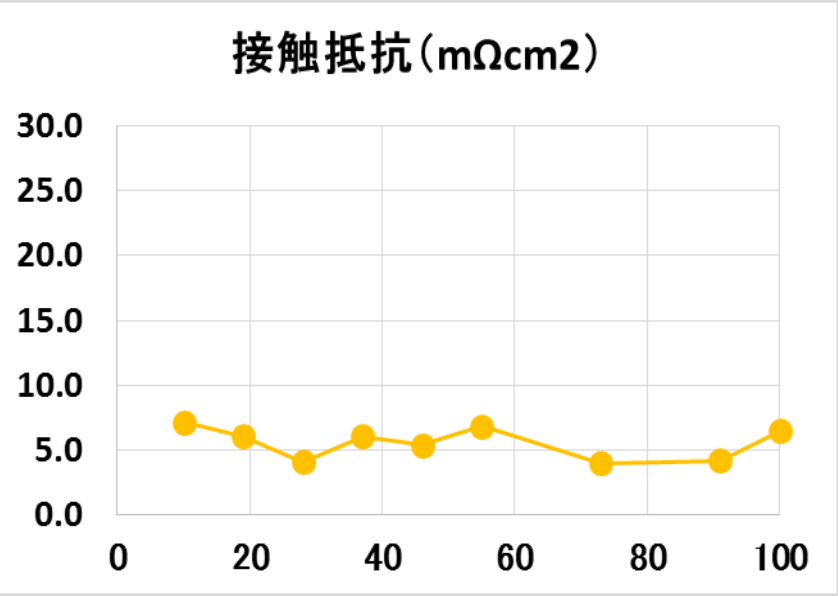
電極コスト-30%のためのペーストAg含有率計算



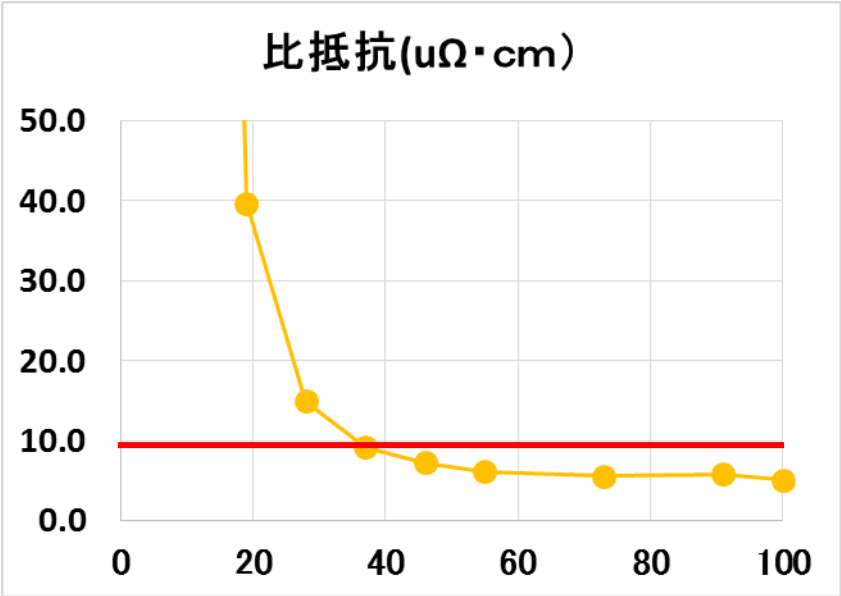
AgコートCu粉末を併用することで銀含有率を低減化。
Ag含有率37%にてコスト削減率-31%(Agペースト対比)達成できる。

接触抵抗/比抵抗結果（銀コート銅粉末+銀粉末）

接触抵抗



比抵抗



接触抵抗：低銀含有率域まで接触抵抗 $<8\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 水準を維持
比抵抗：Ag37%まで比抵抗 $<10\text{u}\Omega\text{cm}$ を維持

セル作成条件

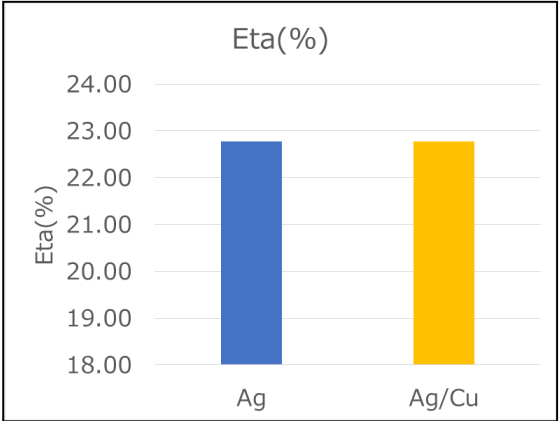
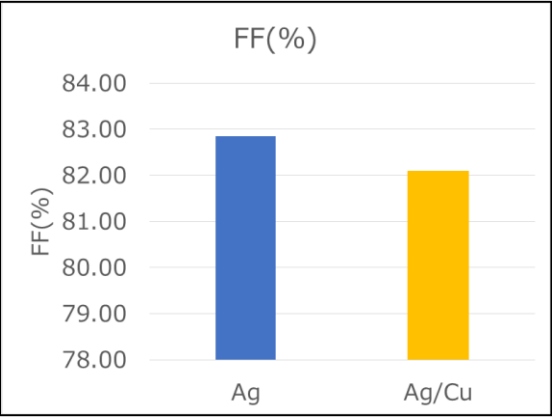
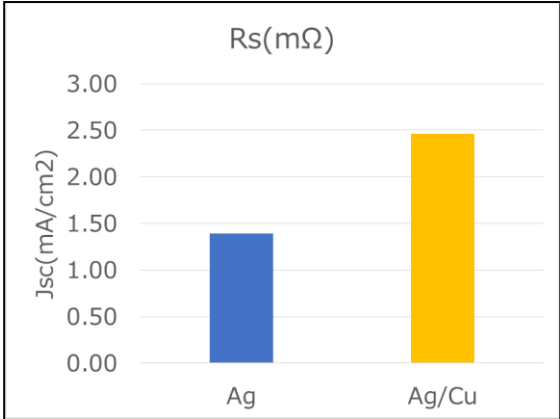
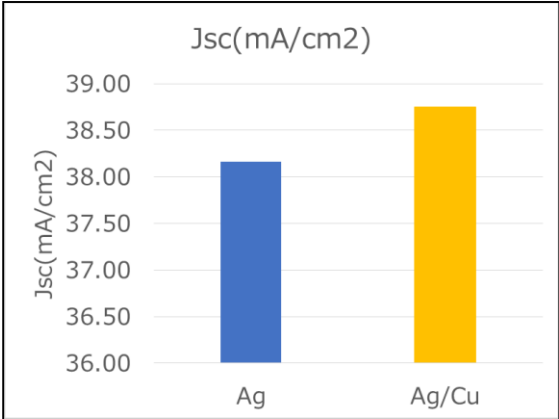
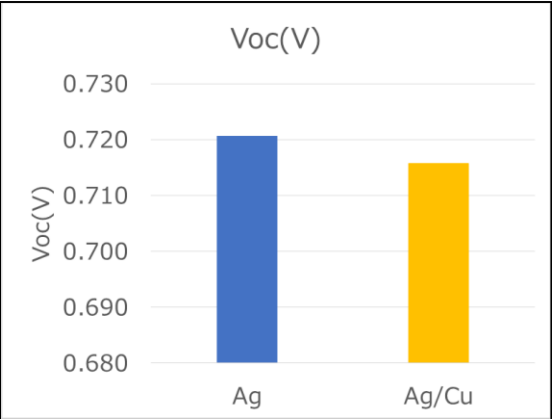
印刷 マスク/条件

①4BB design		
スクリーンマスク	メッシュ	SH-ER380CAL-Φ14
	乳剤厚	12um
	フィンガー設計幅	40um
	パターン	120本, 4BB
	メーカー	ムラカミ
印刷工程	印刷機	MT-550TV (Micro-tec)
	印刷スピード	100mm/sec
	スナップオフ	1.7mm
	印圧	0.3Mpa
	スキージ角度	70°
	スキージ硬度	70°
	スキージタイプ	Micro-Squeegee
乾燥工程	装置	Muffola Oven
	条件	150C, 10min.
硬化工程	装置	Muffola Oven
	条件	200C, 45min.
IV	装置	DENKEN PV cell I-V Tester
	ステージ	4BB

②SWCT desin		
スクリーンマスク	メッシュ	ER325-Φ16
	乳剤厚	15um
	フィンガー設計幅	60um
	パターン	61本, 0BB
	メーカー	ムラカミ
印刷工程	印刷機	MT-550TV (Micro-tec)
	印刷スピード	100mm/sec
	スナップオフ	1.7mm
	印圧	0.3Mpa
	スキージ角度	70°
	スキージ硬度	70°
	スキージタイプ	Micro-Squeegee
乾燥工程	装置	Muffola Oven
	条件	150C, 10min.
硬化工程	装置	Muffola Oven
	条件	200C, 45min.
IV	装置	SpotLIGHT Cell Tester (PASAN)
	ステージ	GridTOUCH unit

① 4BB セル 太陽電池特性結果

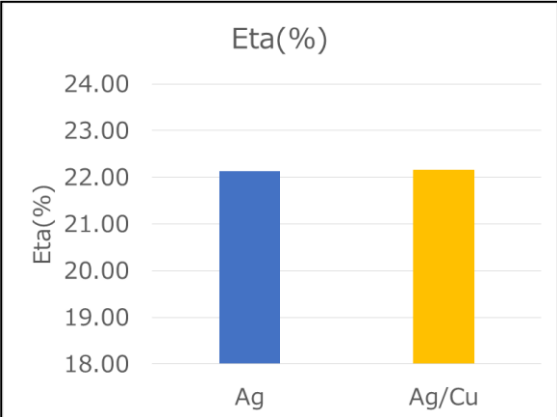
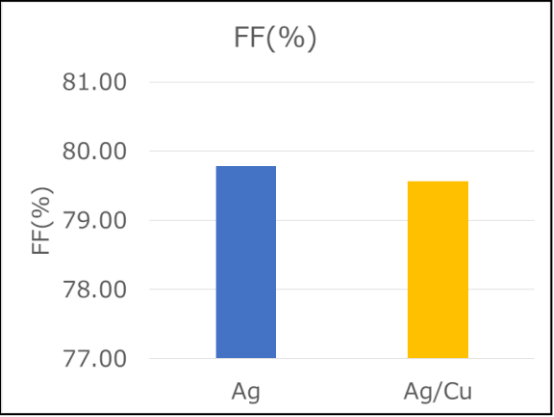
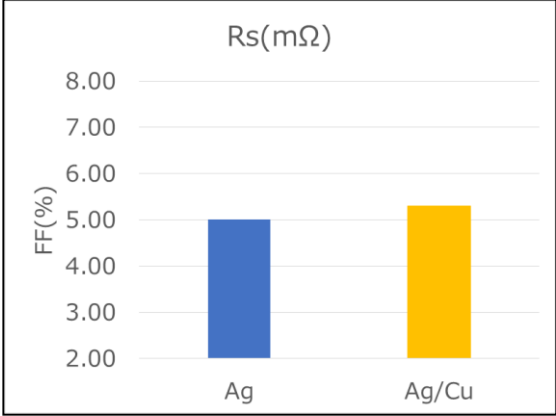
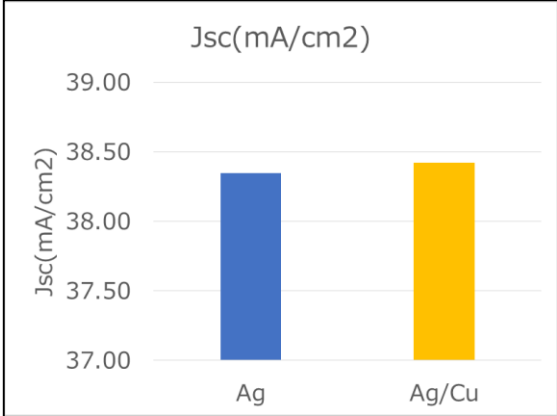
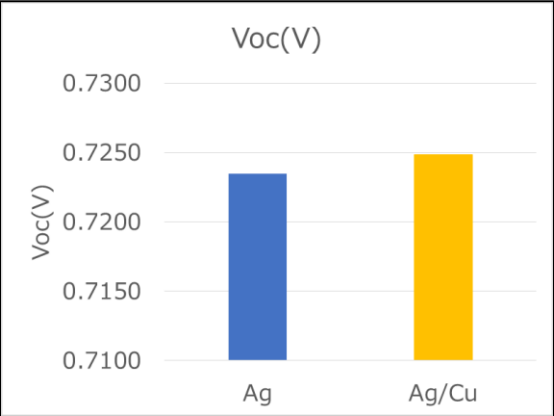
ペースト	Voc(V)	Jsc(mA/cm2)	Rs(mΩ)	FF(%)	Eta(%)
Ag	0.721	38.16	1.39	82.84	22.78
Ag/Cu	0.716	38.75	2.46	82.08	22.76



Ag/Cu 変換効率Eta -0.02%差 (Ag対比)
→ 目標値変換効率Eta -0.05%差以内達成

② SWCTセル 太陽電池特性結果

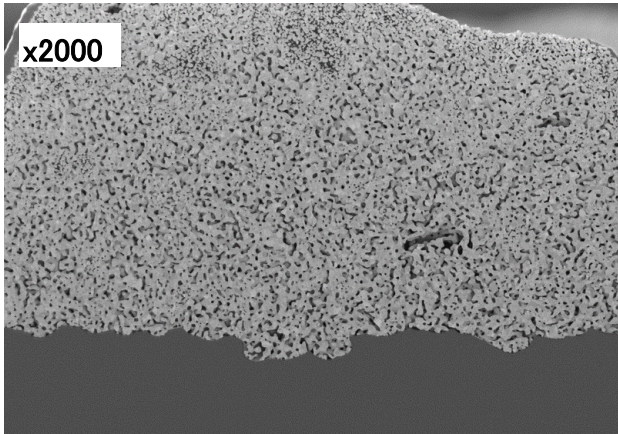
ペースト	Voc(V)	Jsc(mA/cm2)	Rs(mΩ)	FF(%)	Eta(%)
Ag	0.7235	38.35	5.01	79.78	22.13
Ag/Cu	0.7248	38.42	5.30	79.56	22.15



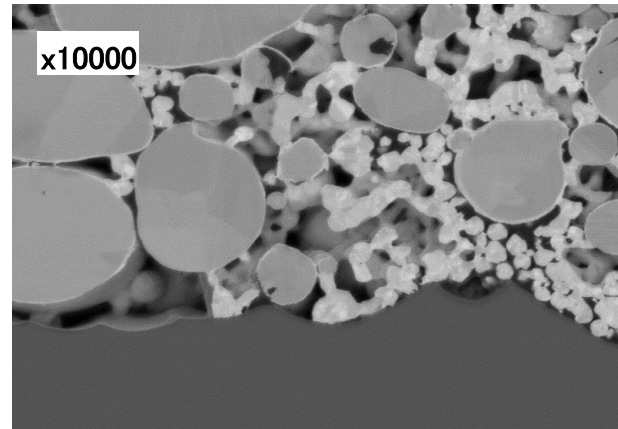
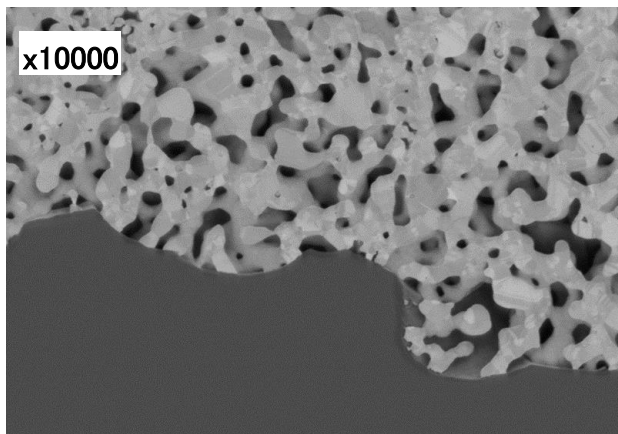
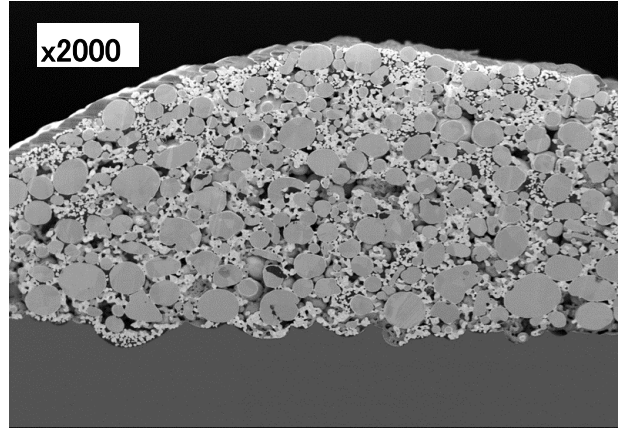
Ag/Cu 変換効率Eta +0.02%差 (Ag対比)
→ 目標値変換効率Eta -0.05%差以内達成

断面SEM写真観察結果

Ag 100%



Ag/Cu=37/63



界面にAg粉末粒子が存在している→コンタクト抵抗の確保

1セルモジュール信頼性条件



AIST(つくば&FREA)にてモジュールを
作成いただき、DHテストを実施した。
つくば…CFつけ
FREA…モジュール作成、信頼性

・ペースト

- ①Ag粉末 (100% Ref)
- ②AgコートCu粉末 + Ag粉末
(Ag/Cu=37/63)

- ・1セルモジュール試作(AIST)
- ・IV 測定

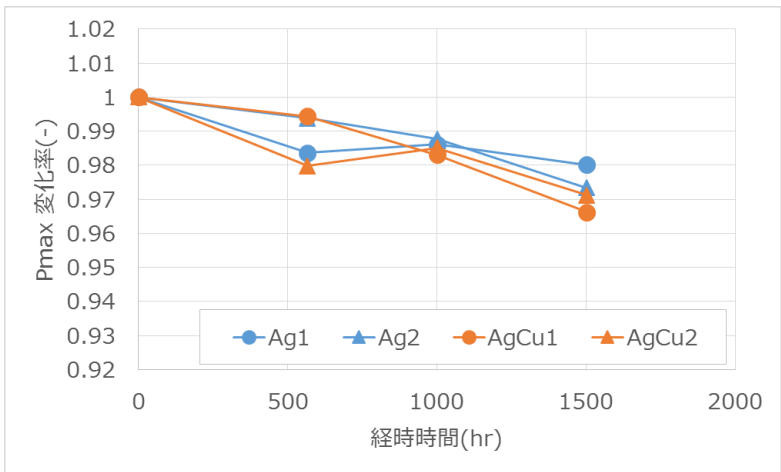
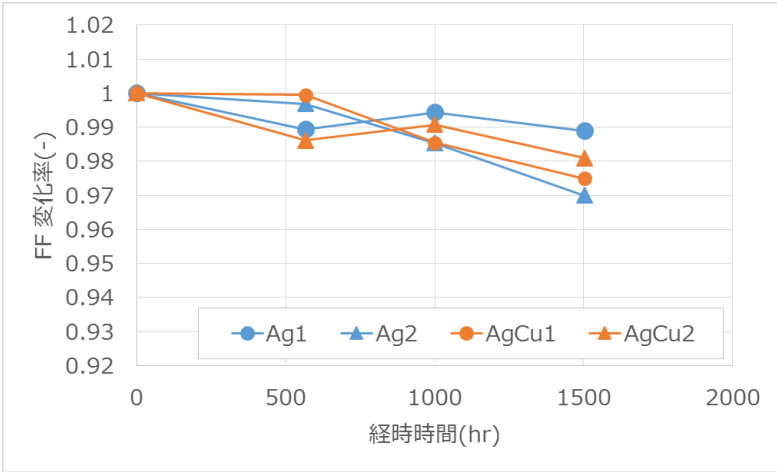
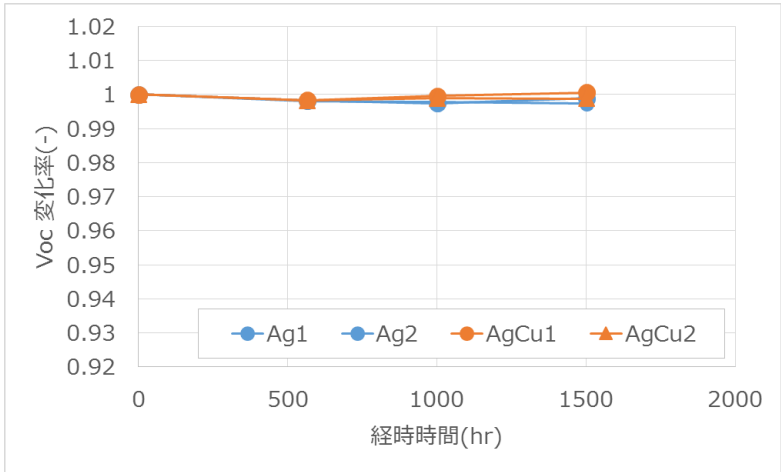
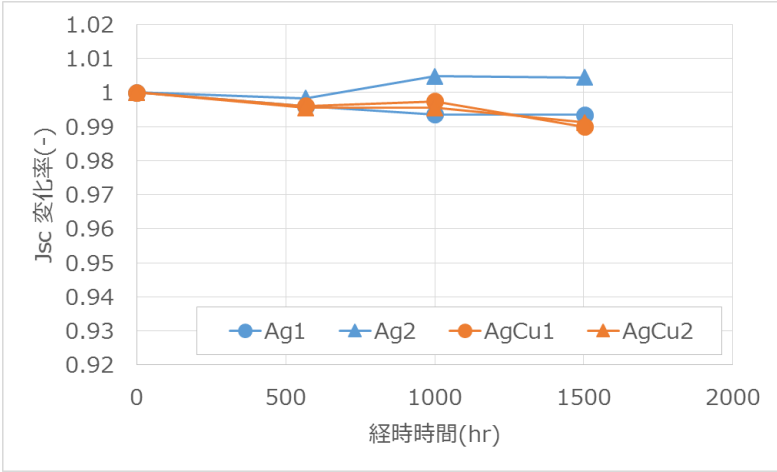
信頼性テスト		
スクリーンマスク	メッシュ	SH-ER380CAL- Φ14
	乳剤厚	12um
	フィンガー設計幅	40um
	パターン	120本, 4BB
	メーカー	ムラカミ
印刷工程	印刷機	MT-550TV (Micro-tec)
	印刷スピード	100mm/sec
	スナップオフ	1.7mm
	印圧	0.3Mpa
	スキージ角度	70°
	スキージ硬度	70°
	スキージタイプ	Micro-Squeegee
乾燥工程	装置	Muffola Oven
	条件	150C, 10min.
硬化工程	装置	Muffola Oven
	条件	200C, 45min.
DHテスト	モジュール構成	G/G 1セルモジュール, CF接合
	条件	85C/85%RH, 0, 500, 1000, 1500hr

1セルモジュール信頼性結果

DH 85°C/85% 1500hr結果



IV測定結果 (n面)



→DH85%/85°C 1500hrまでは0.5%以内の変化にとどまっているOK。Ag電極同等レベル。

まとめ

結果

□ 電極コスト削減率

Agコート銅粉末の量産製造対応によりコストダウンに成功

ペースト中Ag/Cu=37/63比率にて電極コスト-31%削減(Ag電極対比)できた

□ 変換効率(%)

銀電極対比 Eff.差 -0.02% にて目標達成

□ 接触抵抗

目標値 $8\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 以内(Agペースト目標)に対し $6\text{m}\Omega\text{cm}^2$ 目標達成

□ モジュール信頼性の確認

1セルモジュールにてDH85%/85°C1500hrまで

Ag電極と同等の信頼性結果が得られた