

# 薄型CIGS太陽電池の開発

太陽光発電工学研究センター  
先端産業プロセス・高効率化チーム

古江 重紀

# はじめに

## CIGS太陽電池

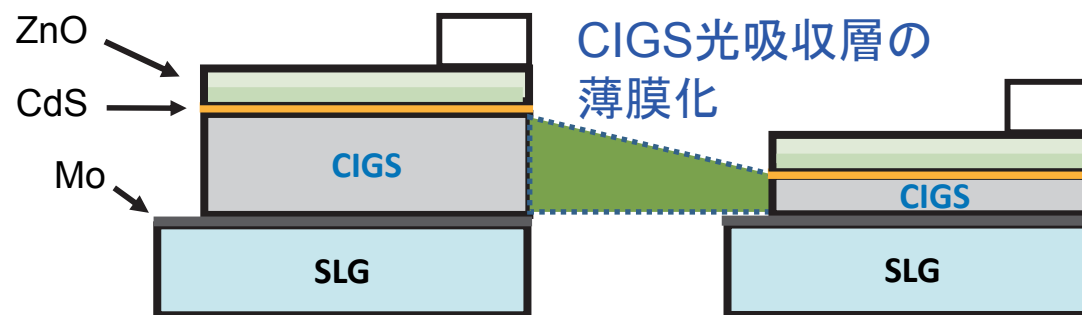
銅(Cu)、インジウム(In)、ガリウム(Ga)、セレン(Se)からなる化合物半導体  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$

### 特長

- ・高い変換効率 ( $\eta = 20.3 \%$  <sup>[1]</sup>)
- ・吸収係数が高い (薄膜化が可能)
- ・低コスト基板やフレキシブル基板の使用可能 (軽量化、曲面設置)
- ・優れた耐放射線特性 (宇宙用途)

[1] P.Jackson *et al.*, Prog. Photovolt. Res. Appl. 19 (2011)

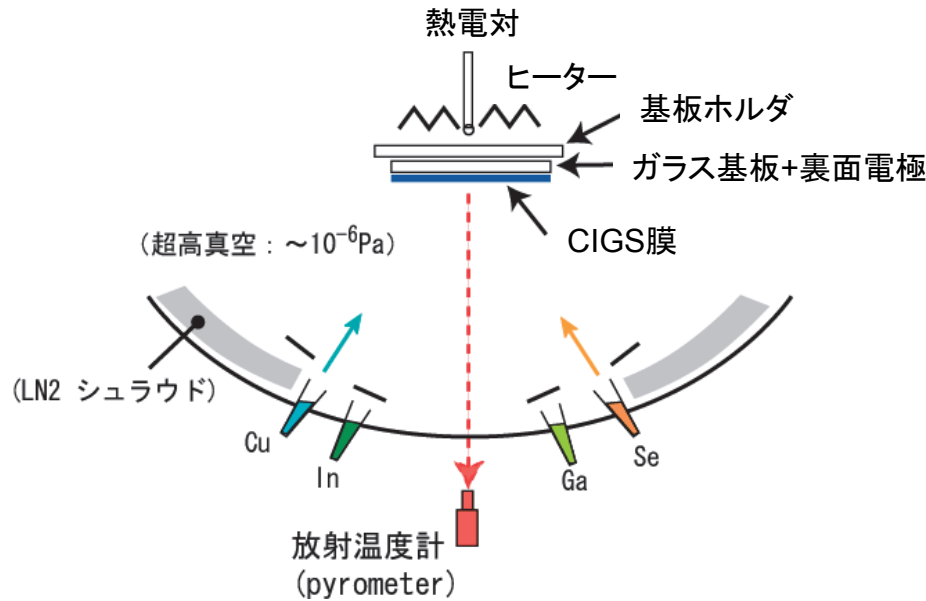
### 省資源化: InやMoなどの原料使用量低減技術の開発



### 省資源化、低コスト化、高速成膜化(高スループット)

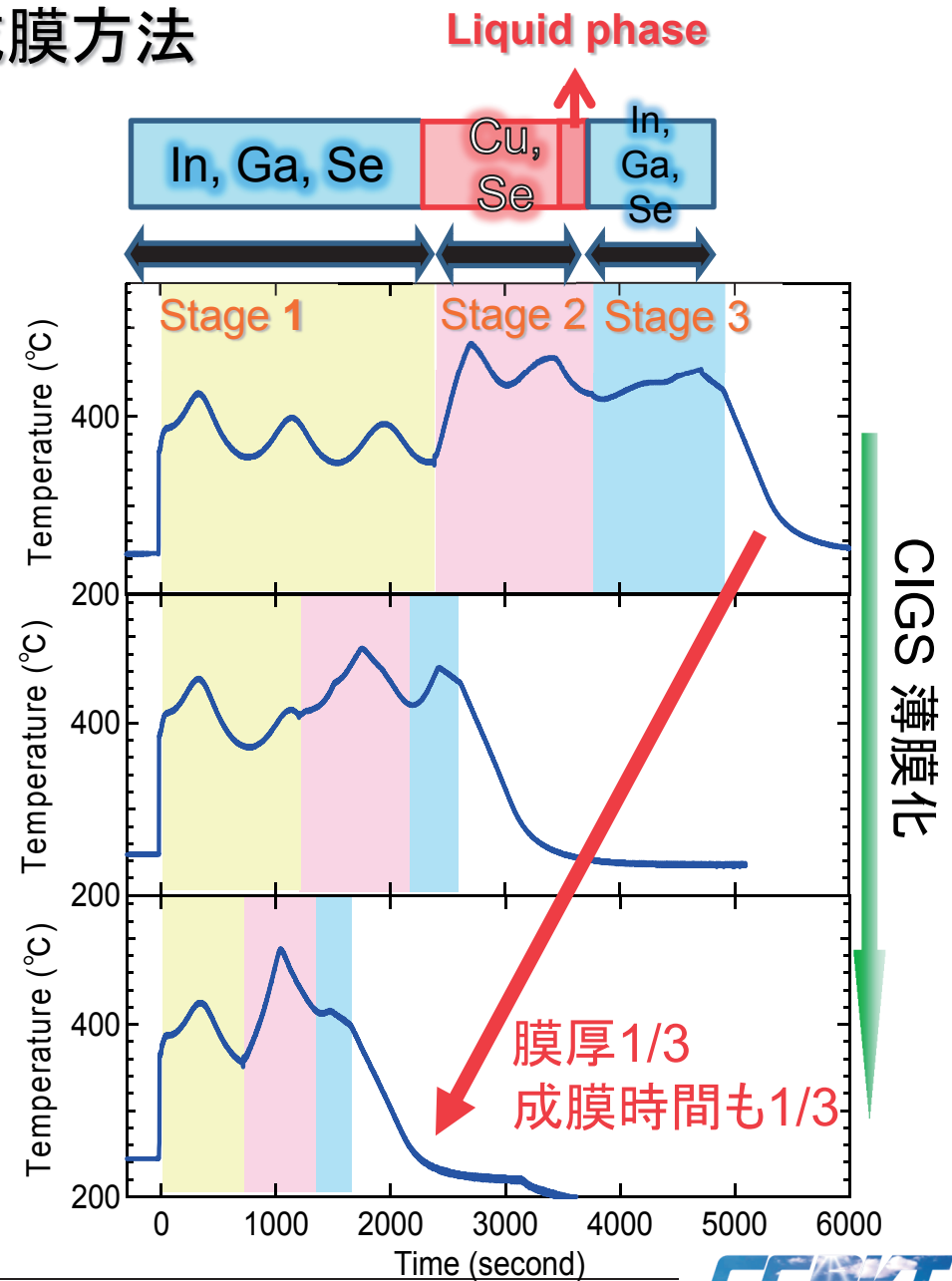
# CIGS成膜方法

## 3段階法

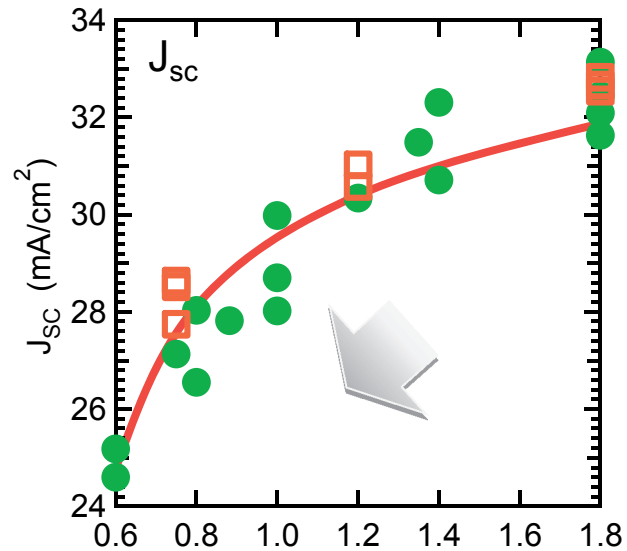
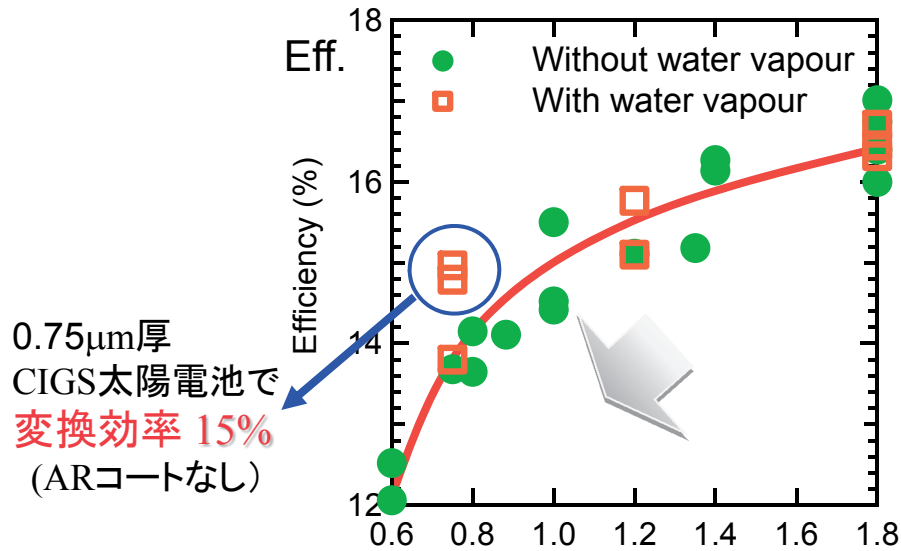


### 成膜条件

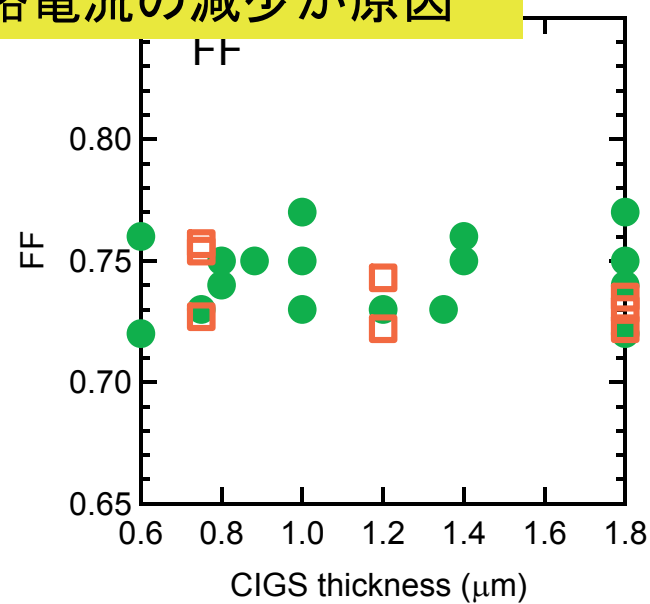
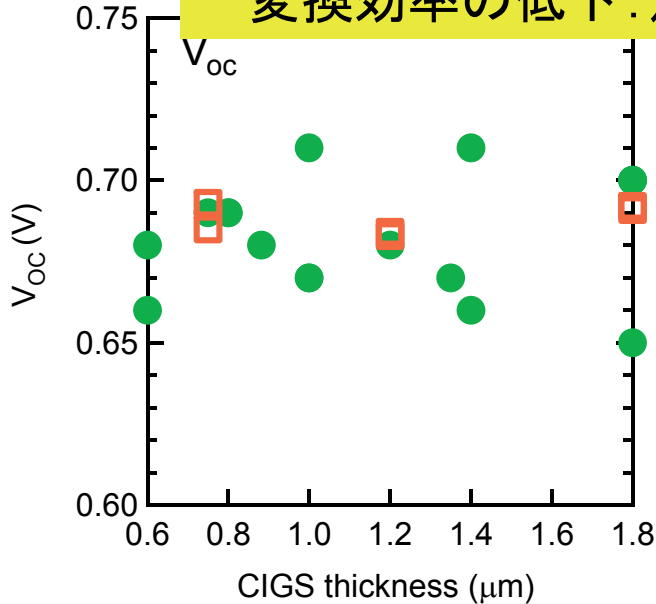
Se背圧	: $2 \times 10^{-4}$ Pa
成膜温度	: 400 ~ 520 °C
膜厚	: 0.6 ~ 1.8 $\mu$ m
Ga/(In+Ga) 比	: 0.37 ~ 0.41
Cu/(In+Ga) 比	: $\sim 0.93$



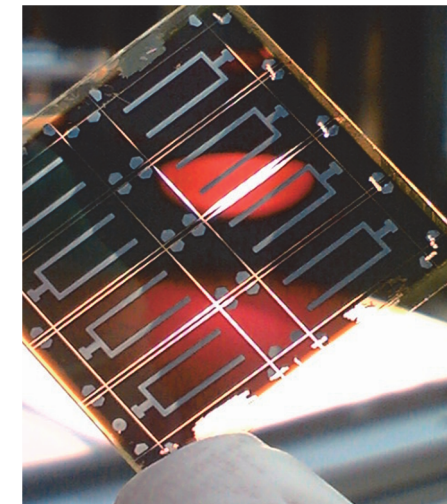
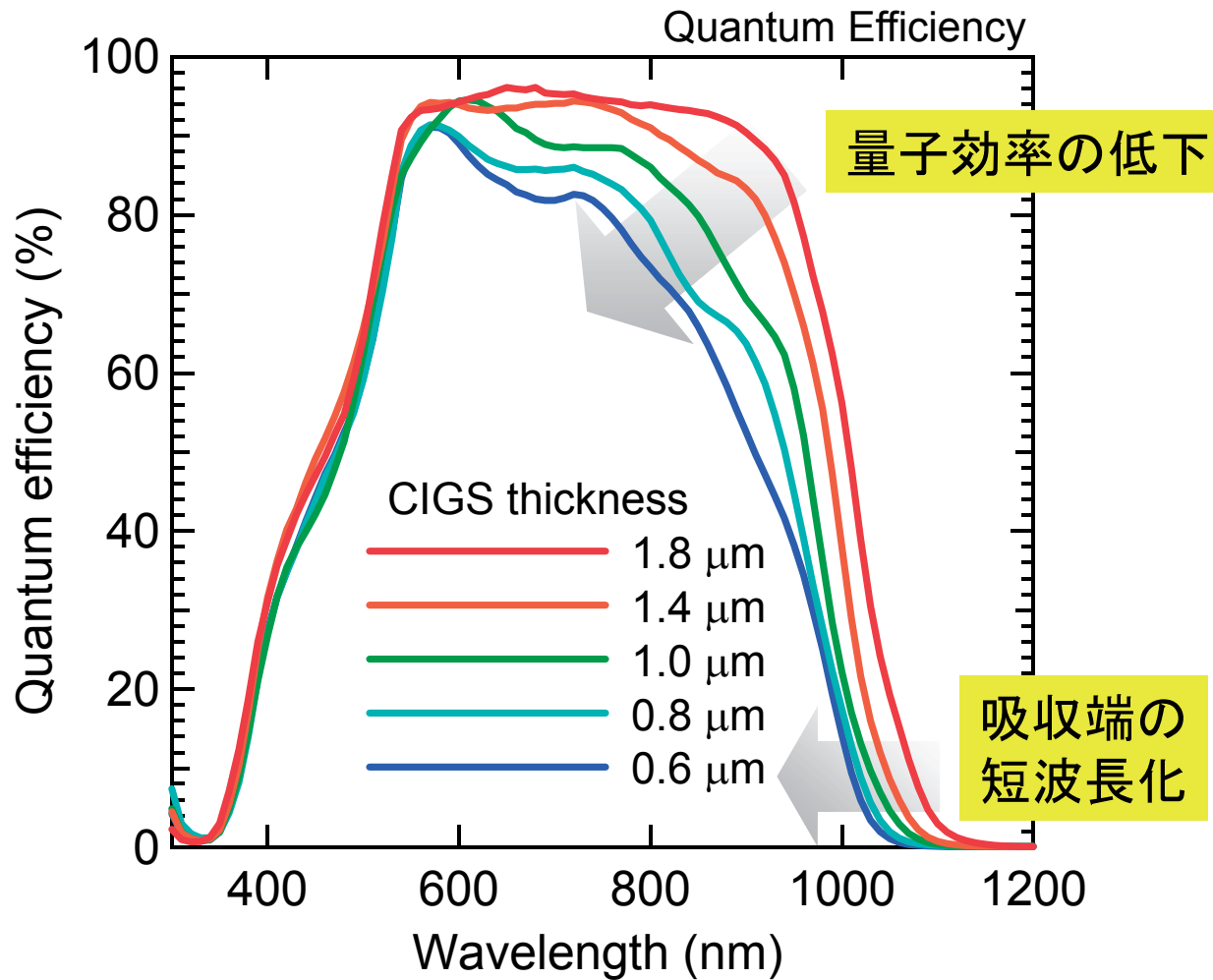
# 薄型CIGS太陽電池の課題 ~ 太陽電池特性のCIGS膜厚依存性



変換効率の低下: 短絡電流の減少が原因



## 薄型CIGS太陽電池の課題 ～量子効率のCIGS膜厚依存性

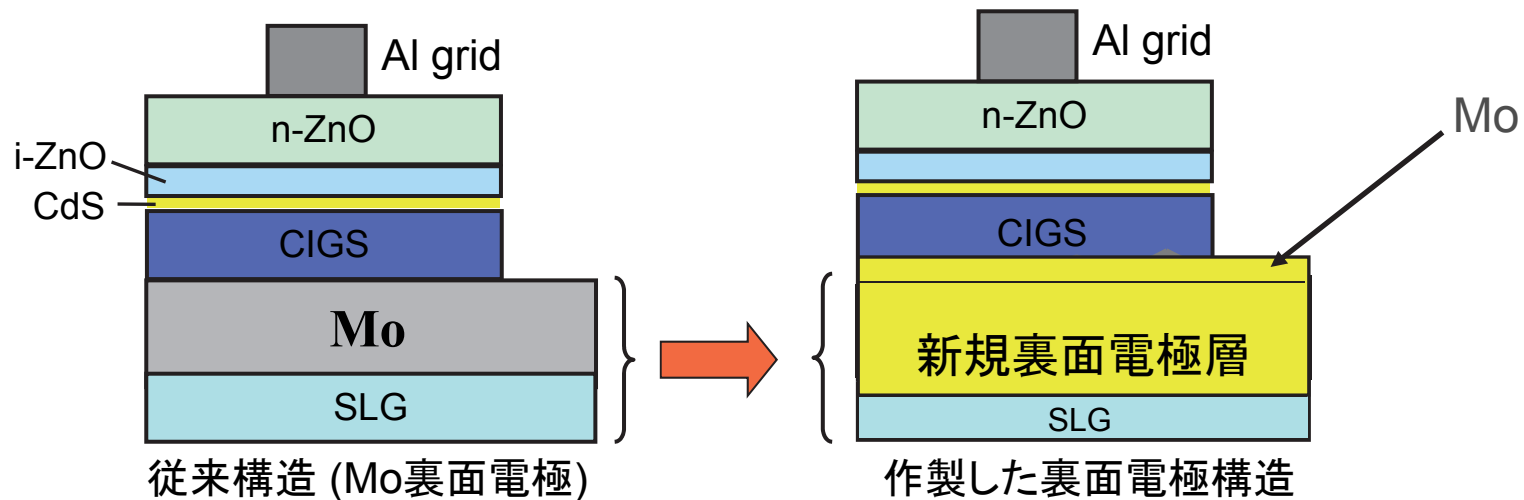


太陽光を十分に吸収できていない

さらなる薄膜化や薄型太陽電池の高効率化には、  
光閉じ込め構造など新しい太陽電池構造の開発が必要

# 新しい裏面電極構造の開発

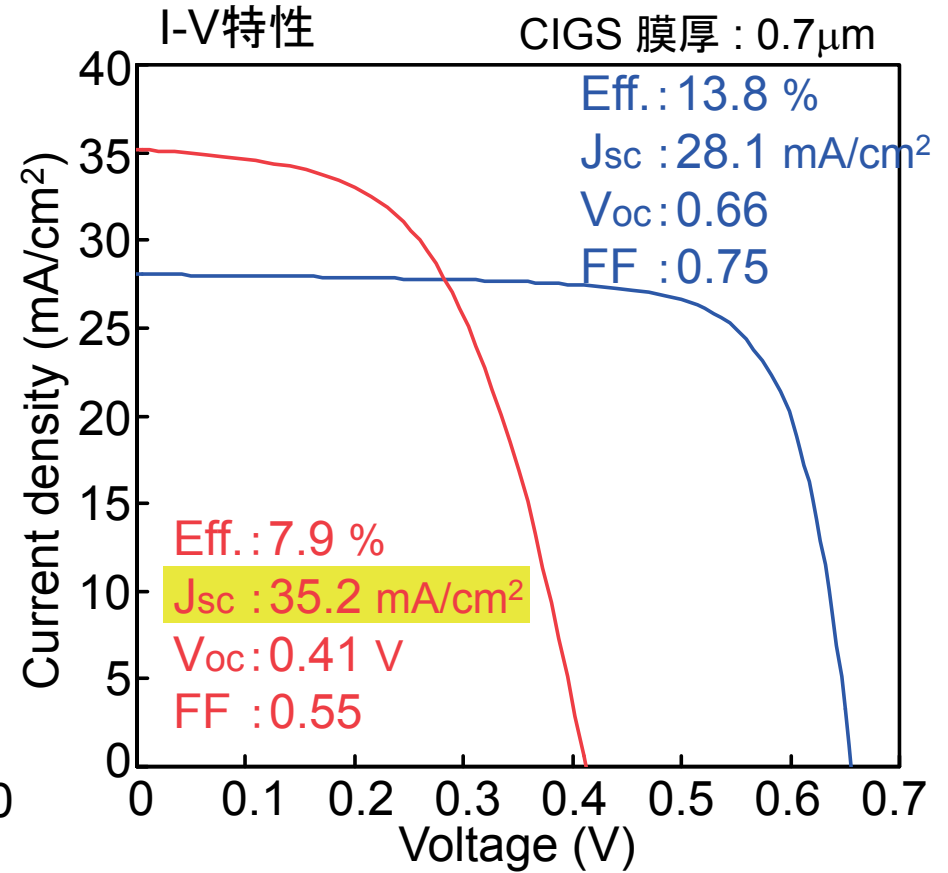
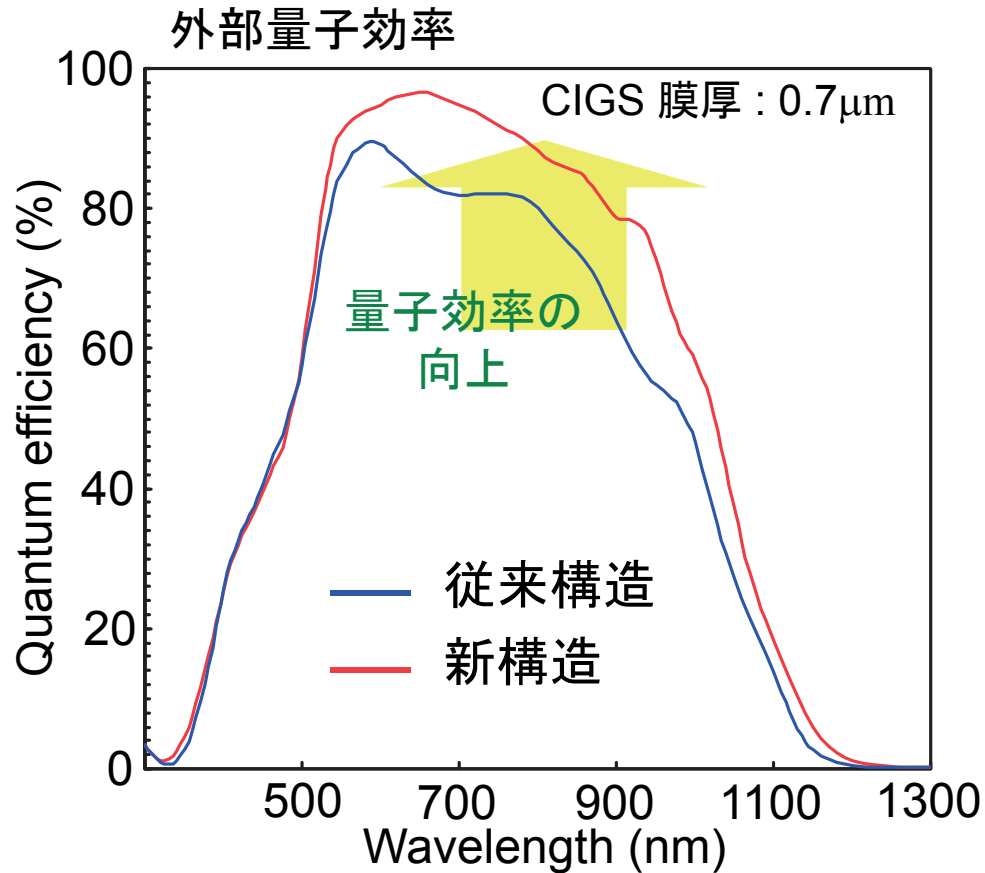
量子効率の向上が期待される新しい裏面電極構造の検討・作製



## 新しい裏面電極構造

- ・ モリブデンより光反射率が高い金属を用いる
- ・ CIGS成膜時のSeとの反応を抑制する構造
- ・ MoSe層の形成

# 新構造薄型CIGS太陽電池特性



量子効率の向上、短絡電流の増大

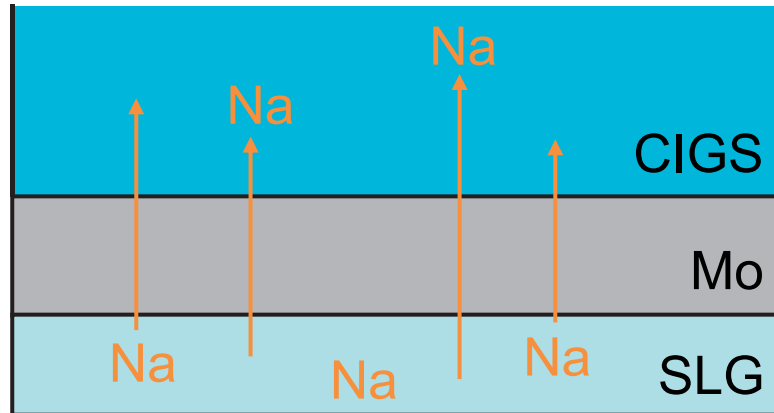


光閉じ込め構造を実現

ただし、開放電圧 (Voc) と曲線因子 (FF) が低下

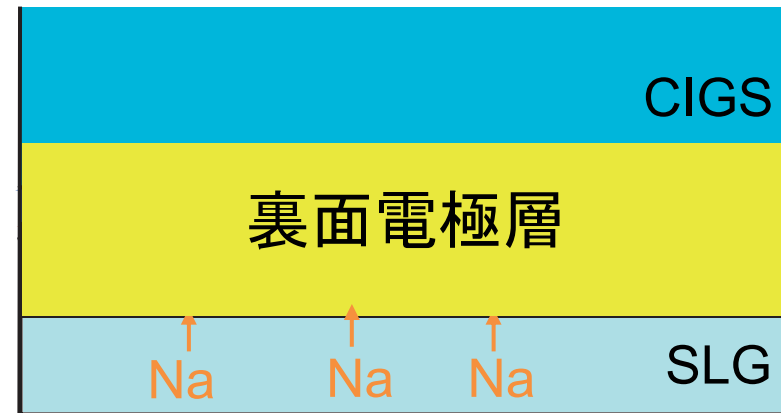
# Na効果

従来型Mo裏面電極構造



SLGからCIGS層にNaが拡散

新しい裏面電極構造



裏面電極層がNaの拡散を阻害

Na効果 → 高効率CIGS太陽電池には不可欠  
開放電圧 (Voc)、曲線因子 (FF) を向上する働き

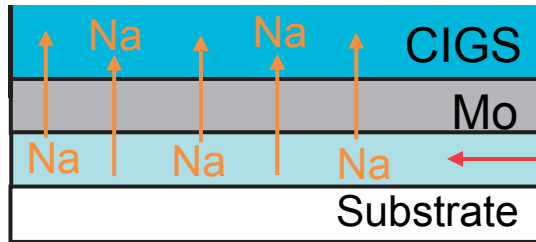


Na添加技術の開発が必要



# Na添加方法

## ASTL (Alkali-silicate glass thin layers) 法<sup>[2]</sup>

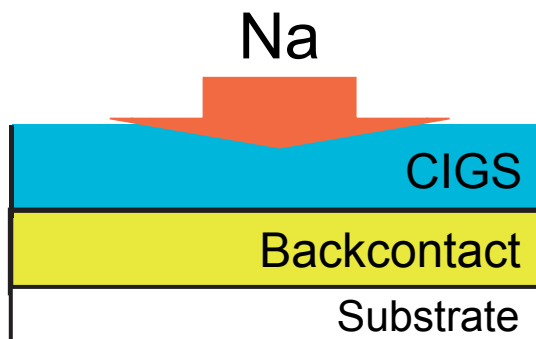


← SLG薄膜

→ SLG薄膜層が絶縁層のため、  
本研究の新規裏面電極構造には  
適用できない。

[2] S. Ishizuka *et al.*, APL **93** (2008) 124105

## CIGS成膜中にNaを添加(本研究)

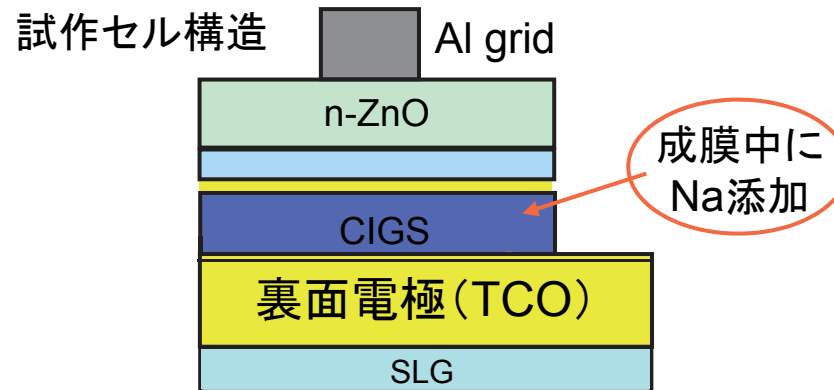
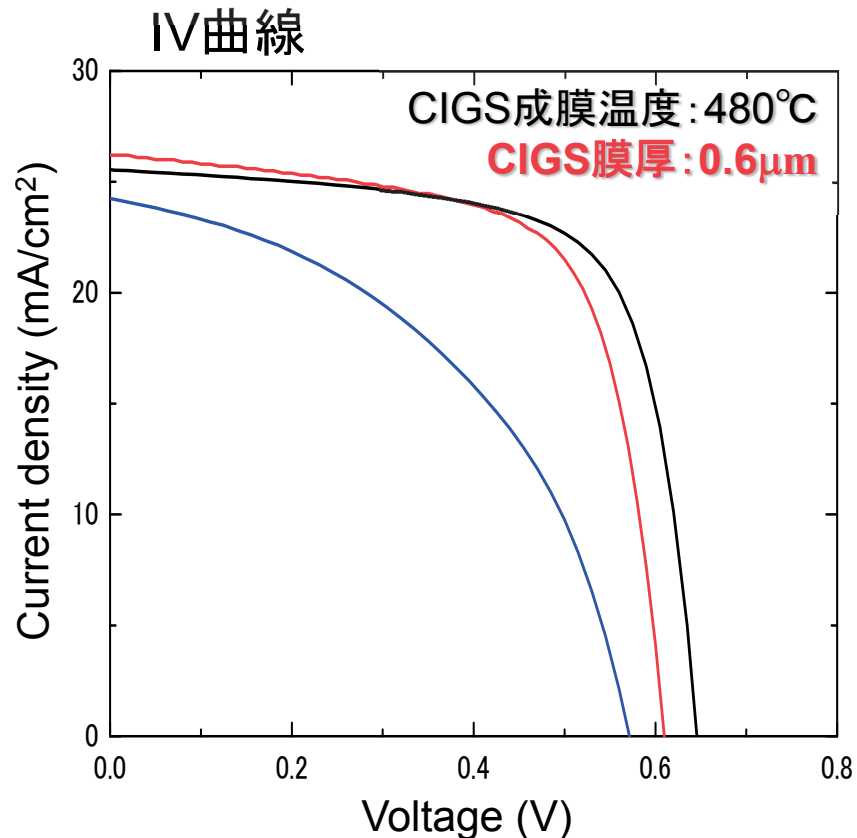


CIGS光吸収層成膜時にNaを同時供給

Na添加法の最適化

- ・添加量
- ・添加方法  
(三段階法に適したタイミングなど)

# Na添加を適用した薄型CIGS太陽電池のセル特性(初期データ)



- 従来型(SLG/Mo)
- Na添加なし
- Na添加あり

	$\eta$ (%)	$J_{sc}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	$V_{oc}$ (V)	FF
従来型	11.52	25.56	0.646	0.698
Naなし	6.33	24.25	0.571	0.457
Naあり	10.76	26.24	0.610	0.672

Na効果による  
Voc、FFの向上

## まとめと今後

- ◆ CIGS光吸収層の薄膜化による、薄型CIGS太陽電池の開発を行なった。
- ◆ 新しい裏面電極構造の検討とそれを用いた薄型CIGS太陽電池を作製した。  
(CIGS膜厚:0.7 μm以下)
- ◆ 光閉じ込め構造による量子効率の向上を実現。
- ◆ CIGS成膜中にNa添加したセルの $V_{oc}$ およびFFの向上を確認。

- ◎ Na添加法による薄型CIGS太陽電池の高効率化
- ◎ Na添加法の最適化 (Naの添加量、三段階法に適したNa添加方法)  
→ フレキシブル基板など様々な基板にも応用可能
- ◎ Na効果の解明

謝辞:本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託により行われた。