

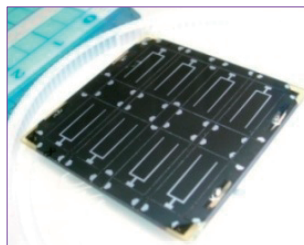
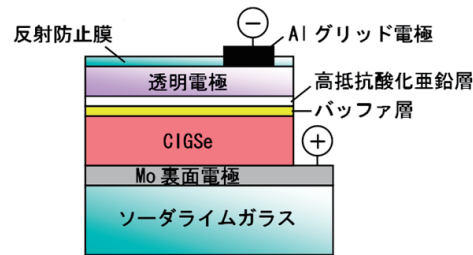
第6回「産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 成果報告会」

# CIGS集積型サブモジュールの 高性能化・インライン化技術開発

化合物薄膜チーム  
小牧弘典

# 背景

## CIGS小面積セル・集積型モジュールの効率



小面積セル  
~0.5 cm<sup>2</sup>

$\eta=20\%$   
三段階法を利用



本研究:  
集積型サブモジュール  
10 × 10 ~ 30 × 30 cm



市販集積型モジュール  
60 × 120 cm

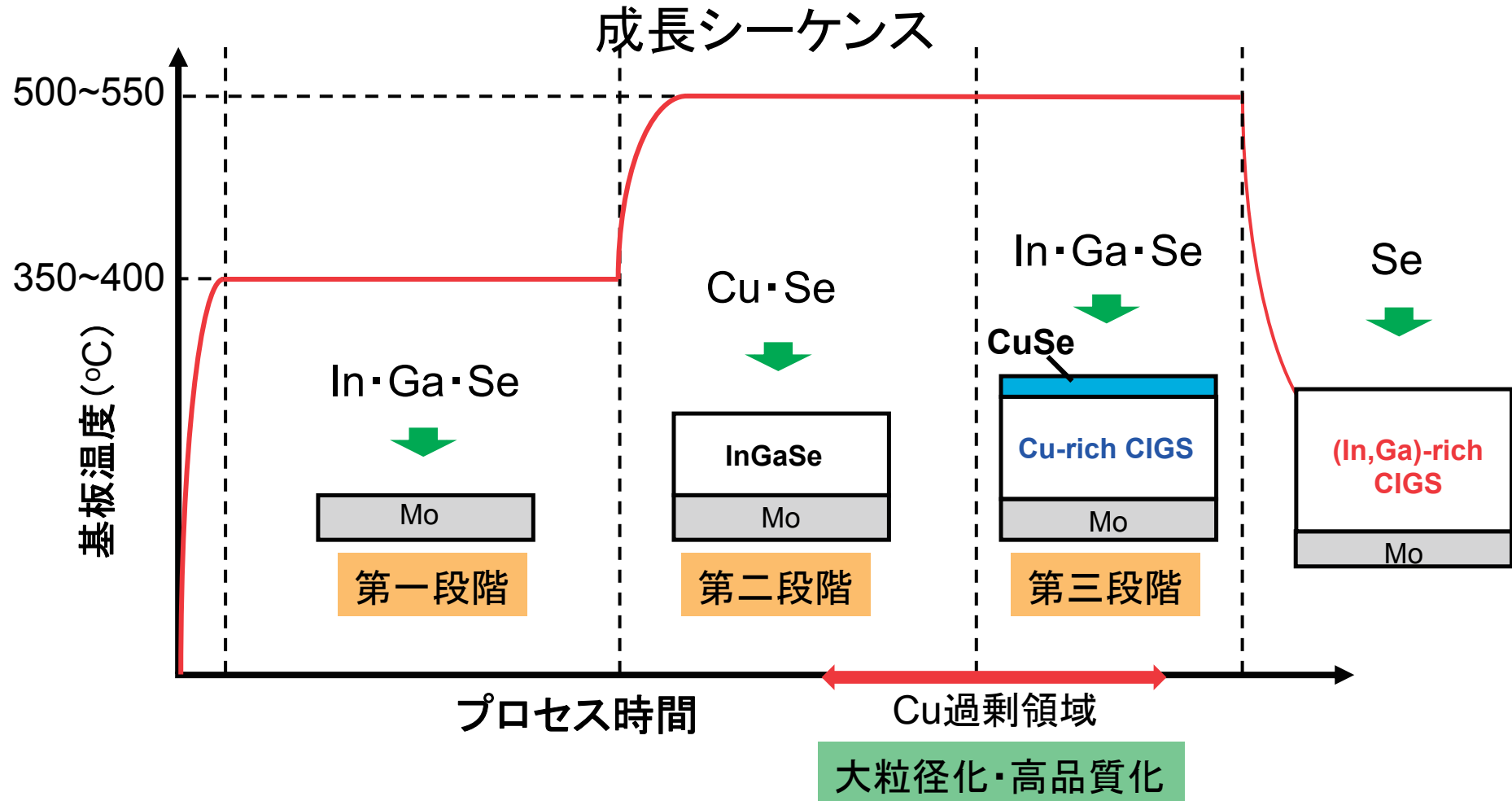
$\eta=10\sim12\%$

目的: 集積型サブモジュールの高効率化・量産化技術開発

- (1) 三段階法・集積化プロセス開発によりサブモジュールを高効率化する
- (2) 大面積高品質CIGS製膜法を開発する

# 三段階法(CIGS製膜法)の利点

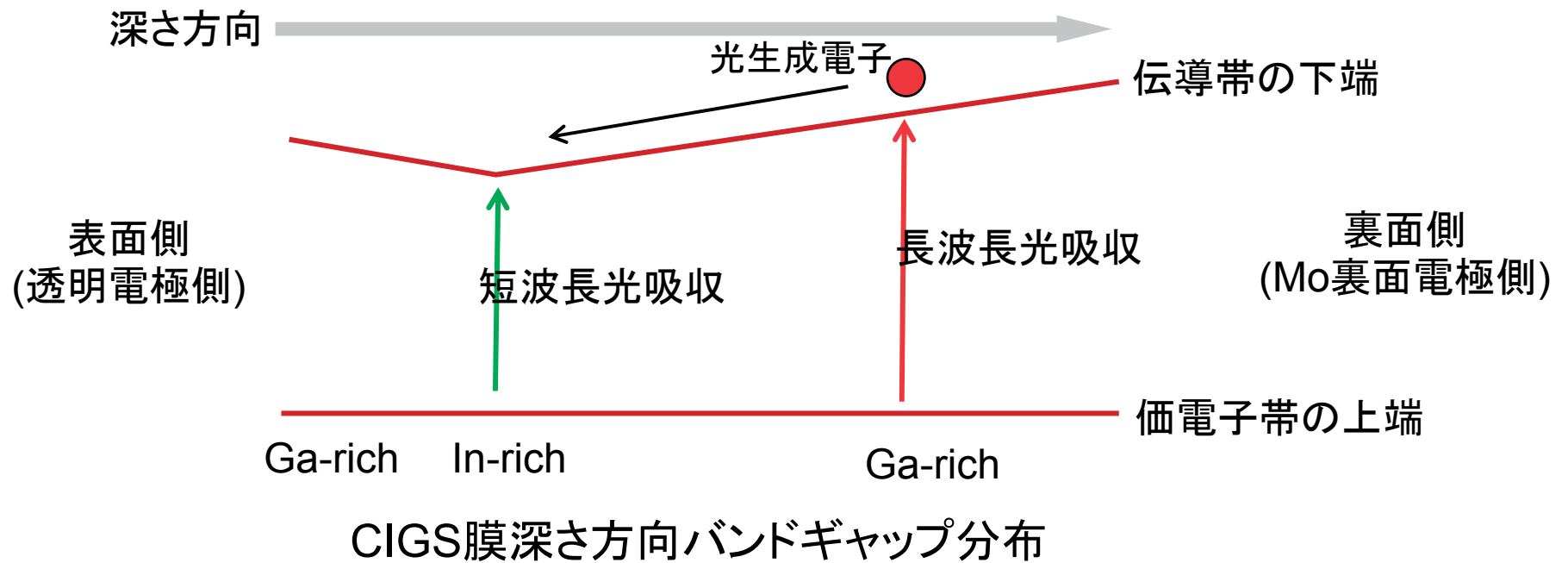
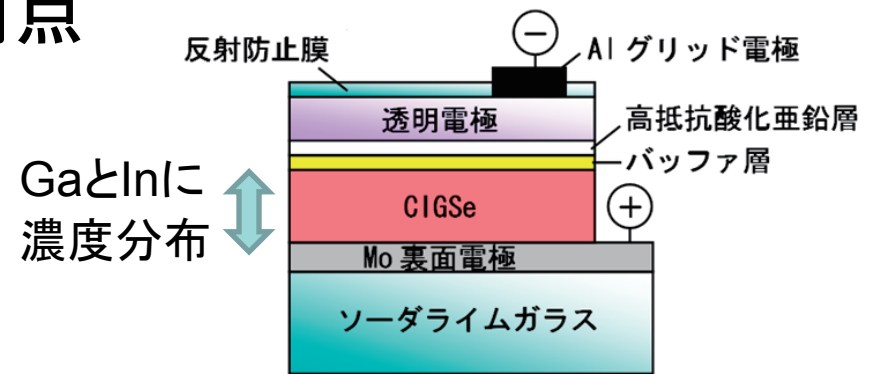
分子線エピタキシー(MBE)装置を利用。  
研究室レベルでよく用いられる。



# 三段階法(CIGS製膜法)の利点

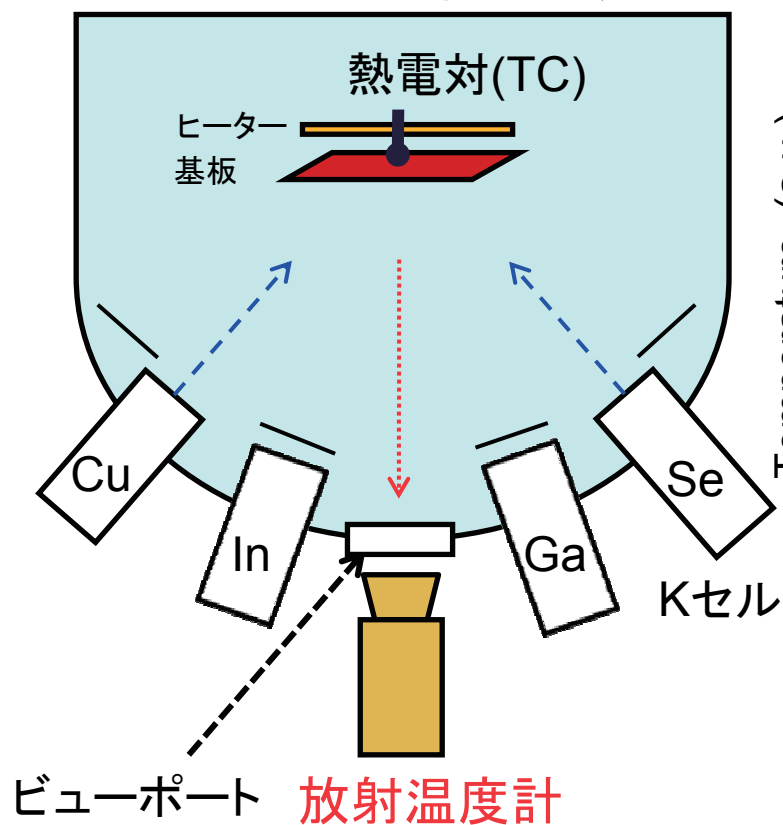
## ダブルグレーデッド構造

吸収波長領域を広げ、  
キャリア収集効率を向上

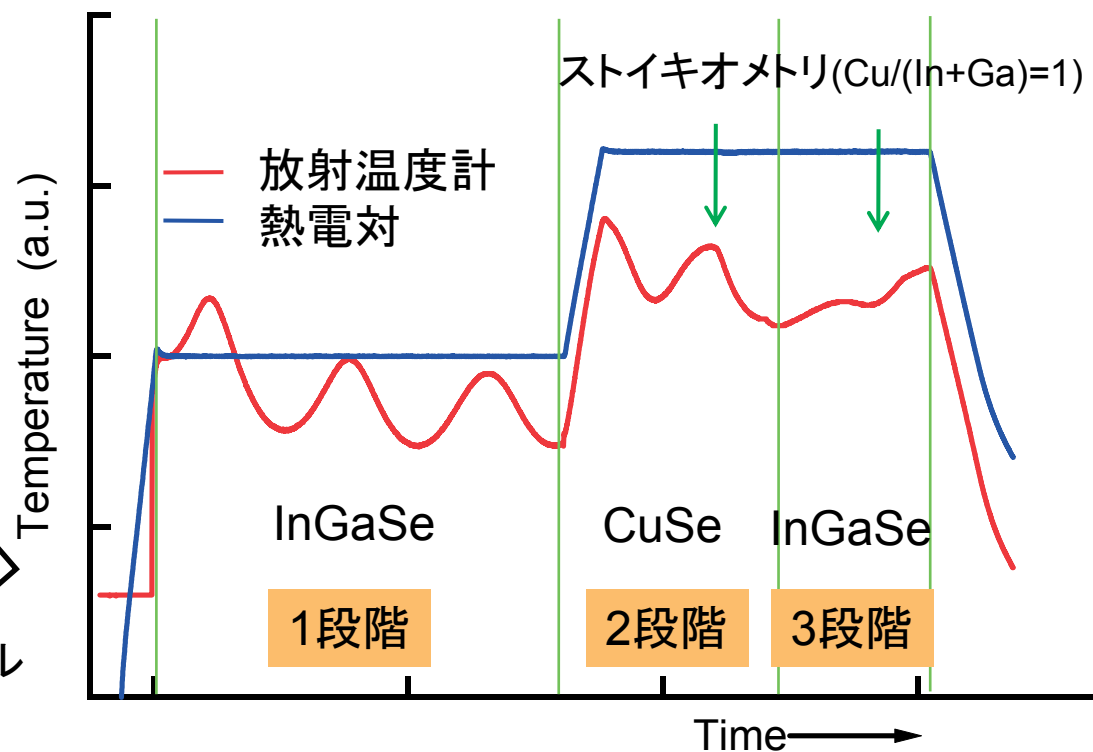


# 従来の三段階法製膜

バッチ方式MBE装置で  
10×10 cm<sup>2</sup>基板上に製膜



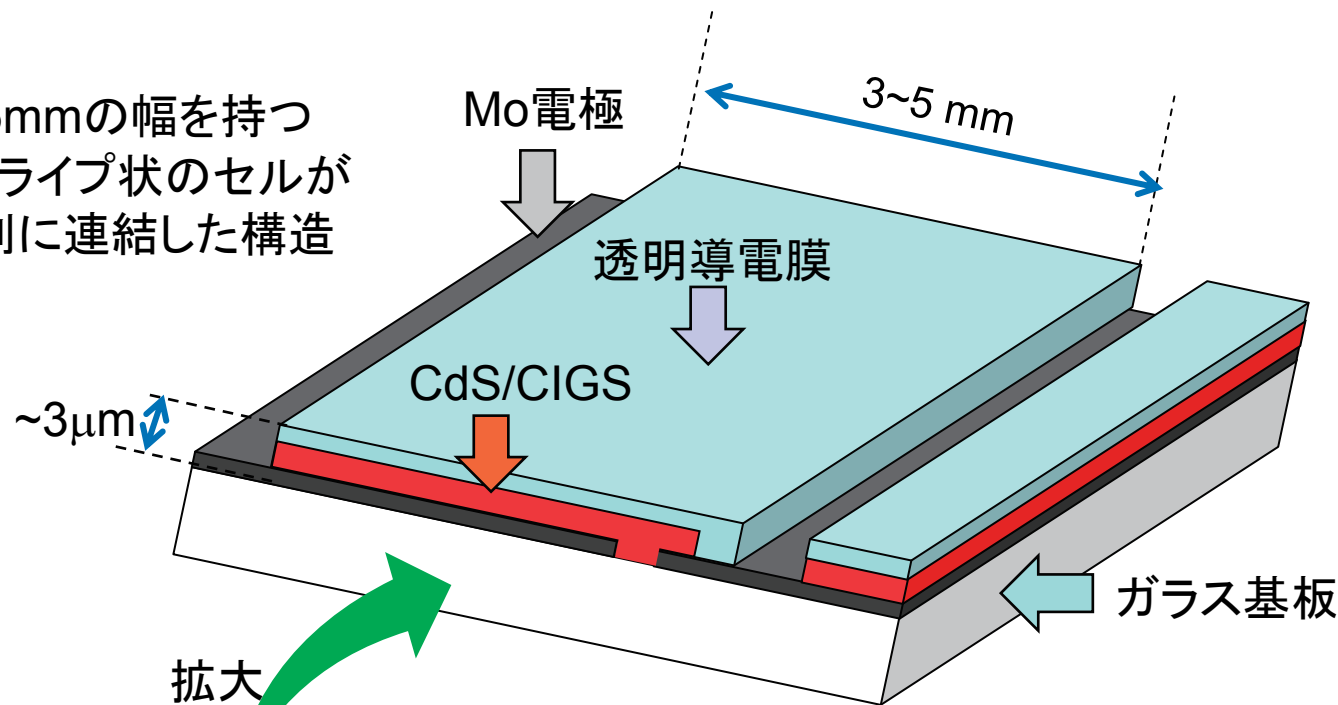
成長時の表示温度の変化例



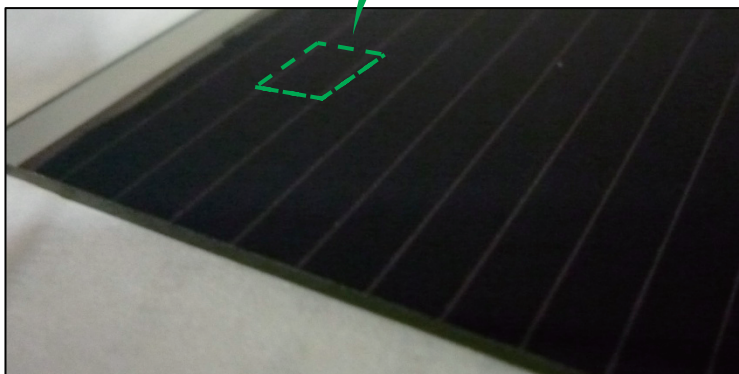
放射温度計によるその場観察により  
歩留まり良く高品質な膜が得られる

# サブモジュール構造と作製手順

3~5mmの幅を持つ  
ストライプ状のセルが  
直列に連結した構造



拡大

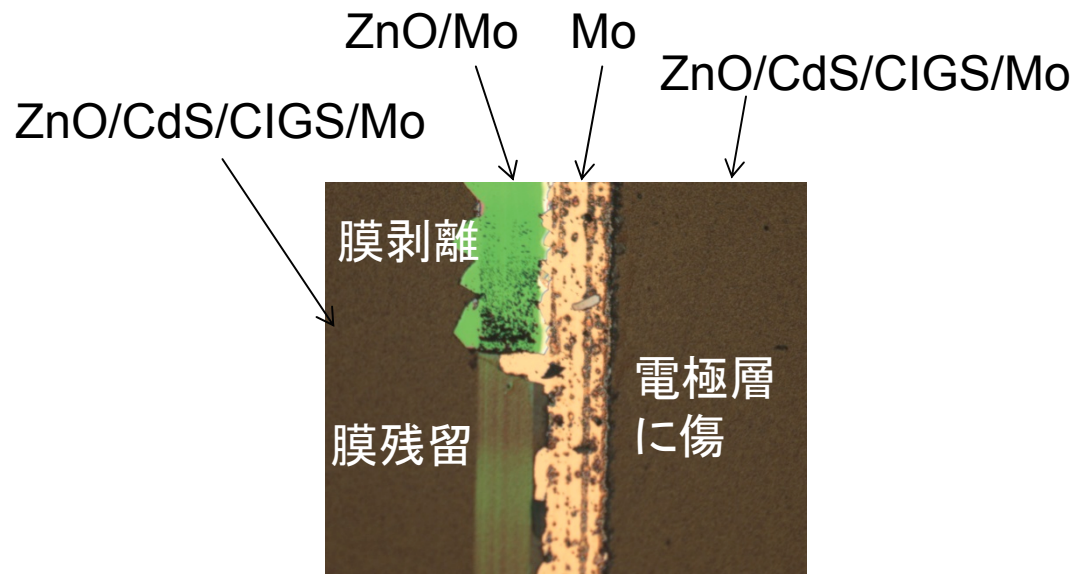


集積型CIGSサブモジュール

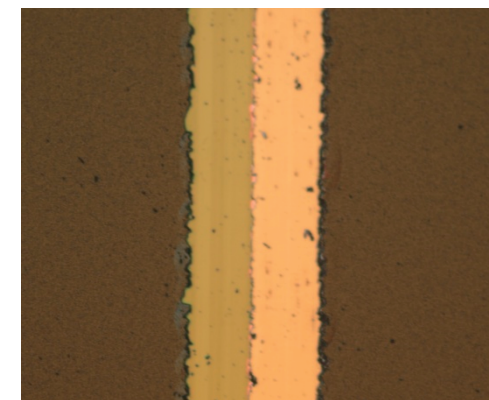
## 本研究サブモジュール作製手順

- 1・ Mo裏面電極
- 2・ P1(レーザースクライビング)
- 3・ CIGS
- 4・ バッファ層
- 5・ P2(メカニカルスクライビング)
- 6・ 透明電極層
- 7・ P3(メカニカルスクライビング)

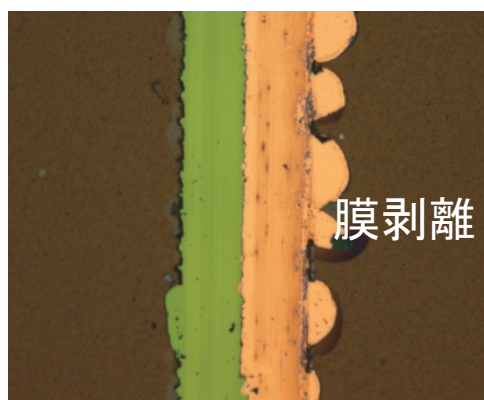
# メカニカルスクライブ最適化



最適化



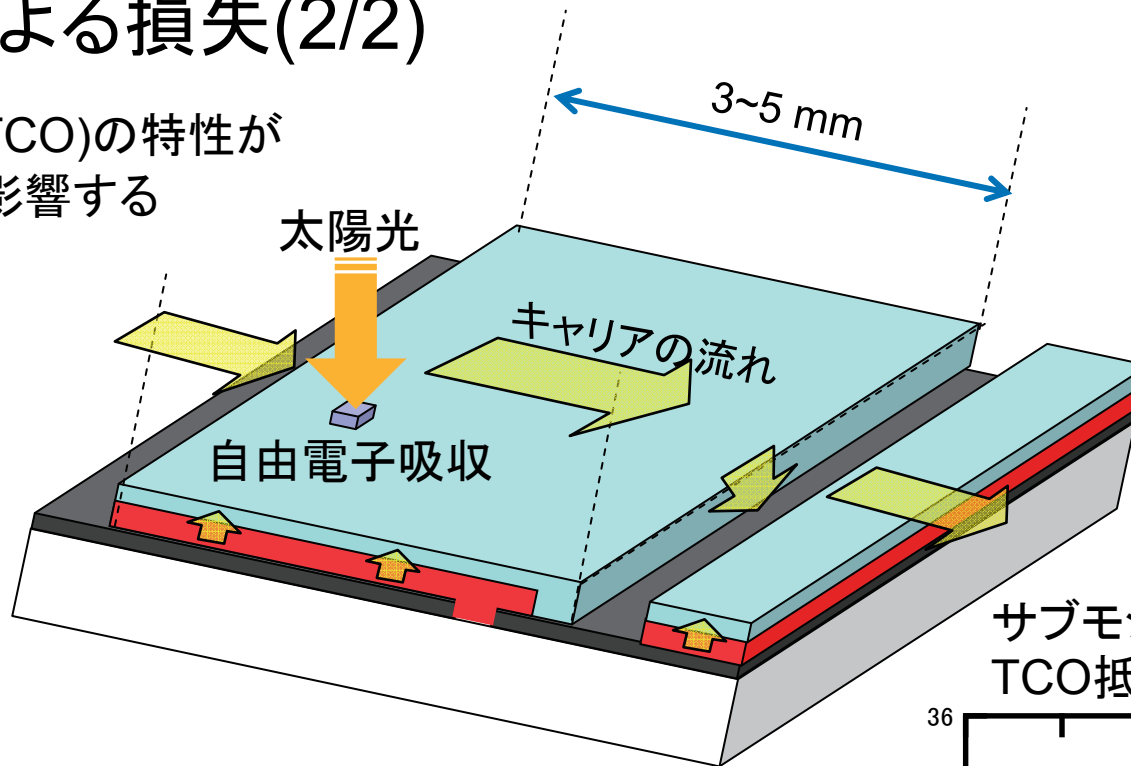
本研究成果：  
 細く直線性の良いスクライブ  
 ・デッドエリアの低減  
 ・各セル面積が均等  
 P1~P3の幅を240μm以下  
 まで狭小化に成功



P2,P3メカニカルスクライブ部の写真

# 集積化による損失(2/2)

透明導電膜(TCO)の特性が性能に大きく影響する



$$1/\rho = N \cdot e \cdot \mu$$

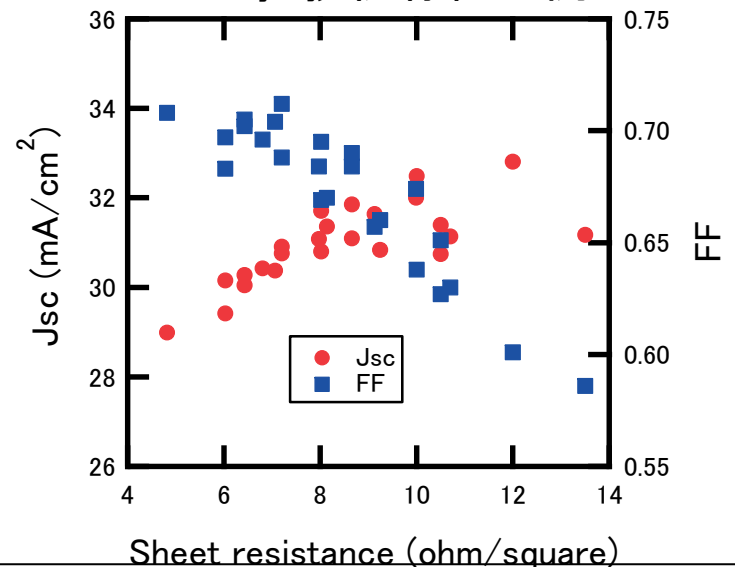
抵抗率      移動度

電子濃度  
(透過率にも影響)

透明導電膜の最適化

- ・抵抗率
- ・膜厚
- ↕トレードオフ
- ・透過率 (自由電子吸収)

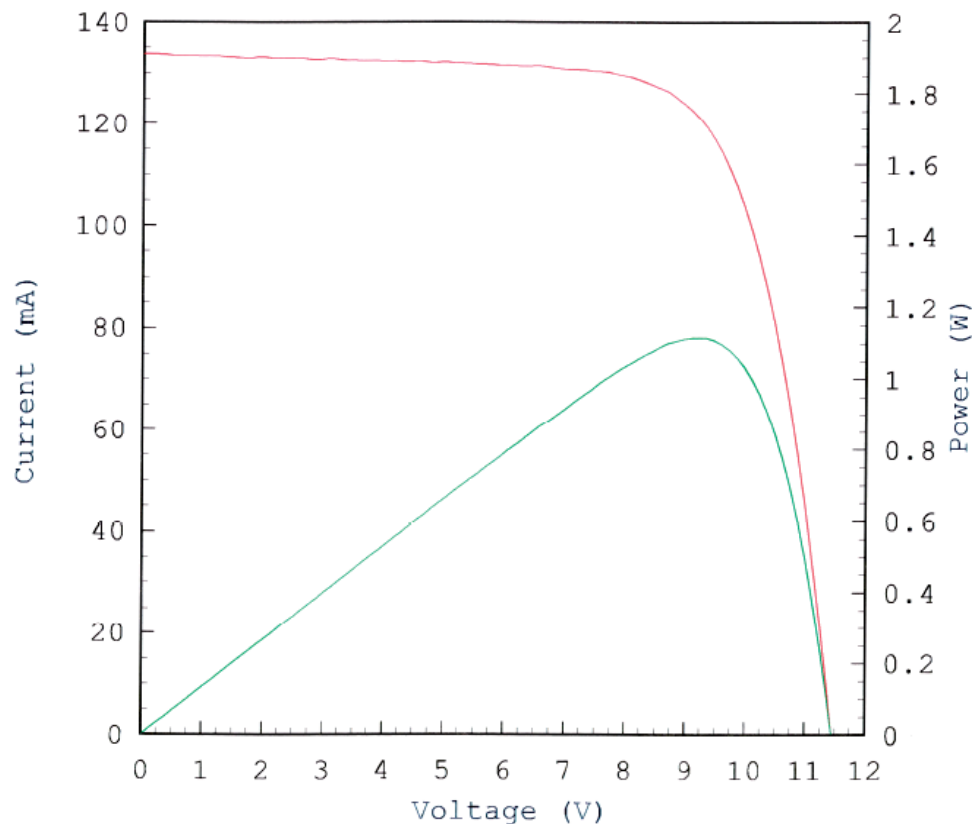
サブモジュール特性のTCO抵抗依存性の例





## I-V CURVE

IEC60904-3Ed.2 67.2cm<sup>2</sup> (aperture area) WXS-220S-20



Date : 13 Jan 2010

Data No :  
SQ1390-01

Sample No :  
SQ1390

Repeat Times : 3

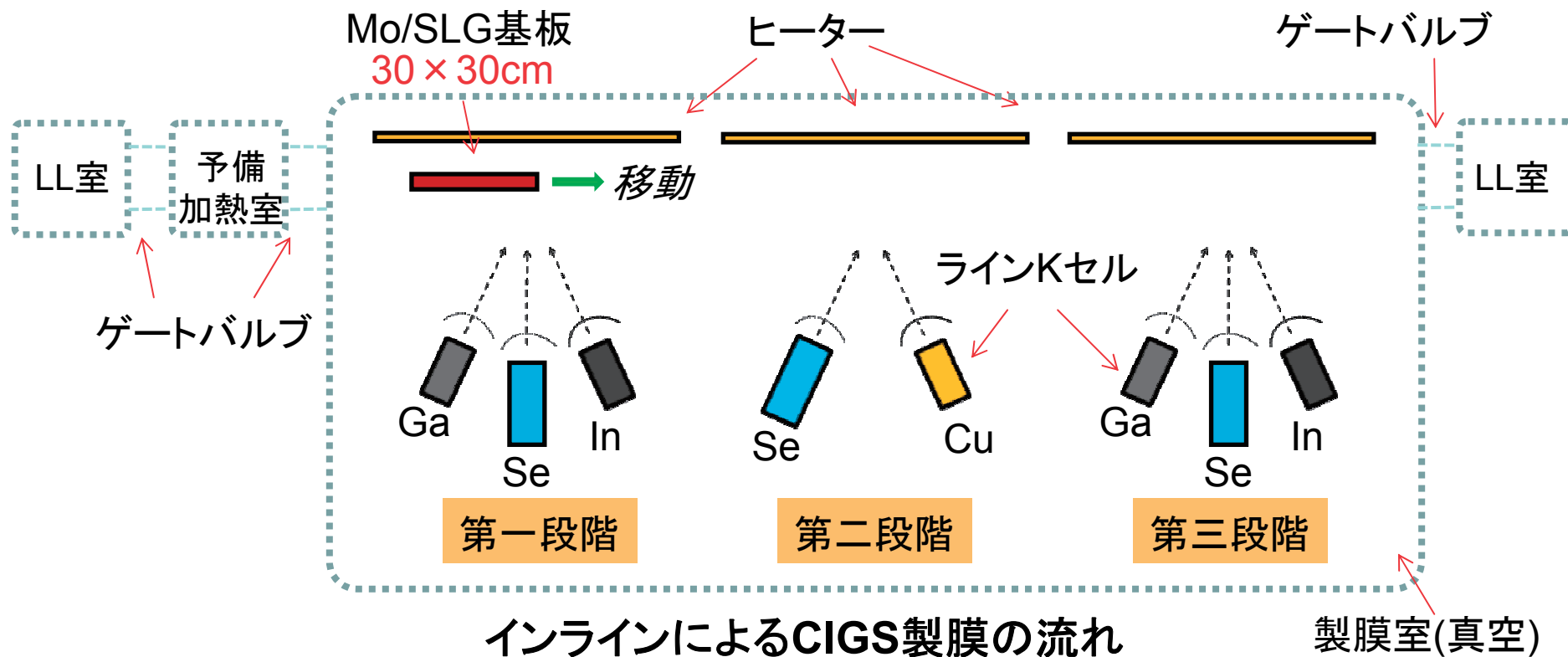
I<sub>sc</sub> 133.8 mA  
 V<sub>oc</sub> 11.45 V  
 P<sub>max</sub> 1.117 W  
 I<sub>pmax</sub> 121.1 mA  
 V<sub>pmax</sub> 9.22 V  
 F.F. 72.9 %  
**Eff(ap) 16.6 %**  
 DTemp. 25.0 °C  
 MTemp. 25.0 °C  
 DIrr. 100.0 mW/cm<sup>2</sup>  
 MIrr. 99.8 mW/cm<sup>2</sup>

Ref. Device No  
CSI02  
 Cal. Val. of Ref.  
129.46[mA at 100mW/cm<sup>2</sup>]  
 Scan Mode  
I<sub>sc</sub> to V<sub>oc</sub>

# アパーチャー効率16%以上を実現

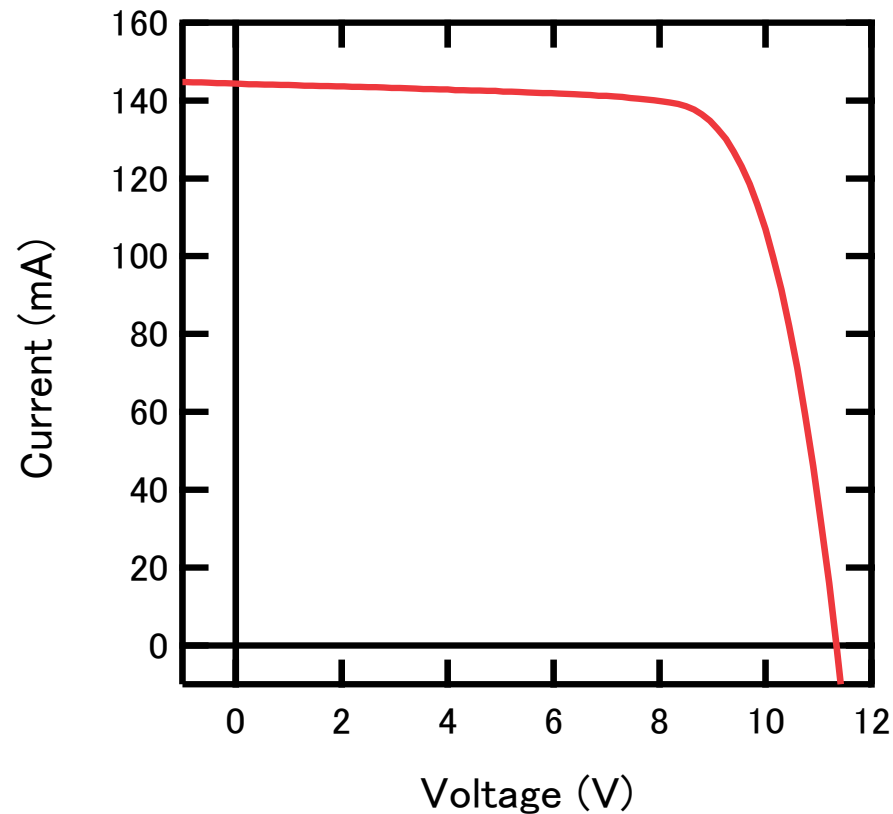


# 三段階法のインラインプロセス化



# サブモジュール変換効率

(化合物薄膜チームにて測定)



V<sub>oc</sub> = 11.3 V

I<sub>sc</sub> = 144.9 mA

FF = 0.74

**η = 15.8%**

ap.area = 76.5 cm<sup>2</sup>

AM1.5G, 100 mW/cm<sup>2</sup>,  
25°C

インライン三段階法でη=15.8%達成

## まとめ

### 集積型サブモジュールの高効率化・量産化技術開発

- CIGS製膜法として三段階法を用いて  
市販モジュールと同構造で $\eta = 16.6\%$ を達成
- 事業化(量産化)に適したインライン製膜  
(インライン三段階法)で $\eta = 15.8\%$ を達成