

# CIGS太陽電池のアルカリ金属添加効果

西永慈郎、上川由紀子、高橋秀樹、柴田肇  
産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 化合物薄膜チーム

## 研究背景・目的

固定価格買取制度(FIT)に頼らない太陽光発電の実現

→ 発電性能・コスト・信頼性の更なる向上が不可欠

### 発電コストの目標

	2015	2020	2030
発電コスト (円/kWh)	23	14	7
モジュール原価 (円/W)	60	50	30
運転年数 (年)	20	25	30
モジュール変換効率(%)	14	16	20
CIGS モジュール1枚あたりの 製造費用(相対値)	1.0	0.87	0.71

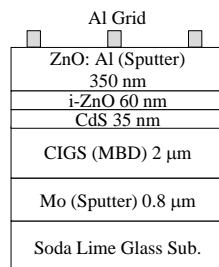
光吸収層の高品質化によるCIGS太陽電池の高効率化

アルカリ金属元素制御技術によって、変換効率を高める

\*産総研太陽光発電研究センター試算

## 実験方法

### CIGS太陽電池

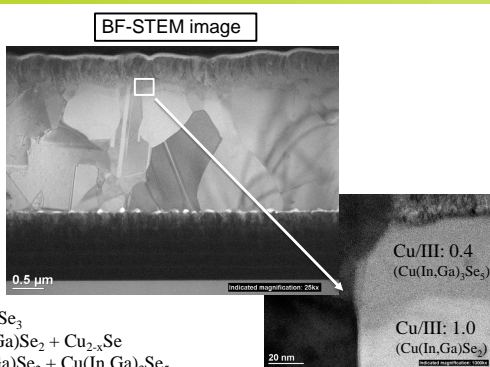
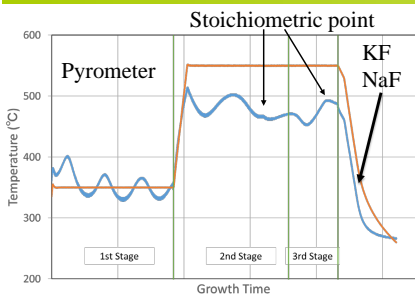


- 三段階法 (一段階:350°C 二、三段階:550°C)
- Ga/III: 0.4(一段階),0.25(三段階)
- Cu/III : 0.9
- グリッド電極(セル構造、面積0.52 cm<sup>2</sup>)
- NaF-PDT, KF-PDT (350°C, 550°C, 10分)

### 評価法

- 変換効率測定、Capacitance測定

## 実験結果: CIGS成膜法・HR-TEM・変換効率



### 変換効率(NaF-PDT, KF-PDT)

ARなし	NaF セル温度				
	None	None	755°C	800°C	850°C
350°C	18.5%	18.1%	18.2%	18.2%	17.1%
550°C		18.4%	18.0%	剥離	剥離

ARなし	KF セル温度				
	None	630°C	650°C	680°C	700°C
350°C	18.5%	18.1%	18.4%	19.0%	剥離
550°C		18.2%	18.1%	17.8%	

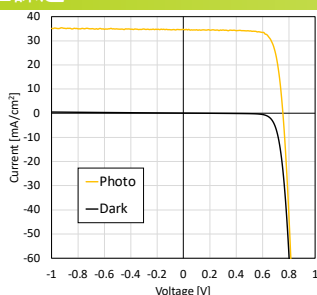
1st stage: In, Ga, Se  
2nd stage: Cu, Se  
3rd stage: In, Ga, Se

1st stage: (In,Ga)<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>  
2nd stage: Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> + Cu<sub>2-x</sub>Se  
3rd stage: Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> + Cu(In,Ga)<sub>3</sub>Se<sub>5</sub>

## 考察: KF・NaF-PDTの最適化と課題

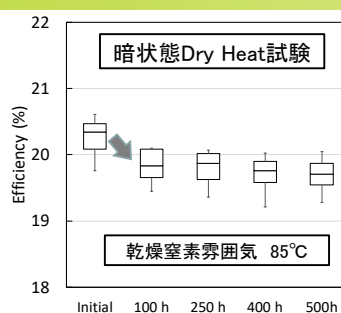
### 変換効率

ARなし, 350°C	KFセル温度	
	680°C	700°C
NaF	700°C	18.9%
セル温度	725°C	18.7%

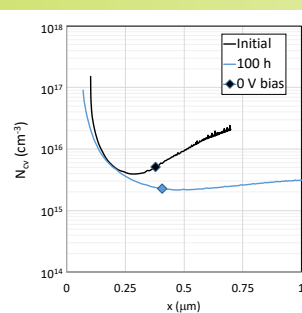


KイオンによるNaイオン脱離を、NaFの同時照射にて抑制させる

Eff. (%)	V <sub>oc</sub> (V)	J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	R <sub>sh, dark</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	R <sub>ser, dark</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	N <sub>cv, 0V</sub> (cm <sup>-3</sup> )	J <sub>0</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	n
20.5	0.755	34.7	0.785	2600	0.41	5.3x10 <sup>15</sup>	6.8x10 <sup>-9</sup>	1.31

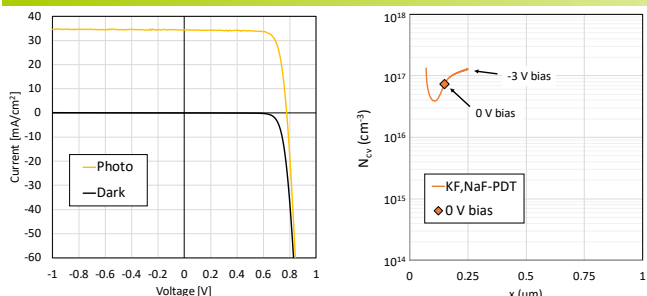


KF-PDTを行った試料は、Dry Heat試験100時間にて変換率が0.5%程度減少



KF-PDTを行った試料は初期のキャリア濃度減少が大きい

## 実験結果: 高効率化技術の開発



Eff. (%)	V <sub>oc</sub> (V)	J <sub>sc</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	R <sub>sh, dark</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	R <sub>ser, dark</sub> (Ωcm <sup>2</sup> )	N <sub>cv, 0V</sub> (cm <sup>-3</sup> )	J <sub>0</sub> (mA/cm <sup>2</sup> )	n
21.4	0.776	34.5	0.799	13700	0.5	7.3x10 <sup>16</sup>	1.1x10 <sup>-9</sup>	1.24

## 結論

→ Ga組成制御、TEM観察

- ・ 第三段階のGa組成を制御、パイロメータ観察により再現性高くCIGS成膜を可能にした
- ・ 表面および粒界にCu(In, Ga)<sub>3</sub>Se<sub>5</sub>層を確認

→ KF-PDT, NaF-PDT

- ・ KF・NaF-PDTにより、高効率化に成功
- ・ キャリア濃度制御により、高効率化に成功