

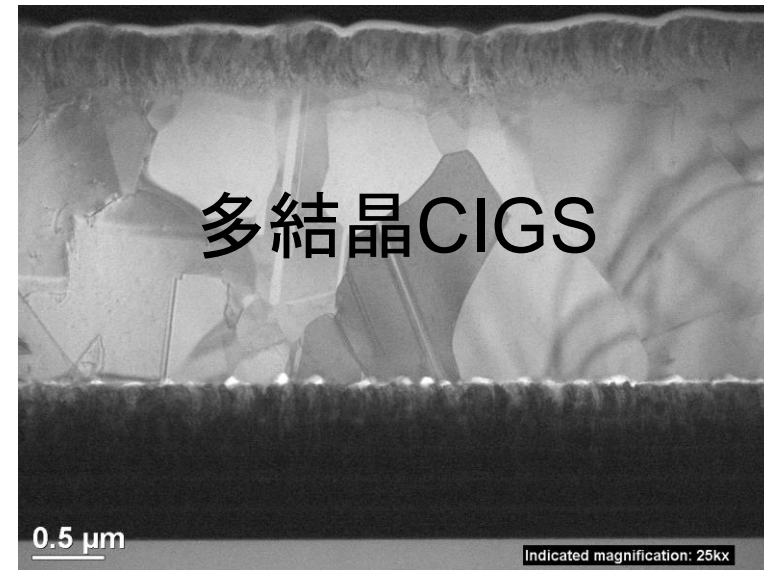
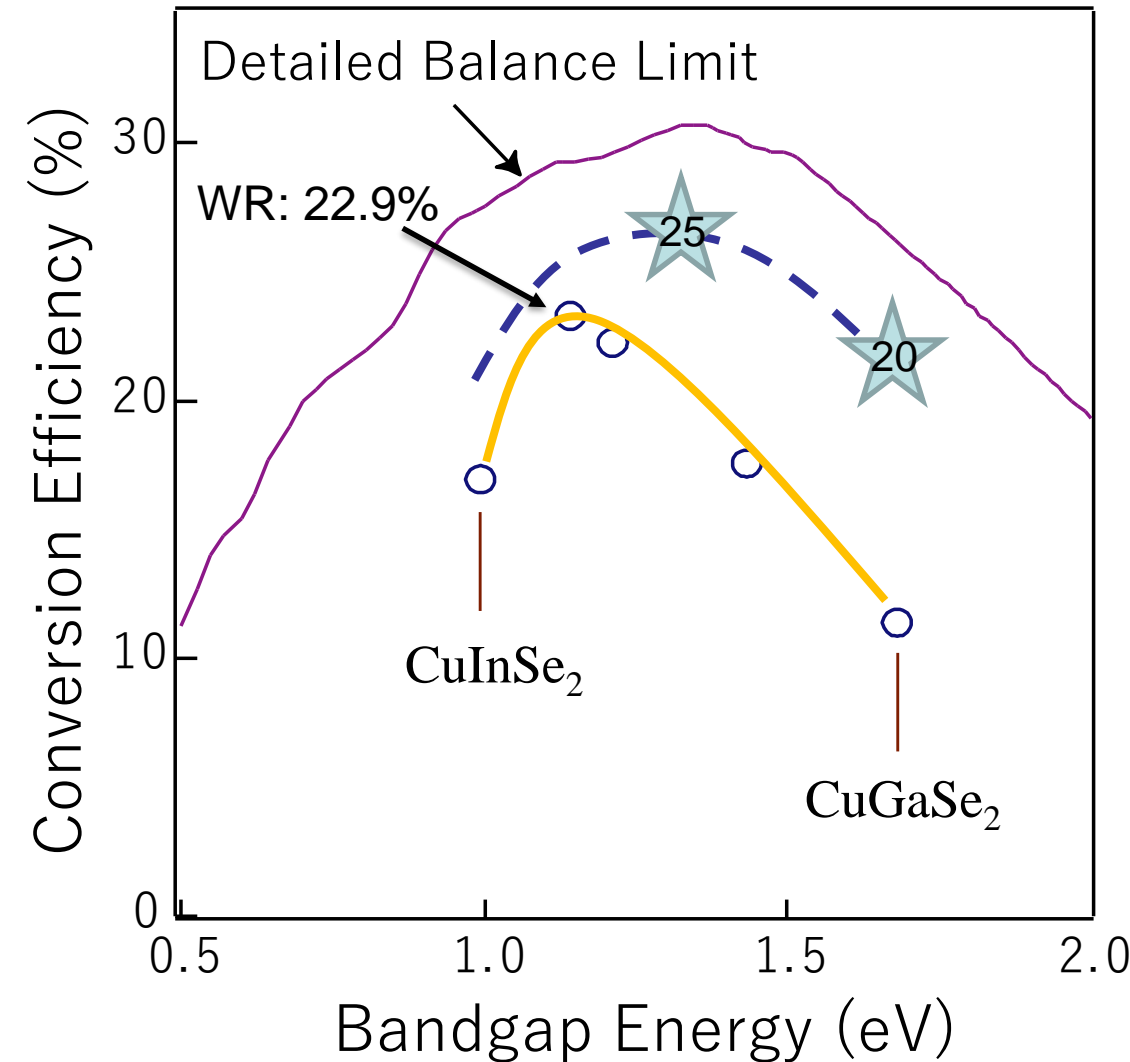
単結晶Cu(In,Ga)Se₂太陽電池の 高効率化技術の開発

太陽光発電研究センター

¹化合物薄膜チーム、²先進多接合デバイスチーム

西永慈郎¹、菅谷武芳²

変換効率: $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ 太陽電池



[結晶粒内(Grain interior)
 結晶粒界(Grain boundary)

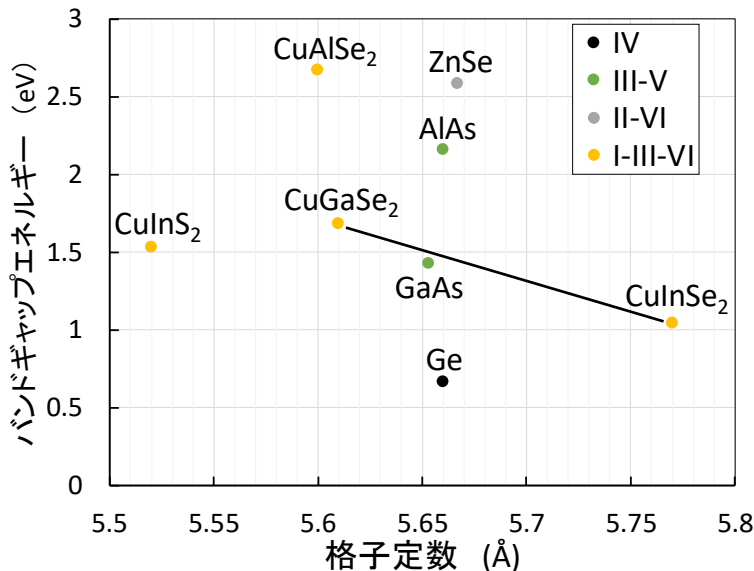


単結晶化による
 光吸収層の高品質化

単結晶CIGS成長法とCIGS太陽電池の高効率化技術

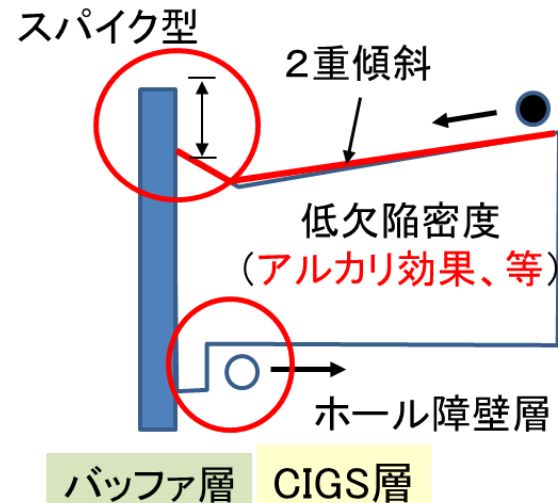
単結晶CIGS成長法

- バルク成長(融液成長)は高コスト
- 気相法にて単結晶基板の上にエピタキシャル成長させ、単結晶CIGS成膜を狙う



高品質な単結晶CIGS成膜法を開発、
多結晶CIGS高効率化技術を採用し、
高効率単結晶CIGS太陽電池を実現

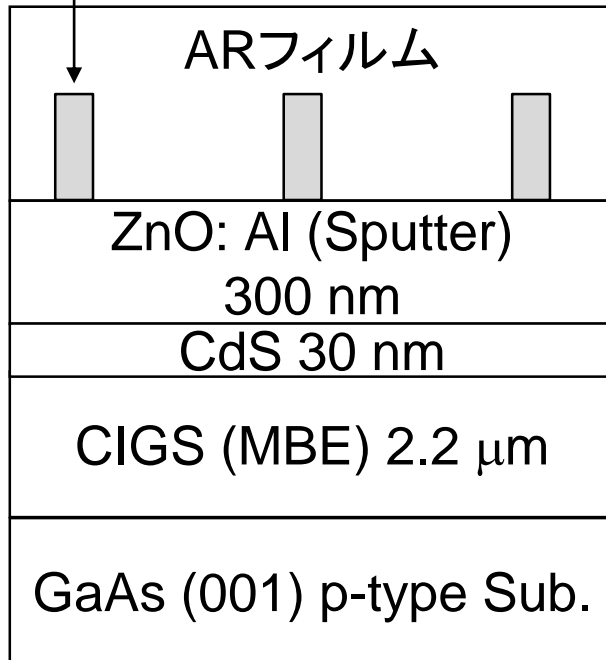
CIGS太陽電池の高効率化技術



- CIGS層の高品質成膜技術 (三段階法、セレン化硫化法)
- 二重傾斜構造 (Ga濃度勾配)
- アルカリ金属添加 (Na, K)
- CdS/CIGS界面の高品質化 (KF処理、スパイク)
- ホール障壁層 (Cu poor CIGS)
- アクセプタ濃度増大化技術

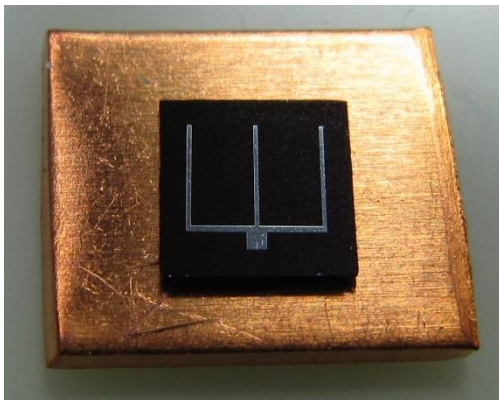
成膜方法、デバイス構造

Al Grid



CIGS solar cells

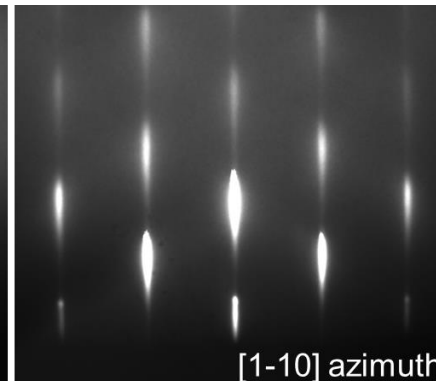
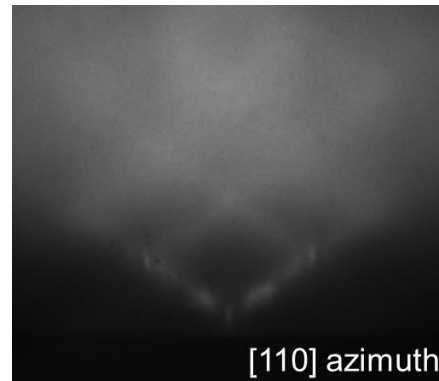
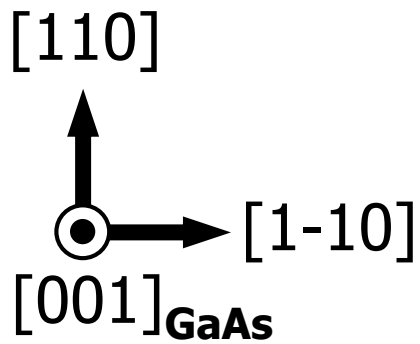
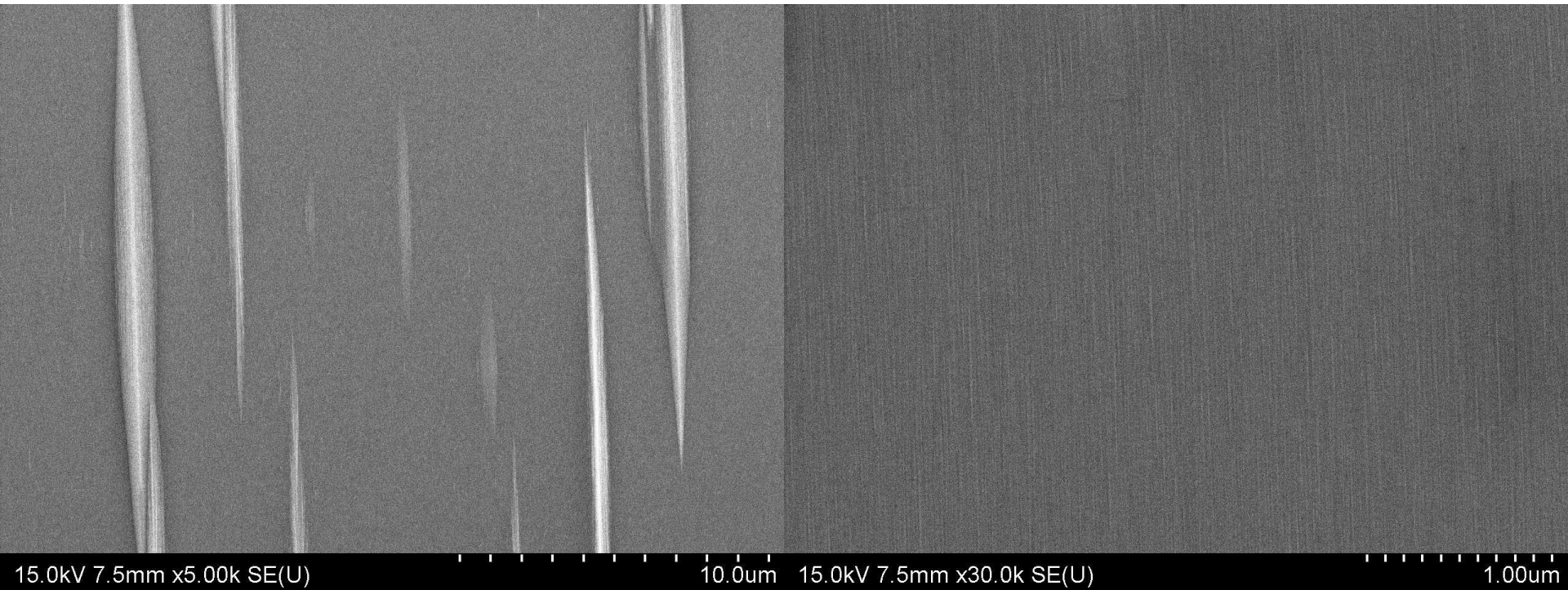
- 分子線エピタキシー法
(同時蒸着: Cu, In, Ga, Se)
- 成長温度: 570 °C
- Ga濃度(GGI): 0.6, Cu濃度(CGI) : 0.9
- NaF doping, KF-PDT ($T_{\text{sub.}} = 350 \text{ }^\circ\text{C}$)
- CdS/AZO/Al grid (Area: 0.25 cm²)



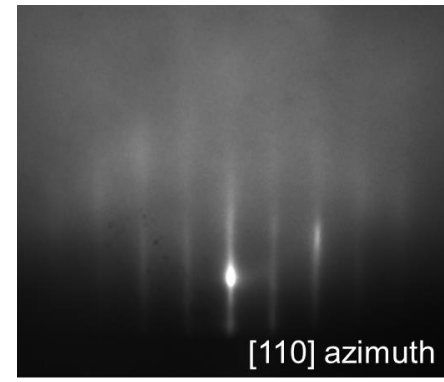
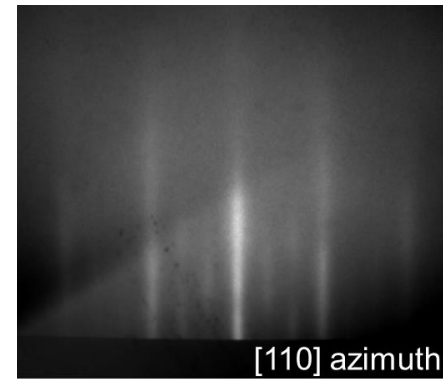
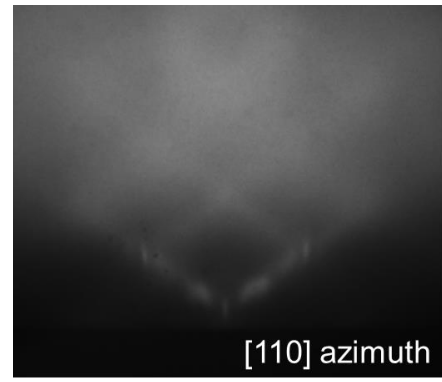
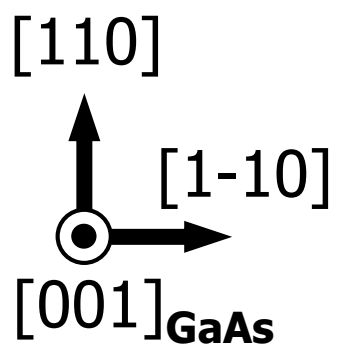
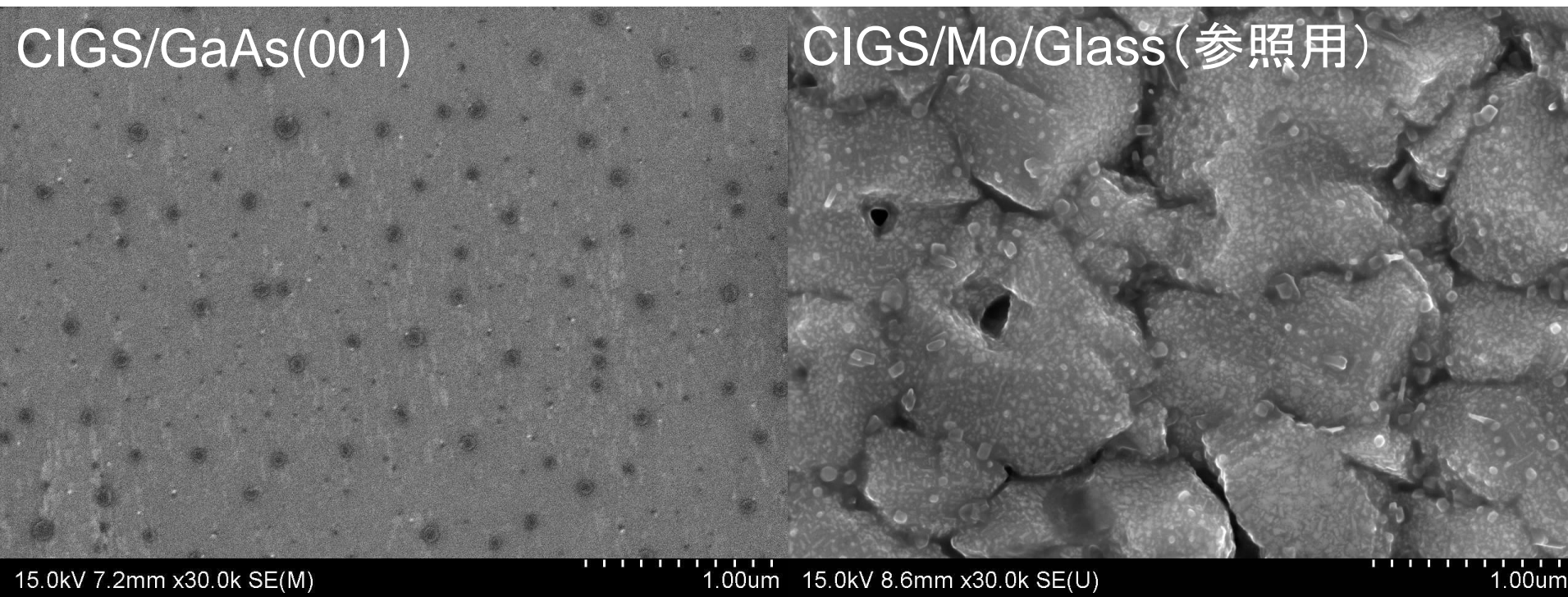
Measurements

- RHEED, SEM, TEM, SIMS
- I-V curves and C-V measurements

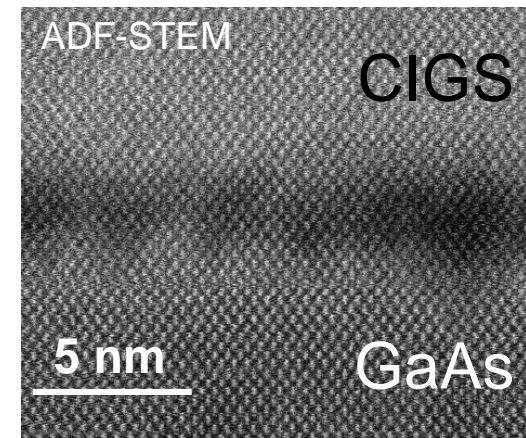
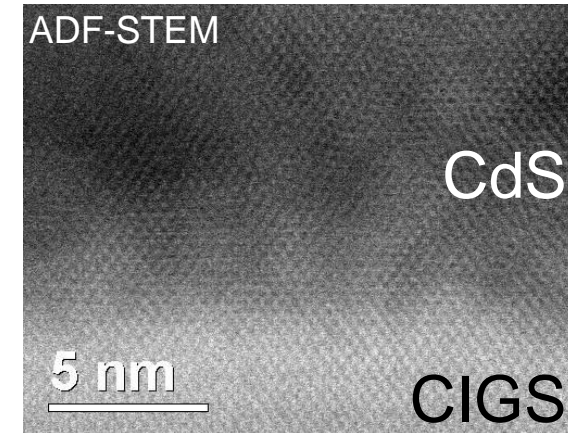
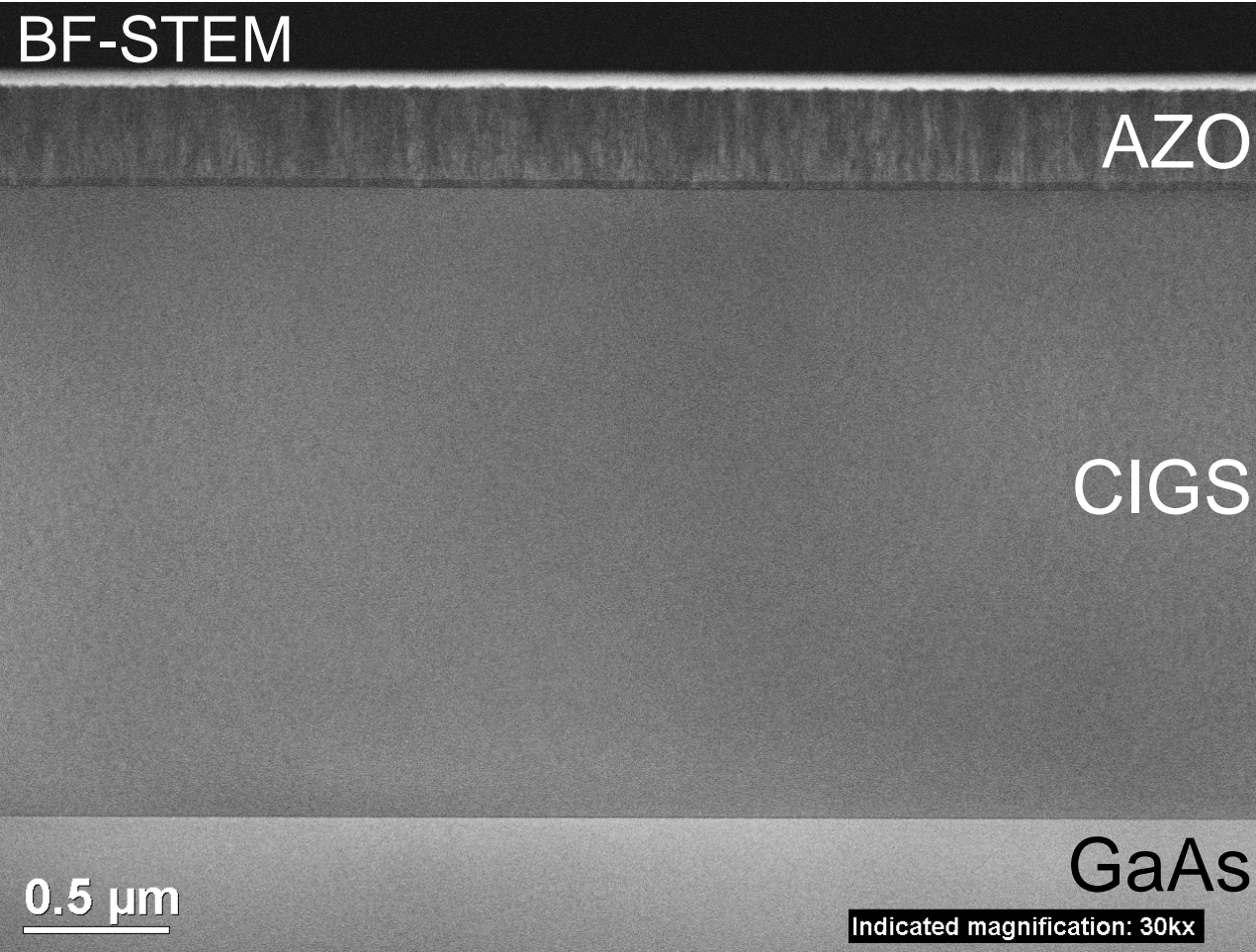
SEM像: CIGS on GaAs (001) w/o KF-PDT



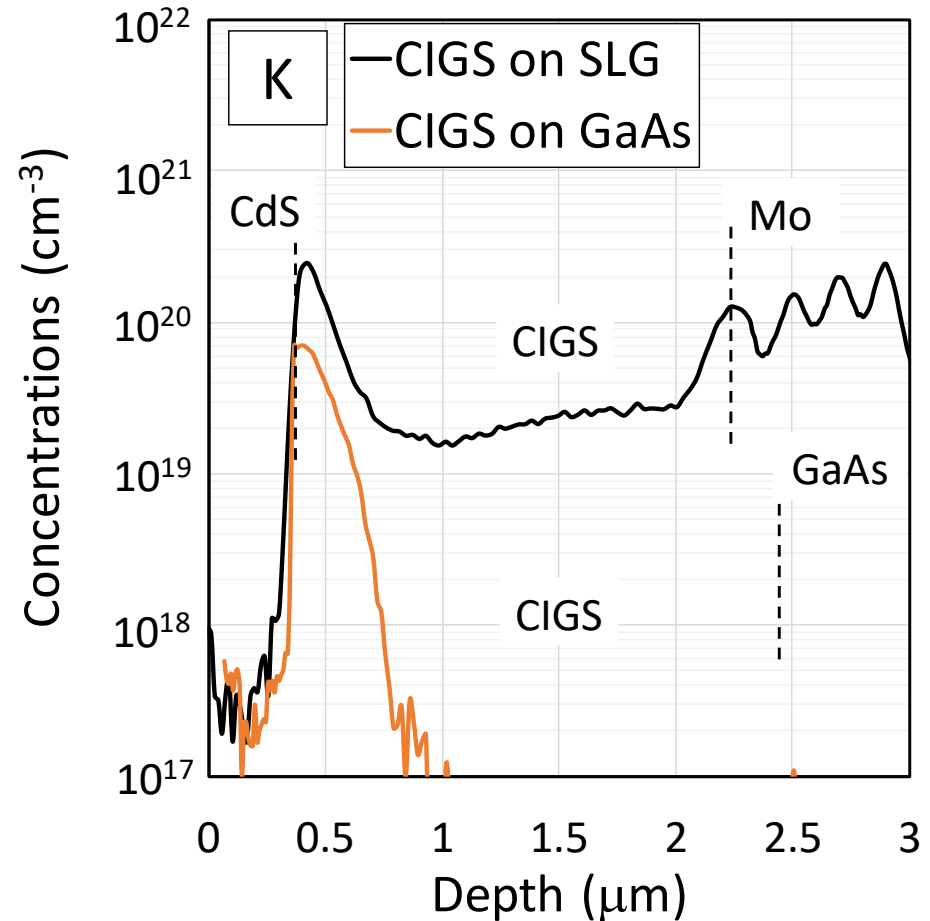
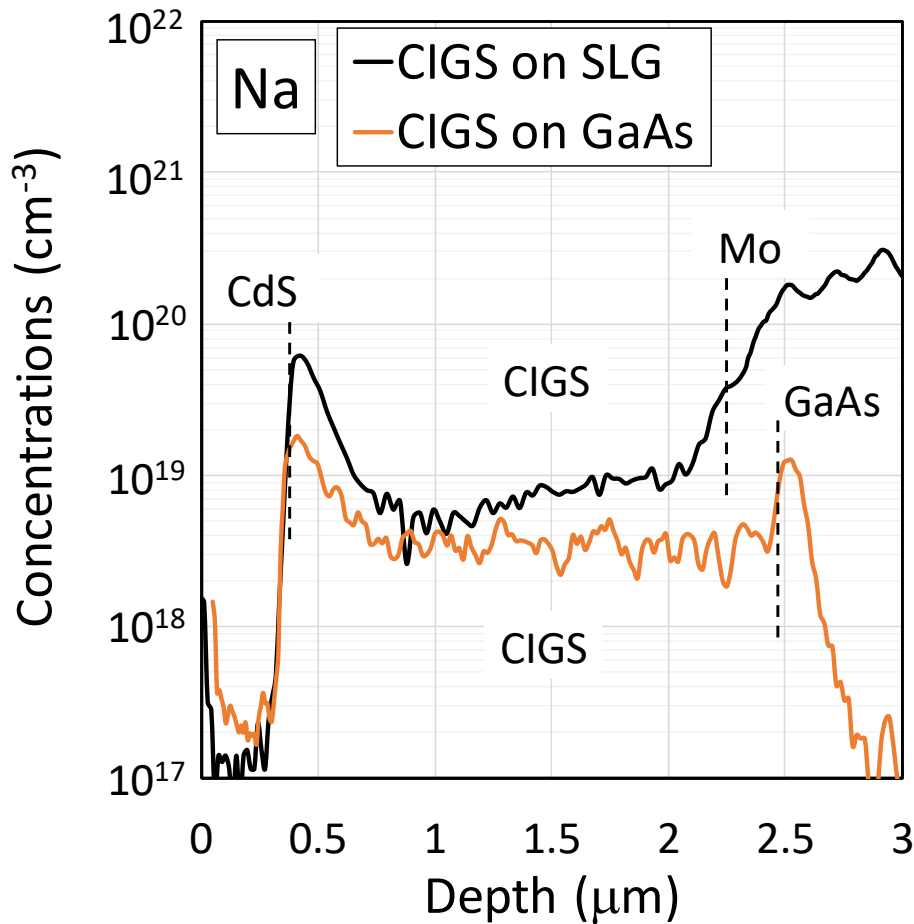
SEM像: CIGS on GaAs (001) with KF-PDT



STEM像: CIGS/GaAs(001)

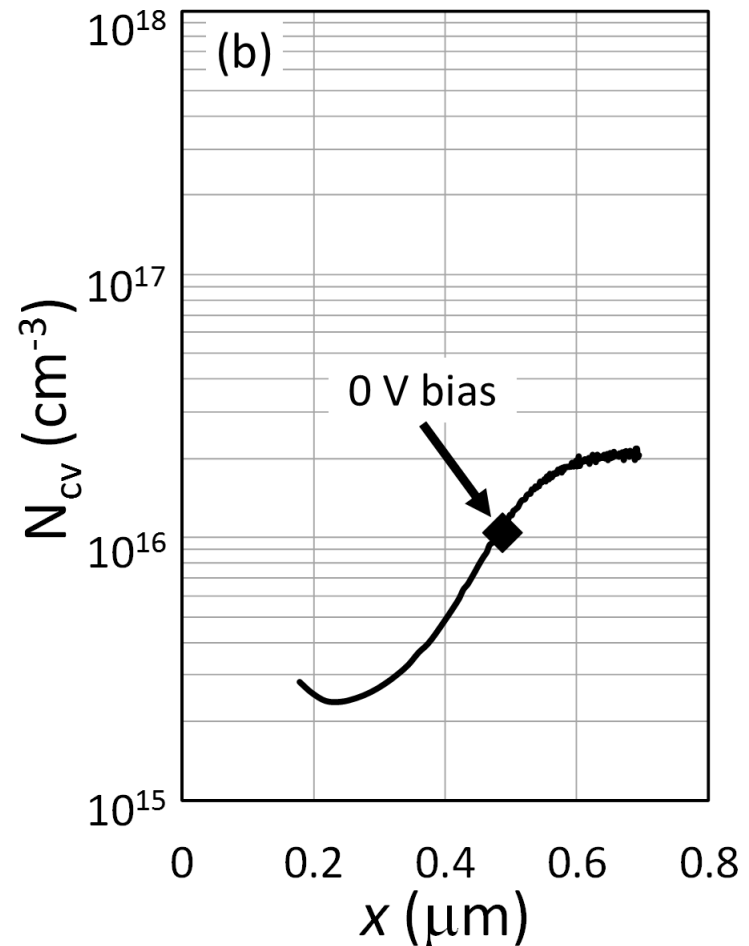
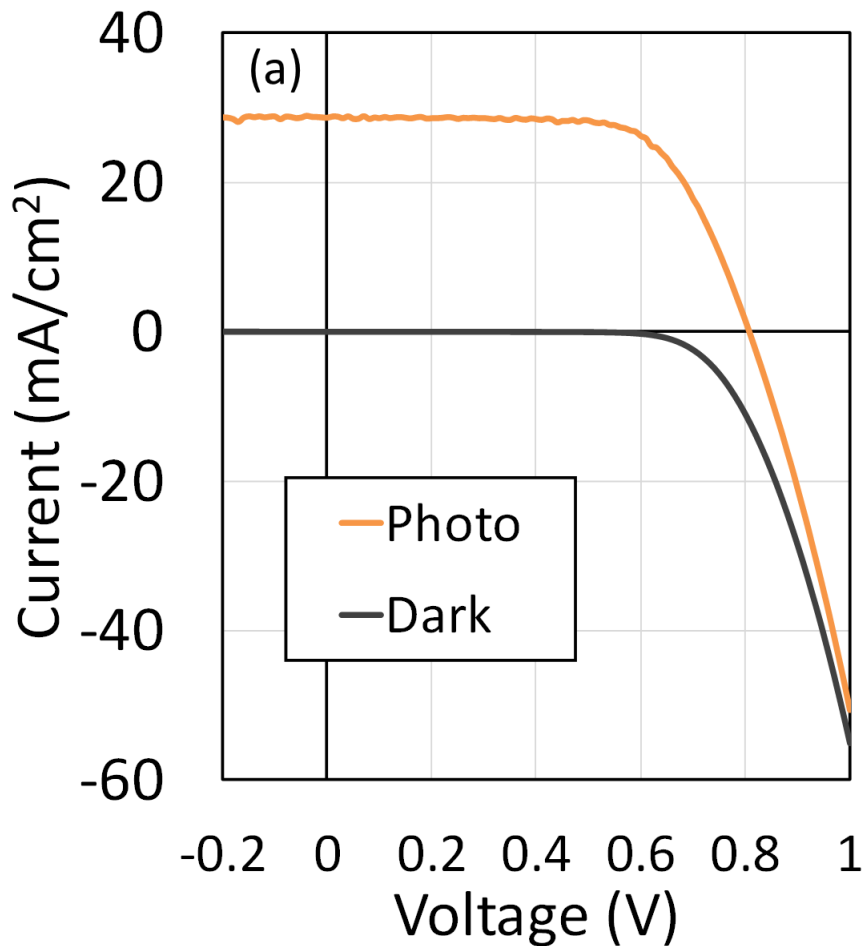


二次イオン質量分析法(SIMS)



NaFドーピング (NaF cell 500°C), KF-PDT ($T_{\text{sub.}} = 350^{\circ}\text{C}$)

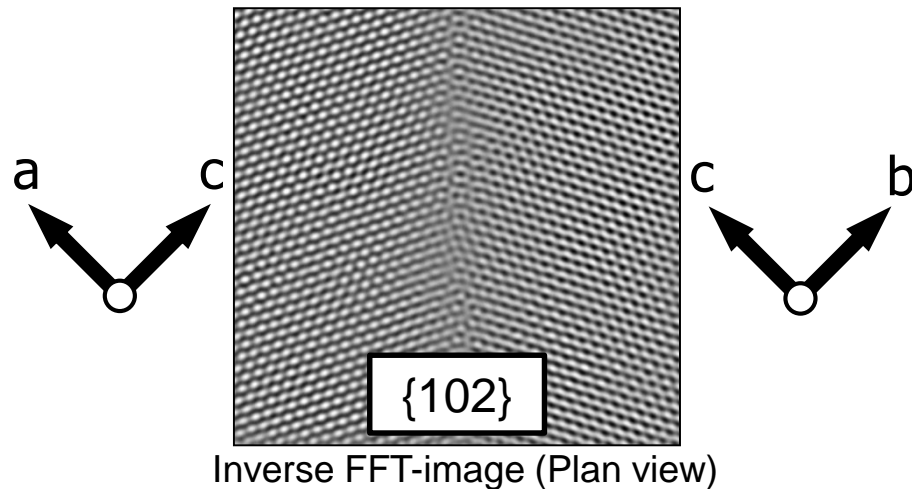
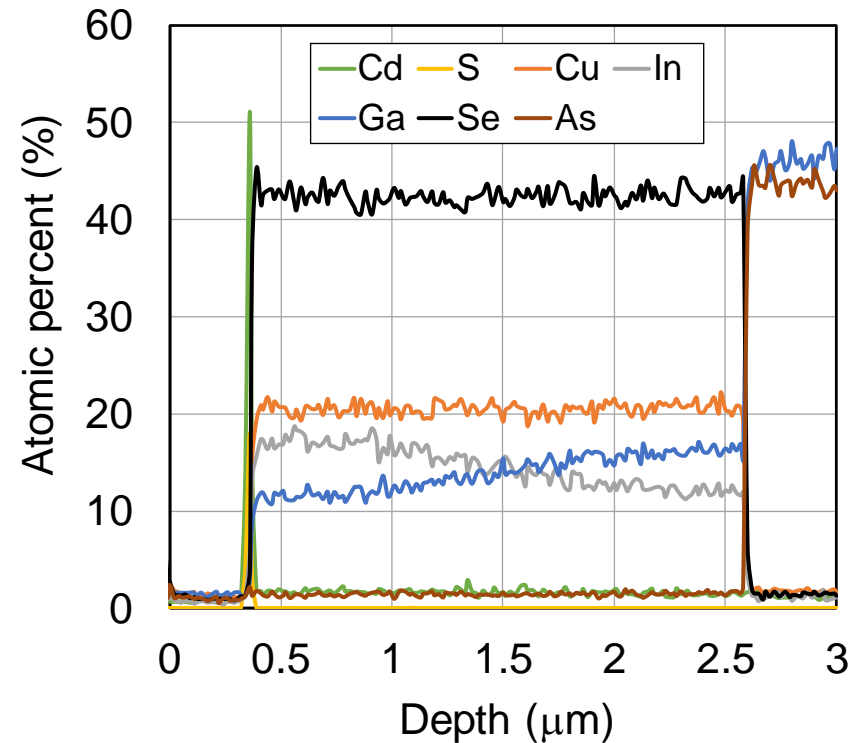
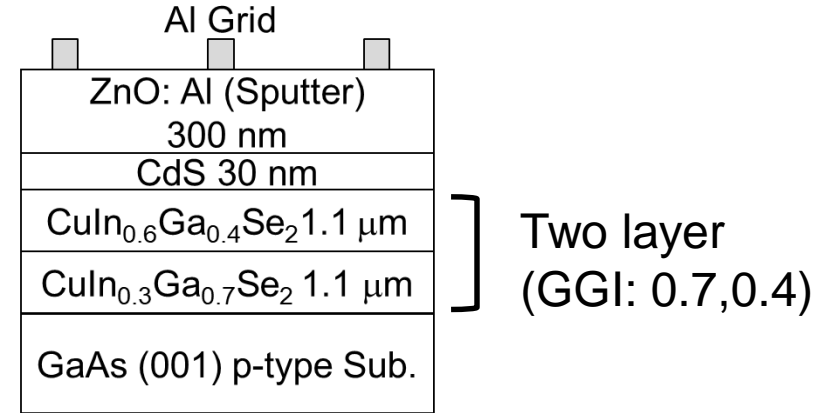
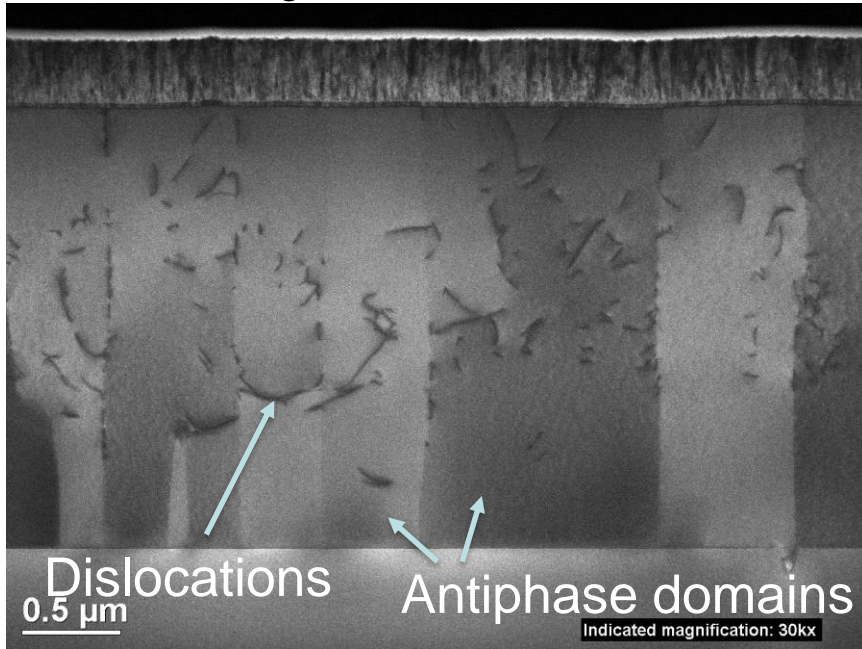
J-V curves and N_{CV} : CIGS (GGI: 0.6)



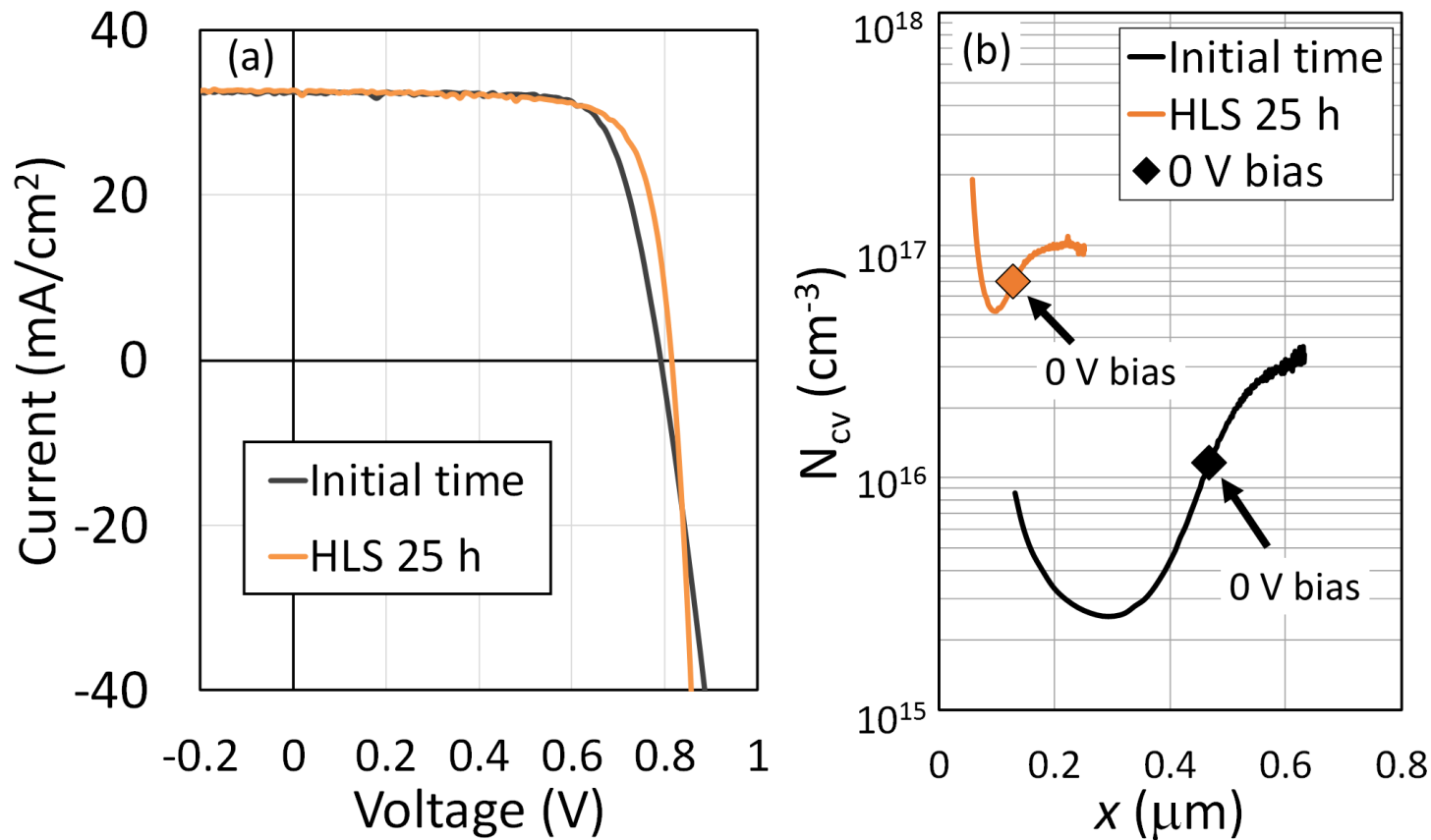
	Eff. (%)	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm ²)	FF	$V_{oc,def}$ (V)	$R_{sh, dark}$ (Ω cm ²)	$R_{ser, dark}$ (Ω cm ²)	J_0 (mA/cm ²)	n_{dark}
CIGS (GGI: 0.6)	15.7	0.807	28.5	0.683	0.56	26000	1.3	8×10^{-8}	1.54

STEM像、STEM-EDX: CIGS(Ga濃度勾配)

BF-STEM image



J-V curves, N_{CV} : CIGS(Ga濃度勾配), Heat-light soaking (HLS)



	Eff. (%)	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm ²)	FF	$V_{oc,def}$ (V)	$R_{sh, dark}$ (Ωcm ²)	$R_{ser, dark}$ (Ωcm ²)	$J_{0, dark}$ (mA/cm ²)	n_{dark}
初期値	19.3	0.790	32.5	0.751	0.48	6000	1.2	1x10 ⁻⁷	1.6
HLS 25 h	20.0	0.815	32.6	0.753	0.45	3000	0.18	7x10 ⁻⁸	1.6

まとめと今後の課題

➡ CIGSエピタキシャル成長

- MBE法により粒界のないCIGS層成膜に成功した
- KF-PDTにより、表面平坦性が向上する
- 高In組成CIGS層導入によって、転位が発生する

➡ 太陽電池特性、今後の課題

- Ga濃度勾配、HLSによって変換効率20%を達成
- 構造最適化、ドーピング等により高効率化を狙う

謝辞: 本研究は経済産業省「革新的なエネルギー技術の国際共同研究開発事業」により実施されたものである。関係各位に感謝致します。