

単結晶基板上CIGS薄膜の結晶成長

西永慈郎¹、菅谷武芳²

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¹、先進多接合デバイスチーム²

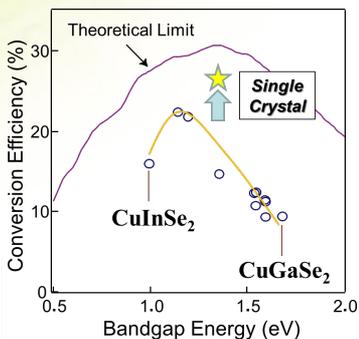
研究背景・目的

CIGS系太陽電池にて変換効率25%以上を達成するためには、多くの研究課題が存在している

CdTe太陽電池は多結晶と単結晶それぞれを研究対象

- 結晶欠陥
- パッシベーション
- ドーピング

三段階法を用いて単結晶CIGS薄膜の成膜を行い、三段階法の理解および、変換効率を議論



実験方法

Al Grid
ZnO: Al (Sputter) 350 nm
i-ZnO 60 nm
CdS (CBD) 50 nm
CIGS (MBE) 1.7 μm
GaAs(001) p-type Sub.



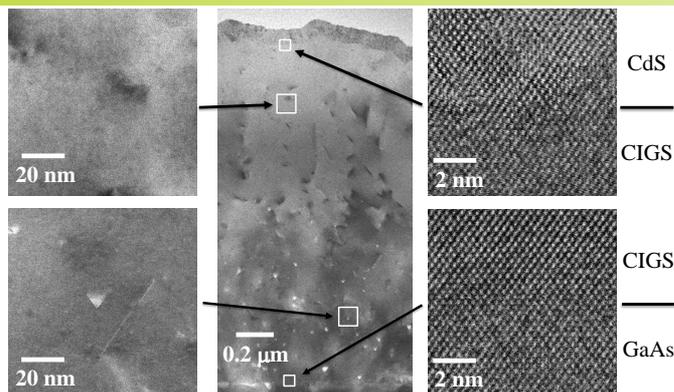
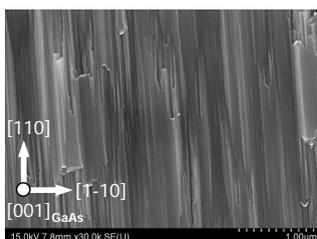
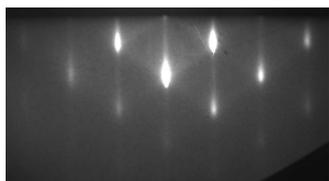
CIGS結晶成長

- 三段階法 (一段階:350°C 二、三段階:550°C)
- Ga/III: 0.4, Cu/III: 0.9
- RHEED観察、パイロメータ
- 小面積セル (面積0.52 cm²)

評価法

- RHEED, SEM, TEM, XRD, TRPL
- 変換効率測定

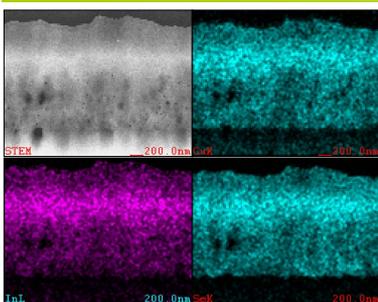
実験結果: RHEED, SEM, HR-TEM



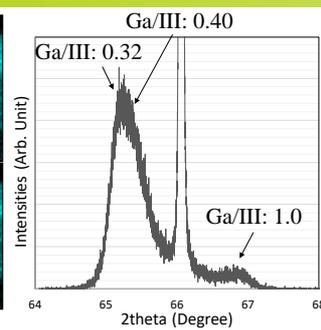
- 1st stage: (In_{0.3}Ga_{0.7})₂Se₃
- [110]_{GaAs} azimuth, {111} facet
- 4-fold symmetry
- 2nd stage: Cu(In,Ga)Se₂, CuSe
- [110]_{GaAs} azimuth, {112}_{CIGS} facet
- 4-fold symmetry

EPMA (15 kV)
Ga / III = 0.36, Cu / III = 0.99
EPMA (5 kV)
Ga / III = 0.29, Cu / III = 0.83

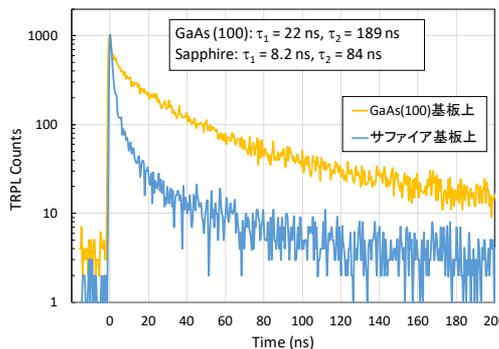
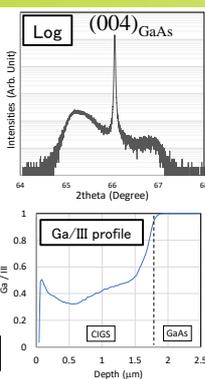
実験結果: TEM-EDX, XRD, TRPL



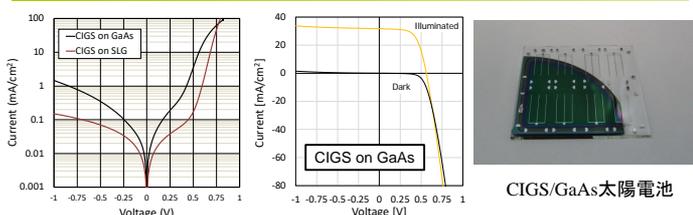
- CIGS底部はVoidが多く、原子密度が薄い
- Ga勾配が形成されている



Ga勾配を反映したX線回折



実験結果: I-V 特性



CIGS/GaAs太陽電池

w/o AR	Eff. (%)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	R _{sh, dark} (Ωcm ²)	R _{ser, dark} (Ωcm ²)	φ ₀ (mA/cm ²)	n
CIGS on GaAs(001)	10.8	0.555	31.8	0.612	1300	1.7	1.6x10 ⁻⁴	1.94
CIGS on Sapphire	10.5	0.557	30.2	0.625	3500	3.0	2.6x10 ⁻⁵	1.71
CIGS on SLG	18.7	0.725	32.5	0.796	7460	0.4	5.3x10 ⁻⁸	1.38

結論・今後の方針

➤ CIGS結晶成長

- 三段階法によりGaAs(001)基板上に単結晶CIGSを成膜
- 第一段階で四回対称のInGaSe層が成膜され、その後、四回対称の単結晶CIGS薄膜が形成される
- Cu rich下のCIGS結晶成長は結晶品質が高い

➤ 太陽電池特性、今後の方針

- 単結晶CIGS薄膜を用いて、変換効率10.8%を達成
- 高温成長、同時蒸着法、ドーピングにより高効率化を狙う