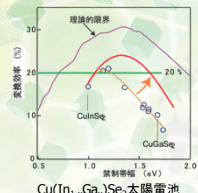


CIGS太陽電池スクライブ端面の劣化機構の解析

西永慈郎・上川由紀子・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

Introduction

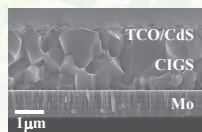


- 高効率 ($\eta > 21\%$)かつ低コストである $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ (CIGS) 系太陽電池^{1,2,3}.
- 更なる効率改善のため、ダイオードの基礎的特性、劣化メカニズムの解明を行う

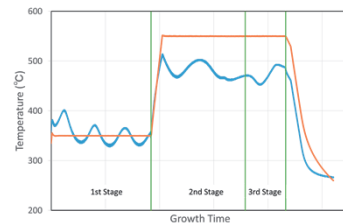
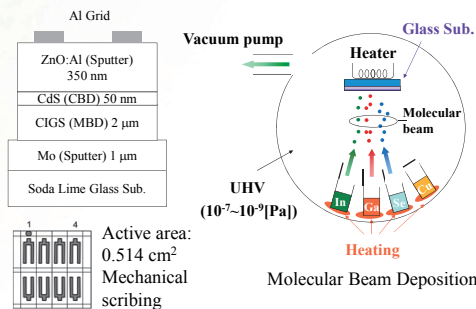
封止加工されていないCIGS太陽電池を室温大気下に保存すると、並列抵抗 (R_{sh})および変換効率が劣化する

pn接合が直接、大気曝露されるスクライブ端面に注目

劣化のメカニズム検証、Passivation技術の構築へ

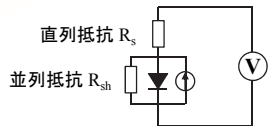
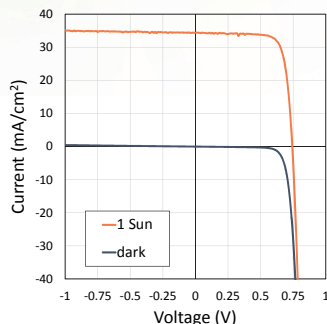


Experimental procedure



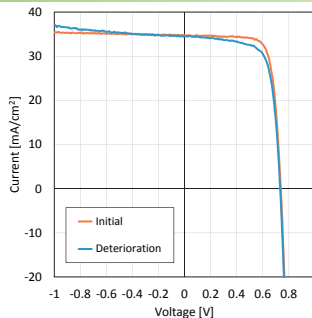
- Three-stage co-evaporation^{4,5}
- Ga / (In+Ga) ratio: 0.4
- Cu / (In+Ga) ratio: 0.9

Results and Discussion (Deterioration of CIGS solar cells and Re-scribing)

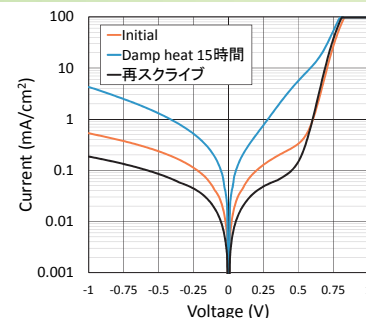


Current-Voltage of diode
 $J = J_0 \exp\left(\frac{q}{nkT} V\right)$

- R_s : 0.26 Ωcm^2 (dark)
0.22 Ωcm^2 (1sun)
 R_{sh} : 2400 Ωcm^2 (dark)
2100 Ωcm^2 (1sun)
 $J_{0,dark}$: 3.4×10^{-8} mA/cm²
 n_{dark} : 1.41



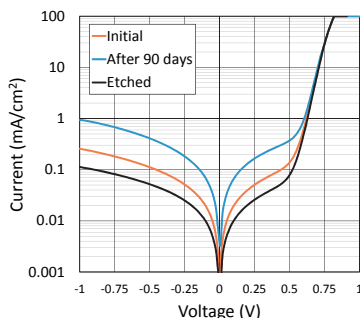
- 初期値(AR加工) 劣化後
 $\eta = 19.73\%$ $\eta = 18.30\%$
 $I_{sc} = 34.76$ mA/cm² $I_{sc} = 34.50$ mA/cm²
 $V_{oc} = 0.738$ V $V_{oc} = 0.734$ V
FF = 0.769 FF = 0.723
 $R_{sh,dark} = 7700$ Ωcm^2 $R_{sh,dark} = 470$ Ωcm^2



	$R_{sh,dark}$ Ωcm^2	$J_{0,dark}$ mA/cm ²	n_{dark}	η %	V_{oc} V	I_{sc} mA/cm ²	FF
Initial	2200	9.2×10^{-8}	1.48	18.85	0.737	33.42	0.766
Damp heat 15 時間	470	1.6×10^{-8}	2.81	10.55	0.673	33.15	0.473
再スクライブ	7300	8.1×10^{-8}	1.42	18.66	0.721	33.32	0.776

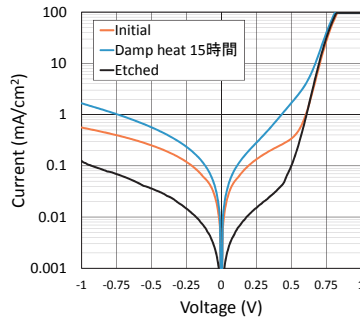
*温度85°C湿度85%15時間、一部のCIGSセルが効率劣化を起こす

Results and Discussion (Damp heat and Etching)



	$R_{sh,dark}$ Ωcm^2	$J_{0,dark}$ mA/cm ²	n_{dark}	η %	V_{oc} V	I_{sc} mA/cm ²	FF
Initial	5000	1.7×10^{-8}	1.36	18.53	0.730	33.84	0.750
90 days	1500	1.2×10^{-8}	1.33	17.61	0.726	32.38	0.749
Etched	1×10^4	6.5×10^{-9}	1.30	18.42	0.731	33.50	0.752

*Etchant: $[(\text{CH}_3)_4\text{N}]^+[\text{OH}]^-$ solution



	$R_{sh,dark}$ Ωcm^2	$J_{0,dark}$ mA/cm ²	n_{dark}	$J_{0,1sun}$ mA/cm ²	n_{1sun}	η %	V_{oc} V	I_{sc} mA/cm ²	FF
Initial	2030	7.3×10^{-8}	1.46	1.8×10^{-6}	1.70	18.85	0.737	33.56	0.762
温度85°C湿度85%	1100	3.6×10^{-8}	2.10	4.6×10^{-4}	2.51	14.93	0.719	33.50	0.620
Etched	1.9×10^4	8.1×10^{-8}	1.45	9.6×10^{-6}	1.87	18.61	0.729	33.89	0.753

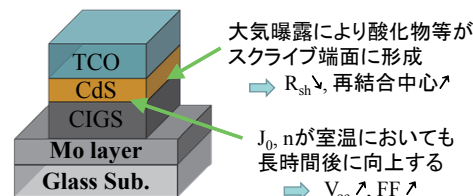
*Etchant: NH_3 solution, 温度85°C湿度85%15時間、一部のセルが劣化

XPS測定による定量分析

atomic%	Cu	In	Ga	Se	O	Cu/(In+Ga)	Ga/(In+Ga)
As depo.	10.8	16.3	15.2	39.0	18.8	0.34	0.48
NH_3 etching	11.6	19.5	12.9	46.2	9.8	0.36	0.40

*単色化Al (1486.6 eV), 検出領域: 100 μm , 検出深さ: 5 nm

アルカリ系溶液 \rightarrow Na, 金属酸化物を溶解⁶⁾



セル端面を不活化することで、寿命・効率が向上

Conclusion

Degradation of CIGS cells under an ATM

- 大気中にて端面に低抵抗層が形成され、並列抵抗が低下
- 高温多湿中にて低抵抗層形成が促進され、並列抵抗・効率が劣化

Re-scribing and Etching

- 再スクライブによって並列抵抗・効率は回復するが、面積は縮小
- アルカリ系溶液のエッチングにより、並列抵抗・効率が回復

Reference

- S. Niki, et al., Prog. Photovoltaics, 18 (2010) 453-466.
- Y. Kamikawa-Shimizu, et al., APEX 6 (2013) 112303.
- ZSW press release, 22 Sep. 2014.
- A. M. Gabor, et al., Appl. Phys. Lett. 65 (1994) 198-200.
- M. A. Gabor, et al., Prog. Photovoltaics, 7 (1999) 311-316.
- R. Hunger, et al., Proceeding of 3rd WCPEC, (2003) 566-569.