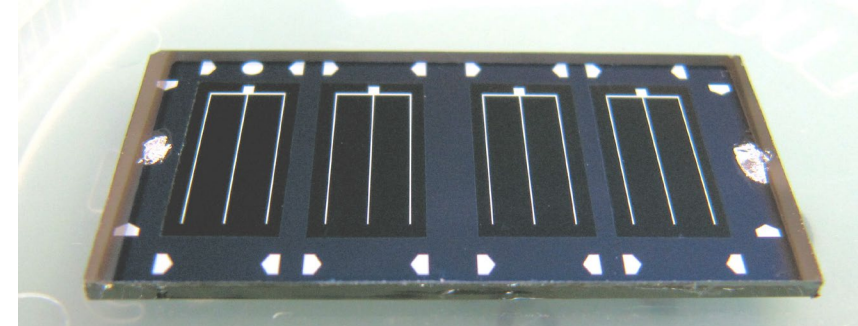


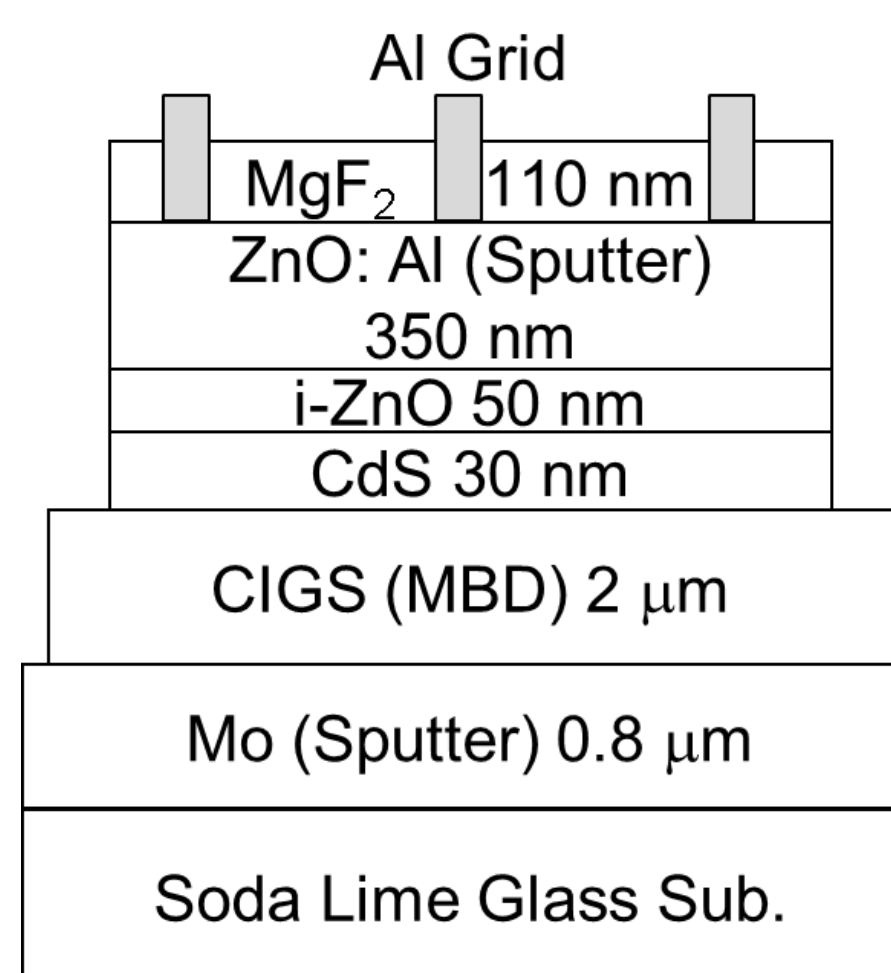
CIGS太陽電池のエッチング素子分離による高効率化

研究の目的

- Cu(In,Ga)Se₂太陽電池のさらなる高効率化技術の開発
- Photolithographic device isolationによる高効率化技術
 - ✓ NRELからFill Factor(FF): 81.2%が報告されている¹⁾
 - ✓ Mechanical Scribingによって、端面にリークパスが発生
- Ag添加高効率化技術²⁻⁴⁾と組み合わせて、高効率化を図る



実験



Mechanical Scribing: 0.52 cm²
Etching: 0.47 cm²

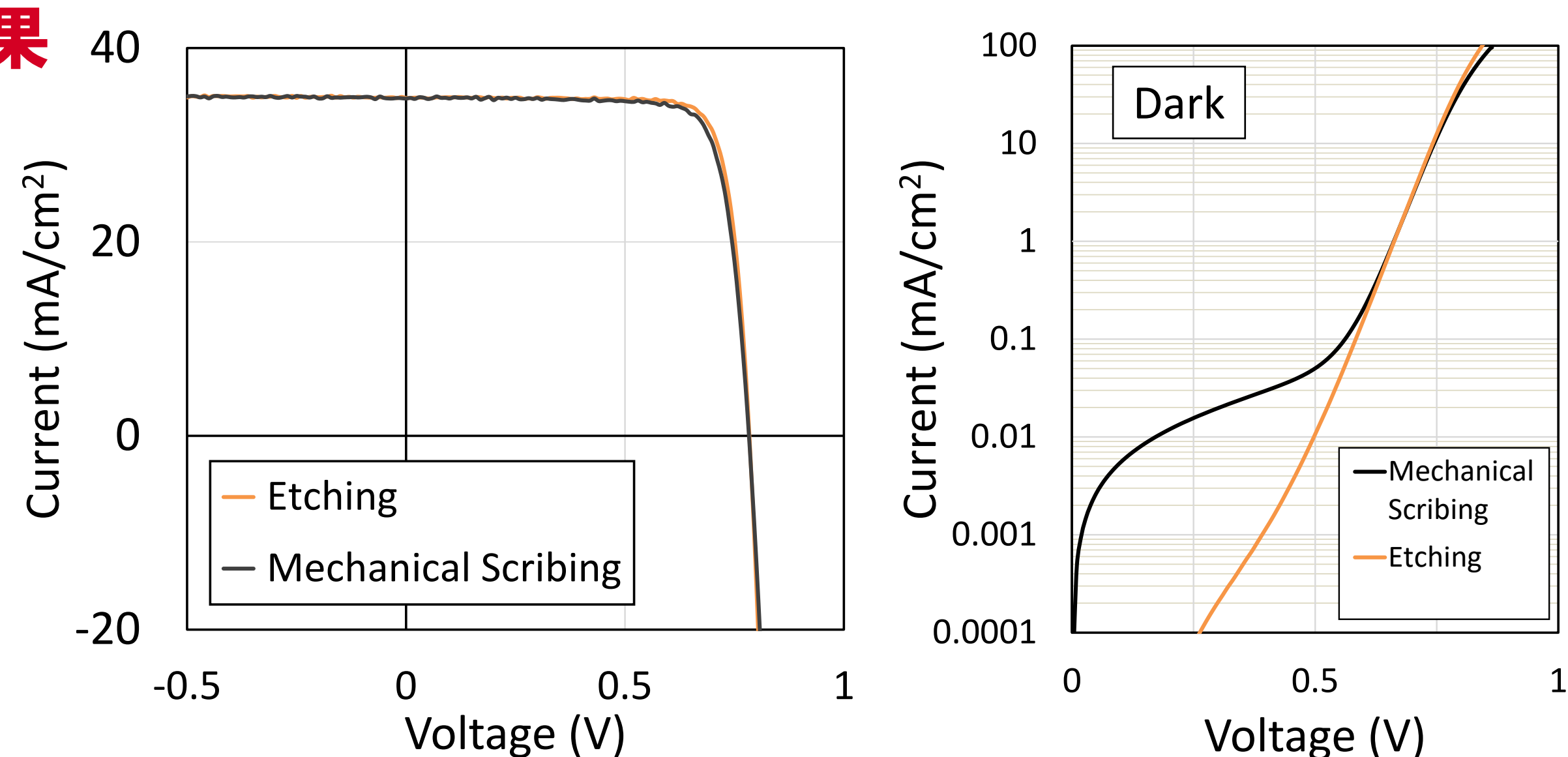
CIGS solar cells

- Three-stage processing (1st stage: 350°C 2nd, 3rd stage: 550°C)
- Ga/III flux: 0.4 (1st stage), 0.25 (3rd stage)
- Cu/III : 0.95, Ag: 1x 10¹⁹ cm⁻³ (2nd stage)
- KF, NaF-PDT (T_{sub.} = 350°C) (Na: <1 × 10¹⁹ cm⁻³, K: 2 × 10¹⁹ cm⁻³)
- 電子部品工程用熱剥離シール
- 酢酸(5wt%) (ZnO層のみ除去)

Measurements

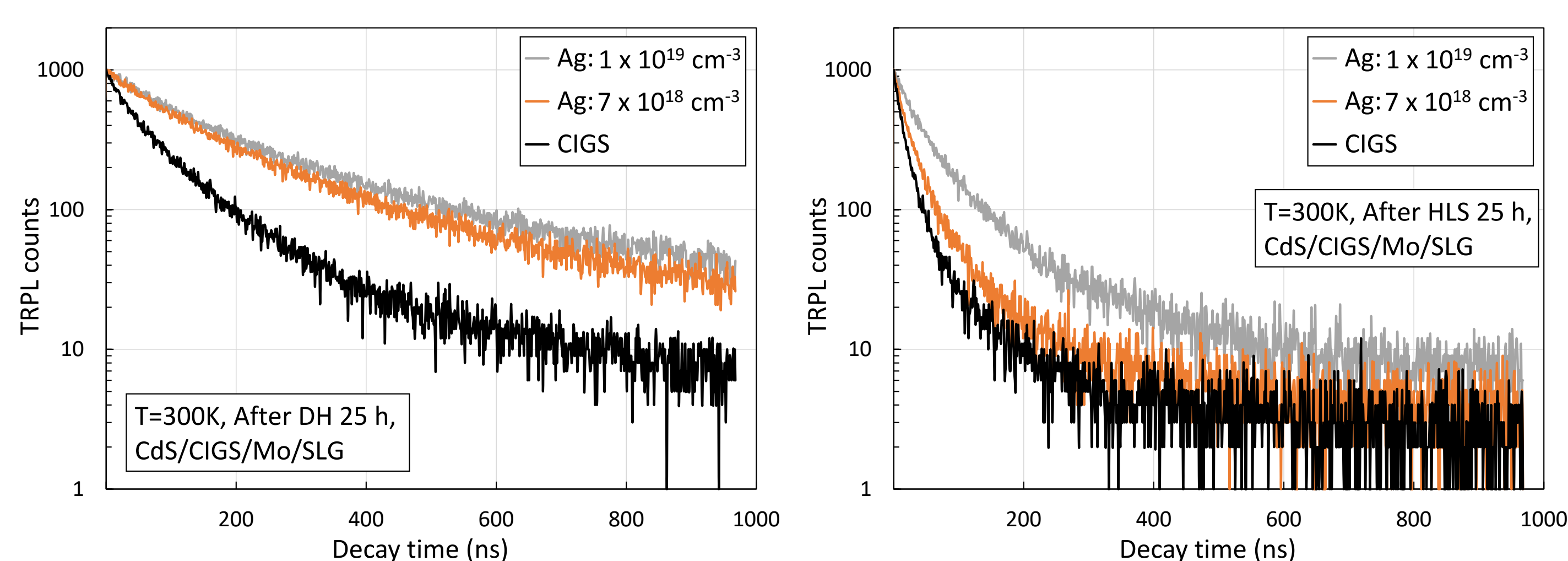
- I-V curves, C-V curves
- Time-resolved photoluminescence(TRPL)

結果



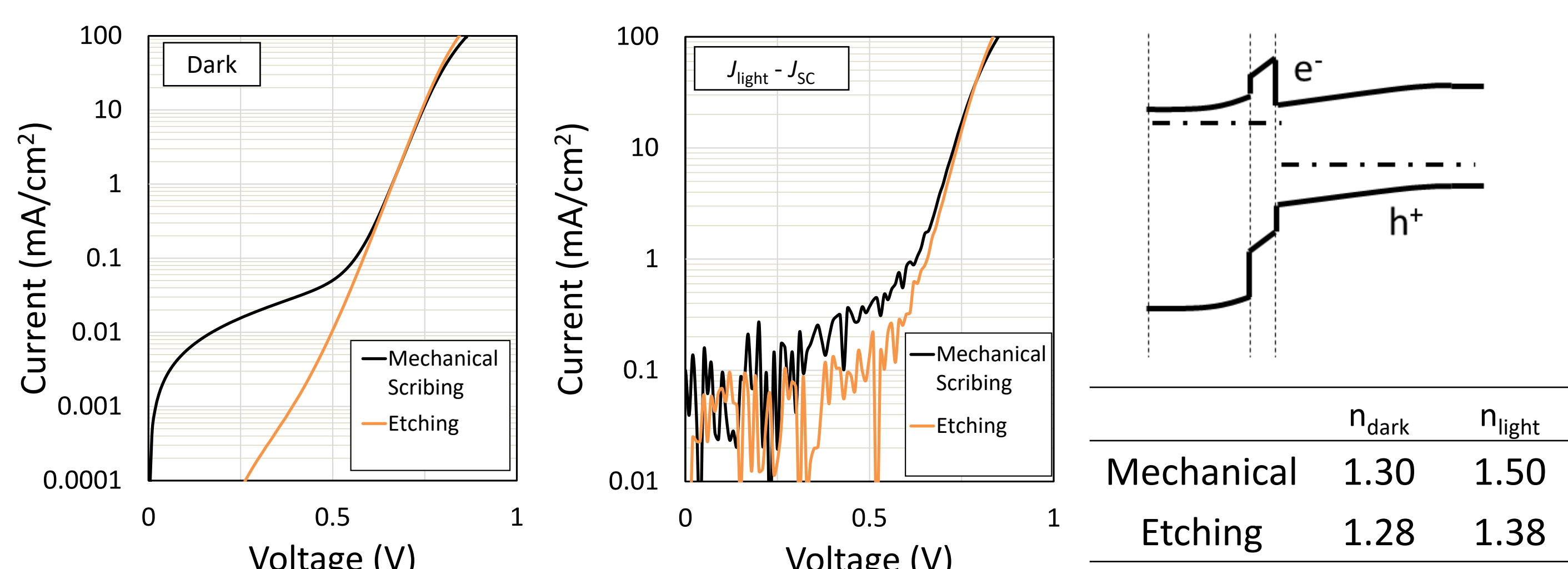
	Eff. (%)	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	R _{sh, dark} (Ωcm ²)	R _{ser, dark} (Ωcm ²)	N _{cv,0V} (cm ⁻³)	J _{0, dark} (mA/cm ²)	n _{dark}
Mechanical Scribing	22.0	0.783	34.9	0.803	2x10 ⁴	0.4	1 × 10 ¹⁷	2.5 × 10 ⁻⁹	1.30
Etching	22.4	0.784	34.8	0.820	1x10 ⁷	0.3	1 × 10 ¹⁷	2.2 × 10 ⁻⁹	1.28

TRPL (C12132, Excitation: 532 nm, Emission: 1080 nm)

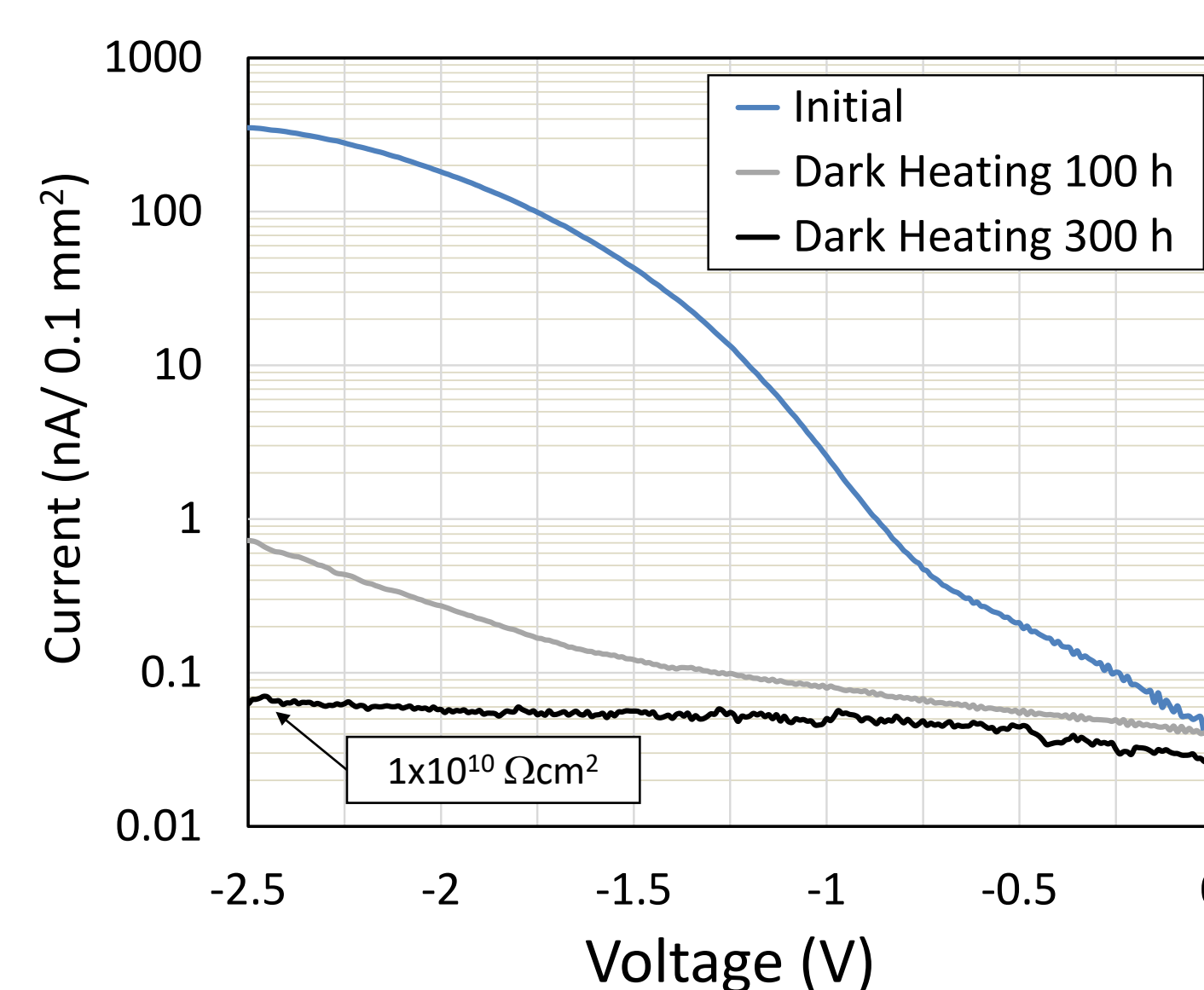


	N _{cv} < 1x10 ¹⁶ cm ⁻³	CIGS	Ag: 7x10 ¹⁸	Ag: 1x10 ¹⁹	N _{cv} > 1x10 ¹⁷ cm ⁻³	CIGS	Ag: 7x10 ¹⁸	Ag: 1x10 ¹⁹
τ ₁ (ns)	45	97	108	16	24	44		
τ ₂ (ns)	146	297	347	80	117	195		

考察



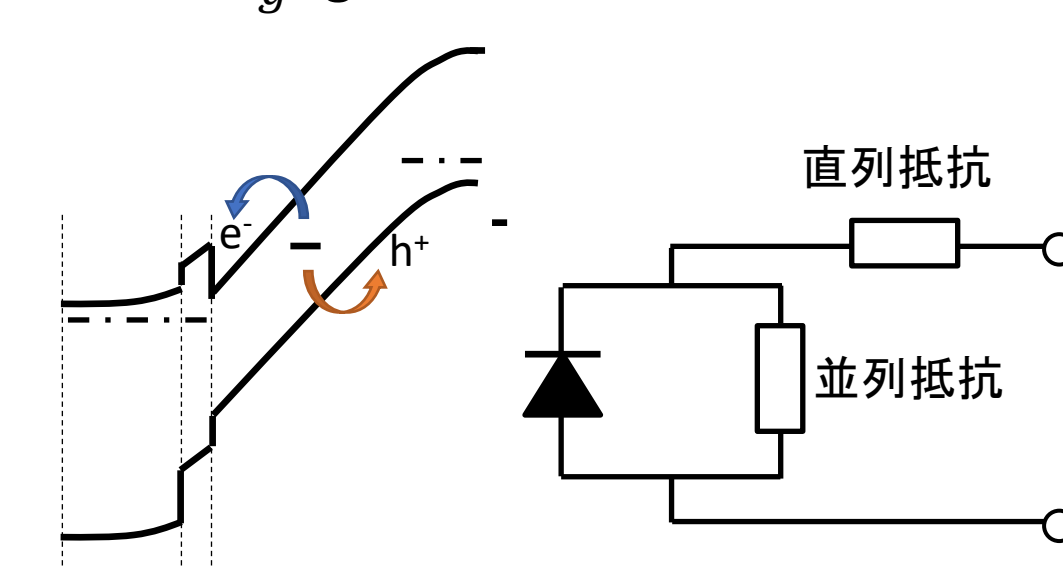
Etchingにより素子分離されたCIGS太陽電池は、ダイオード理想因子が優れる。特に光照射下において理想因子が優れ、FFが増大し、変換効率が高くなる。これらの結果はMechanical Scribingによって、太陽電池端面に再結合中心が発生していることを示唆している。



$$J_R = q \left[\frac{D_n n_i^2}{\tau_n N_A} + \frac{q n_i W_D}{\tau_g} \right]$$

Diffusion current Generation current

W_D: depletion-layer width
τ_g: generation lifetime



Etchingにより素子分離されたCIGS太陽電池は、並列抵抗が飛躍的に増大する。暗状態加熱と組み合わせることで、高感度光検出器の応用が期待できる。

結論

→ CIGS太陽電池のEtching isolation

- 並列抵抗を飛躍的に向上させる
- 端面に再結合中心を作らず、ダイオード理想因子が改善
- FFを改善させ、変換効率22.4%を達成
- 暗状態加熱を行うことで、並列抵抗をさらに改善させる

謝辞: 本研究は(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の支援により実施されました。関係各位に感謝致します。

参考文献

- [1] I. Repins, et al., Prog. Photovolt: Res. Appl. 16, 235 (2008).
- [2] H. Sugimoto, et al., PVSEC-29, China (2019).
- [3] M. Nakamura, et al., IEEE J. Photovolt. 9, 1863 (2019).
- [4] M. Edoff, et al., IEEE J. Photovolt. 7, 1789 (2017).