

CIS系太陽電池のアルカリ金属添加制御と軽量ミニモジュール高性能化

石塚尚吾¹、上川由紀子¹、西永慈郎¹、増田泰造²
¹産業技術総合研究所 省エネルギー研究部門、²トヨタ自動車

研究の目的

太陽光発電の設置場所制約の克服



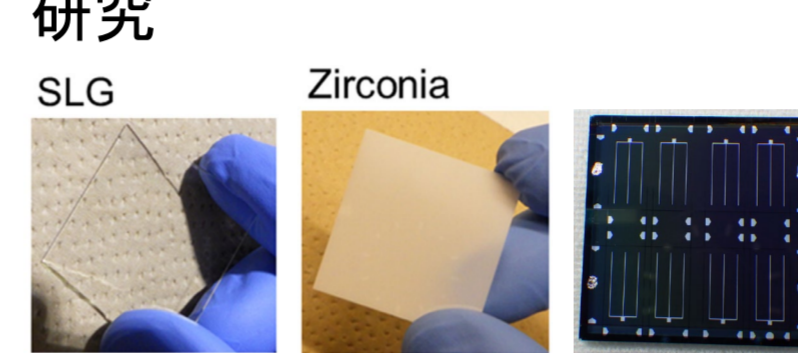
CIS系太陽電池におけるアルカリ金属添加効果

アルカリ金属添加によって光電変換効率が向上する効果は、CIS系光吸収層表面の銅欠乏層(CDL)の存在に左右されるが、これまでに、CDLは有る方が良い^[1]、無い方が良い^[2]、という相反する報告があり、検証が必要とされていた。

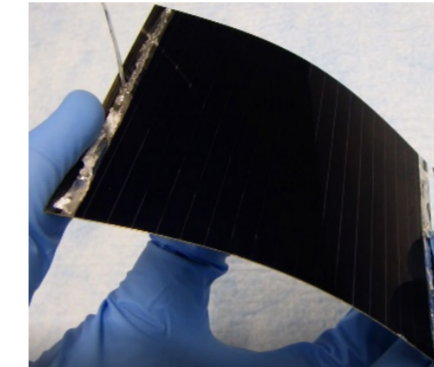
実験

アプローチ

1. 小面積セルや薄膜を用いた基礎研究

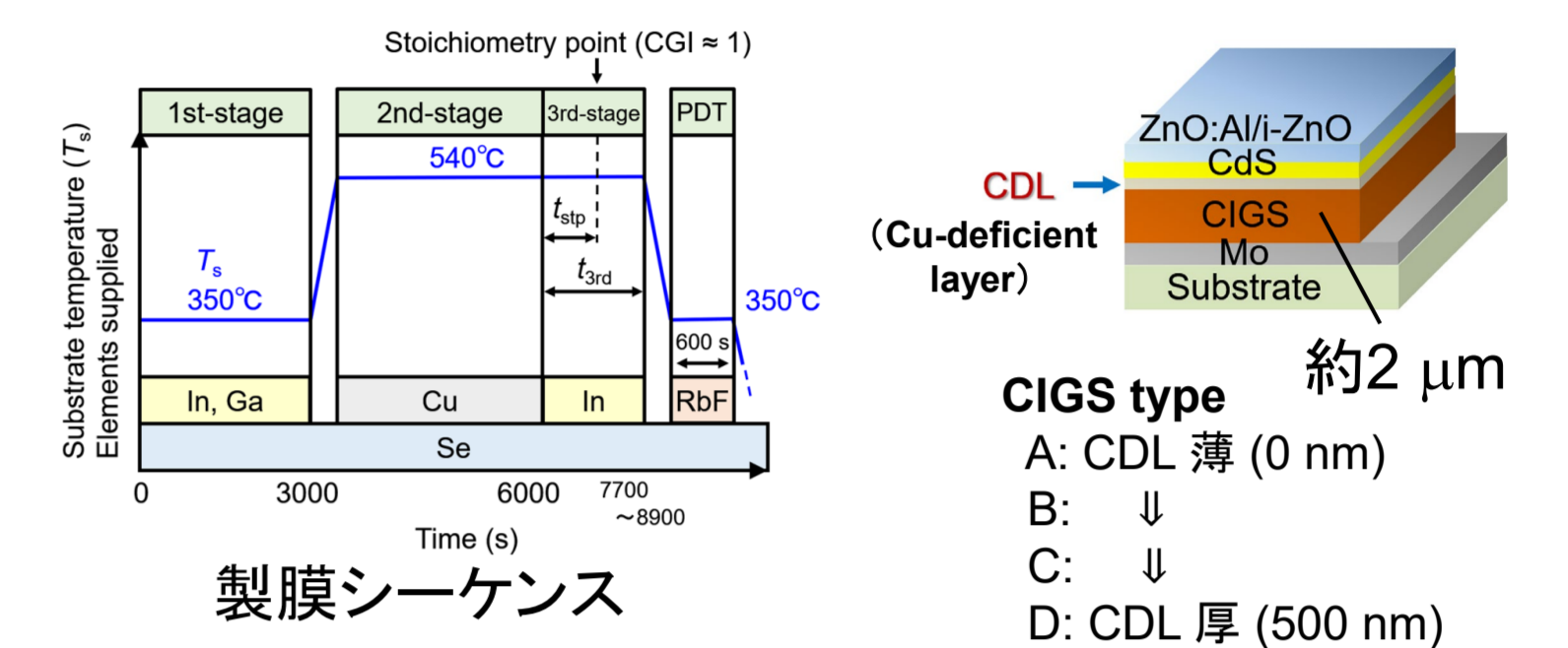


2. 軽量フレキシブルミニモジュールへの応用



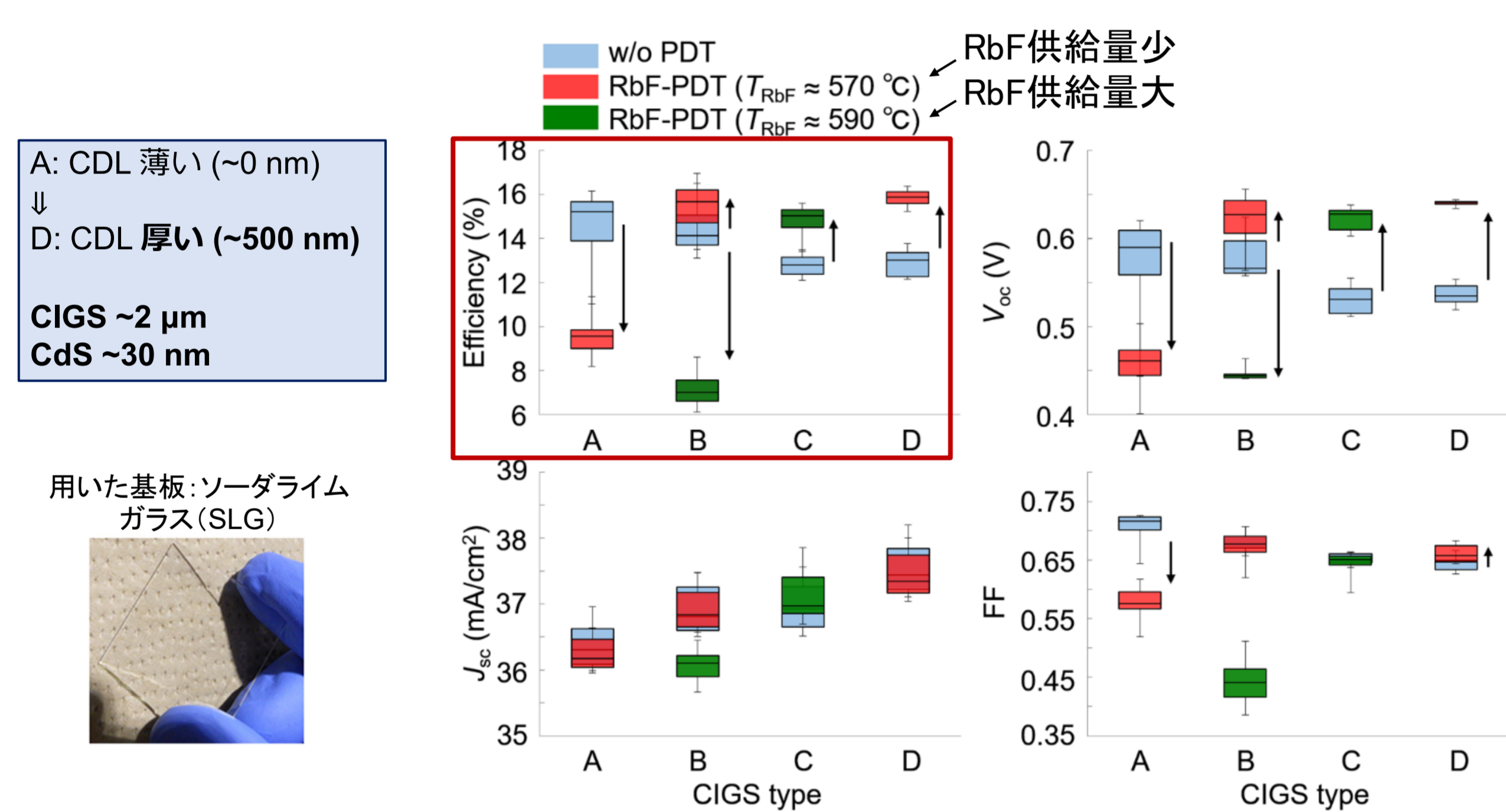
小面積セルや薄膜評価に用いたCIS系薄膜とデバイス構造

用いたCIS系薄膜: Cu(In,Ga)Se₂ (三段階蒸着法CIGS^[3])
 三段階目の製膜時間で表面銅欠乏層(CDL)厚を制御^[4]



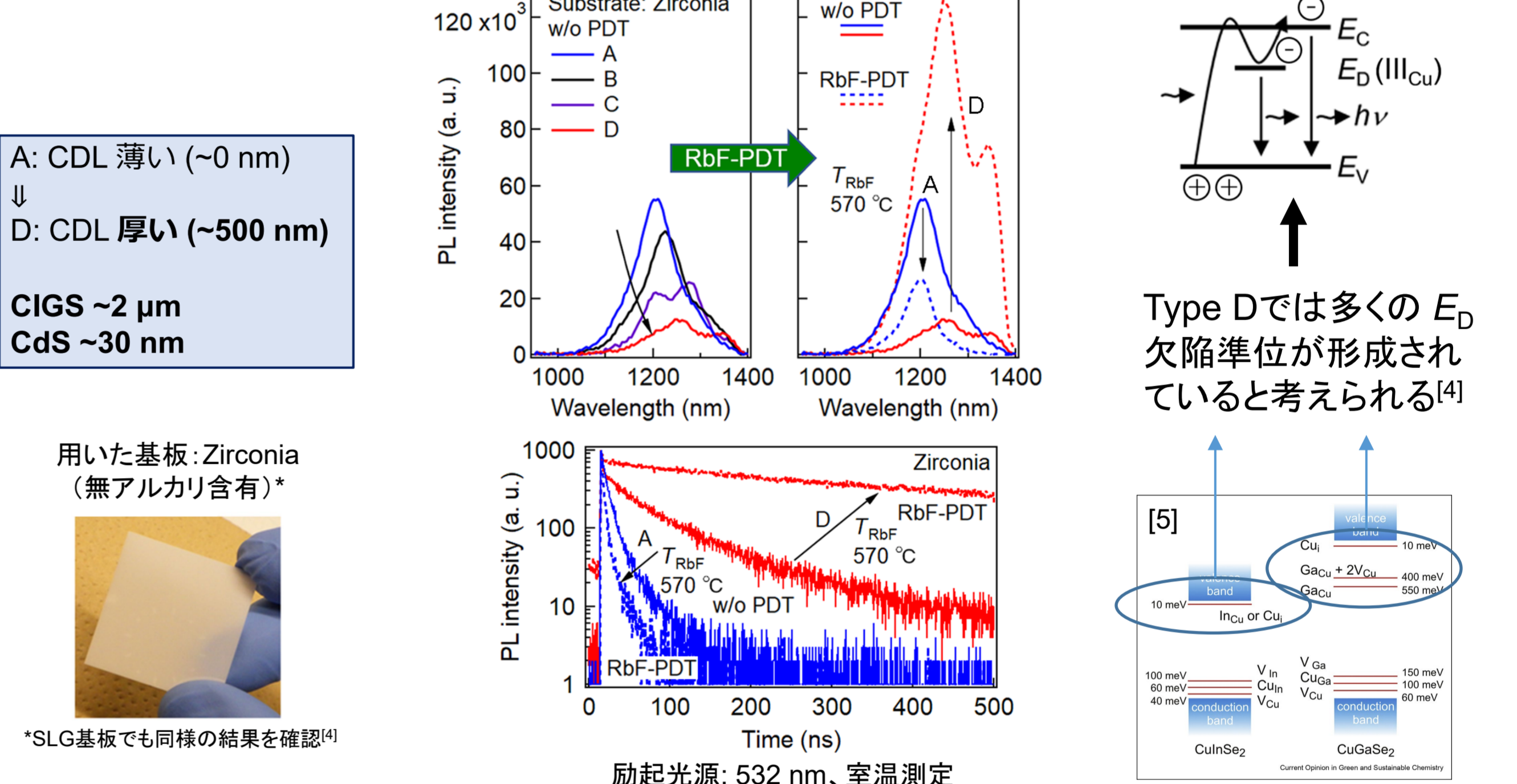
結果1. 小面積セルや薄膜を用いた基礎研究

太陽電池パラメータの変化



RbFポストデポジション(PDT)添加効果は、CIGS表面状態(CDL thickness)とRbF供給量に強く依存

PL & TRPL



- CDL厚増加でPL発光強度減少(RbF-PDT無しの場合)
- CDL厚増加でPL発光強度増加(RbF-PDT有りの場合)
- CDL厚増加で発光寿命増加? ⇒ 解釈には注意が必要

結果2. 軽量フレキシブルミニモジュールへの応用

CIGS薄膜表面改質 (本研究)



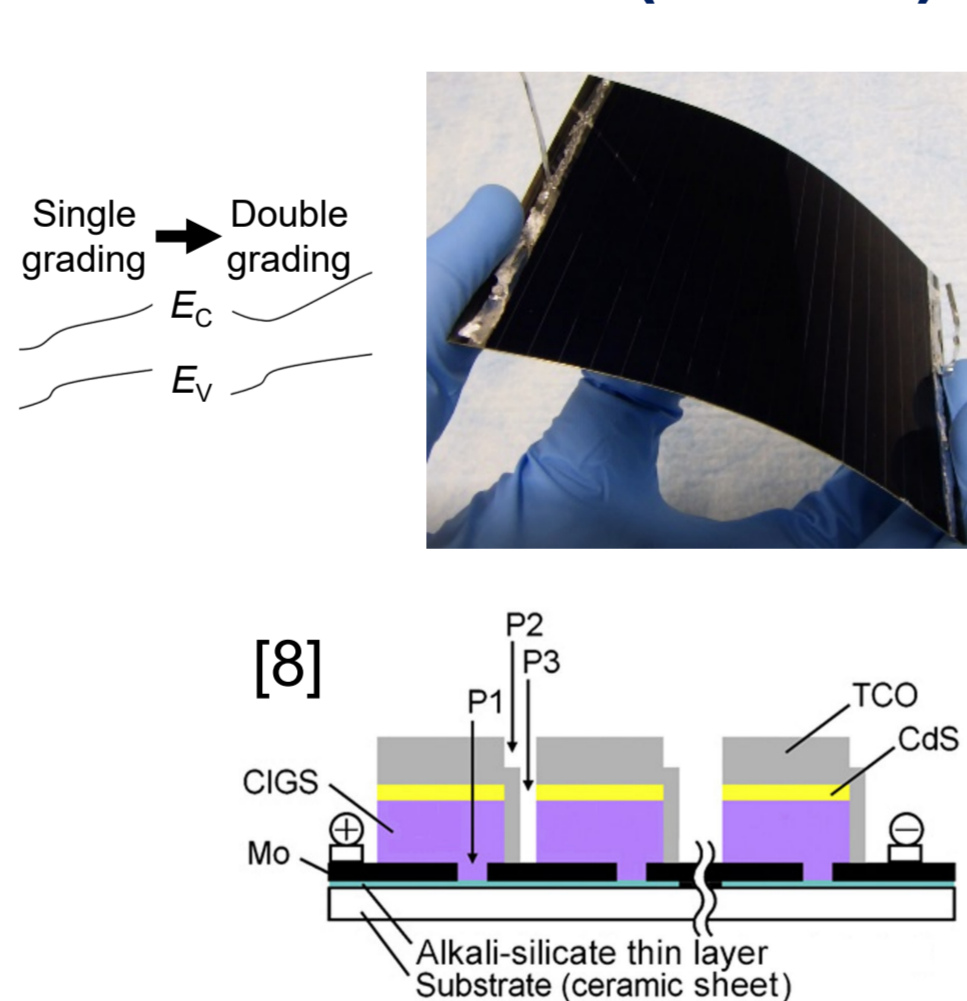
裏面側からのアルカリ添加制御 [6]
 Na, K
 CIGS, Mo
 基板

スパッタ形成アルカリ含有プリカーサ層 (ASTL) によるNa & K 拡散制御

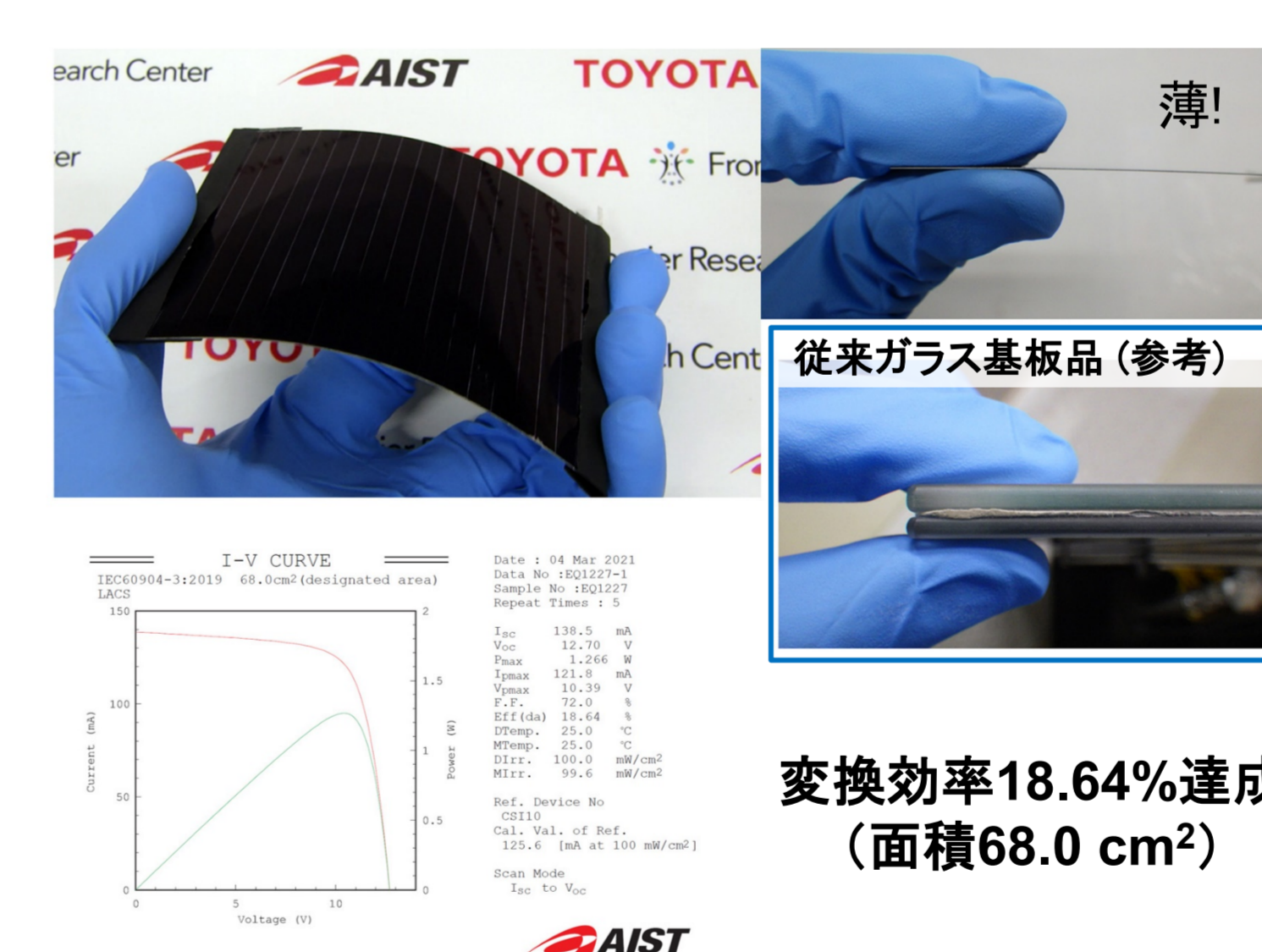
熱光照射効果 [7]
 Lamp, Sample, Hotplate

準安定アクセプタの活性化

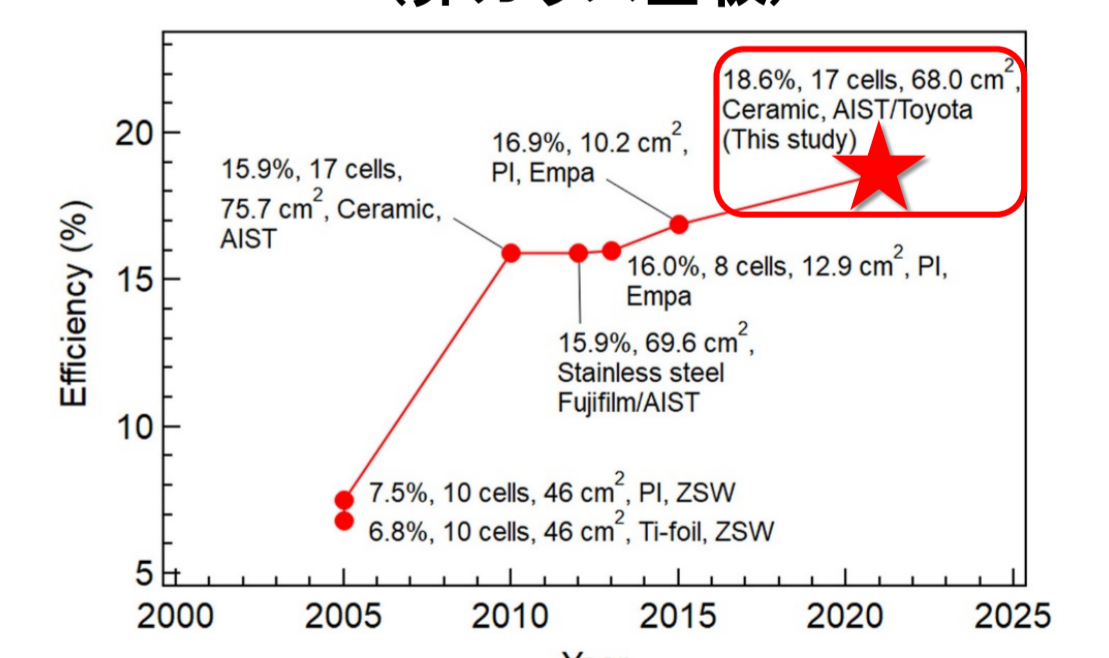
集積型軽量フレキシブルミニモジュールの作製 (本研究)



17セル集積構造の軽量フレキシブルCIS系太陽電池ミニモジュール



CIS系集積構造ミニモジュールの光電変換効率推移 (非ガラス基板)



New record!

まとめ

- Cu欠乏層(CDL)には、アルカリ金属ハライドPDTによる性能向上を促進させる効果がある(効果はCDL厚やCIS系薄膜の組成比、アルカリ添加量などにも依存)
 - CIGS光吸収層表面改質
 - + 裏面からのアルカリ添加制御
 - + 熱光照射効果
- ⇒ 変換効率18.64%の集積型軽量フレキシブルCIGSミニモジュールの作製に成功

謝辞

本研究は、三菱財団自然科学研究助成(No.20190001)、JSPS 科研費(19K05282)、および一部NEDOの支援によって実施されました。また、太陽電池デバイスの作製と評価において、樋口博文氏、飯岡正行氏、高橋秀樹氏のご協力に感謝します。

参考文献

- [1] T. Lepetit *et al.*, Prog. Photovolt. **25**, 1068 (2017).
- [2] T. Kodalle *et al.*, IEEE J. Photovolt. **9**, 1839 (2019).
- [3] A. M. Gabor *et al.*, Appl. Phys. Lett. **65**, 198 (1994).
- [4] S. Ishizuka *et al.*, Phys. Rev. Appl. **15**, 054005 (2021).
- [5] S. Siebentritt, Curr. Opin. Green Sustain. Chem. **4**, 1 (2017).
- [6] S. Ishizuka *et al.*, J. Renew. Sustain. Energy **1**, 013102 (2009).
- [7] J. Nishinaga *et al.*, Appl. Phys. Express **10**, 092301 (2017).
- [8] S. Ishizuka *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells. **94**, 2052 (2010).