

# RbF処理をした高効率CIGS太陽電池の界面構造

<sup>1</sup>石塚尚吾・<sup>2</sup>田口昇・<sup>2</sup>田中真悟

<sup>1</sup>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  
<sup>2</sup>産業技術総合研究所 電池技術研究部門 ナノ材料科学研究グループ

## 研究の目的

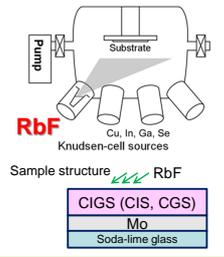
### Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> (CIGS) 太陽電池のアルカリ金属添加による性能向上メカニズムの解明

CIGS太陽電池はアルカリ金属の添加によって光電変換効率が向上することが知られている。しかし、そのメカニズムは効果発見<sup>[1]</sup>以来、未解明のままである。近年、アルカリハライド(KF、RbF、CsFなど)をCIGS薄膜表面に照射する『ポストデポジショントリートメント (PDT)』が、一般的なアルカリ添加手法になっている。PDT法による効率向上メカニズムを探ることで、更なる高性能化に向けたデバイスの設計指針策定と新たな知見獲得を目的とする。

## 実験

### CIGS薄膜は三段階蒸着法、RbF-PDTは350°C-10 min

CIGS薄膜はMo電極層をコーティングしたソーダライムガラス基板に三段階蒸着法<sup>[2]</sup>で製膜した(基板温度: 350°C@第1段階、550°C@第2、第3段階)。RbF-PDTは、CIGS製膜後に基板温度を350°Cに設定し10 min行った。RbF原料の温度は580~640°Cであり、この条件で添加されたRbのCIGS膜中の濃度はおよそ0.1 at. %程度<sup>[3]</sup>である。



## 結果および考察1

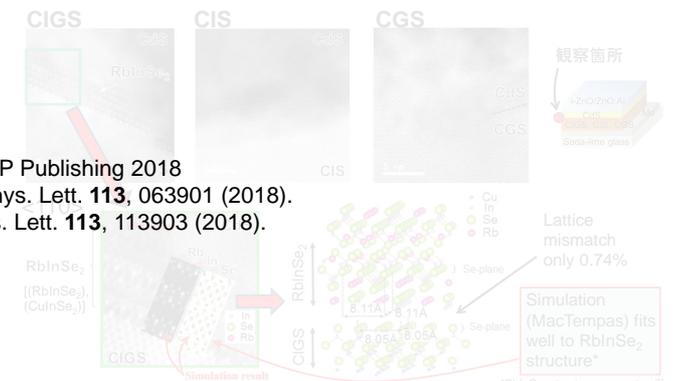
### 照射されたアルカリハライド(RbF)粒子は凹凸のある場所に付着しやすい

本研究で製膜したCuInSe<sub>2</sub> (CIS) 薄膜表面の(112)面は滑らかで粒子が付着しにくく、それ以外の粗い面や粒界に多くの粒子付着が見られた<sup>[4]</sup>



### RbInSe<sub>2</sub>層形成の直接観察に初めて成功

RbF-PDT処理をしたCIGSまたはCIS太陽電池のp-n接合界面付近において特異な周期構造が観察された<sup>[3,5]</sup>。この構造はRbInSe<sub>2</sub>構造とよく一致することがわかった。一方、Inを含有しないCuGaSe<sub>2</sub> (CGS)ではRbF-PDTによってこのような構造形成は確認されなかった<sup>[5]</sup>

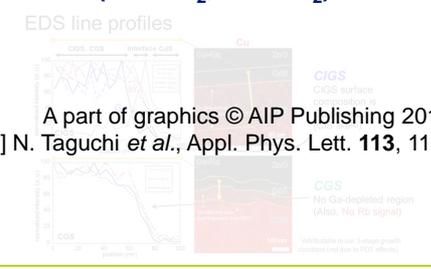


## 結果および考察2

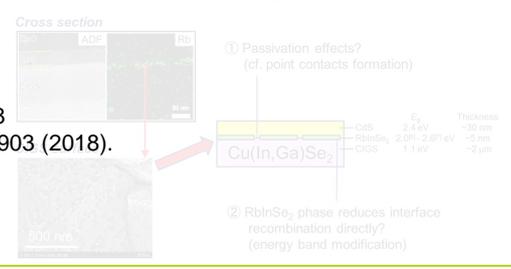
### InのないCGS太陽電池ではRbF-PDT処理で性能向上効果が見られない



### p-n接合界面近傍の構造は『CIGS/(CuInSe<sub>2</sub>, RbInSe<sub>2</sub>)/CdS』



### RbF-PDTによる界面再結合抑制メカニズムとして下記のモデルが考えられる



## 結論

- ✓RbF-PDTによる太陽電池性能向上には、In元素の存在が重要
- ✓RbF-PDTによるCIGS薄膜表面改質効果として、初めてRbInSe<sub>2</sub>構造の直接観察に成功
- ✓RbF-PDTによる界面再結合低減のメカニズムとして、
  - ①パッシベーション(ポイントコンタクト形成)効果
  - ②RbInSe<sub>2</sub>の存在が直接界面エネルギーバンド構造を変化させる効果、などが考えられる

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費(16K04969)、産総研エネルギー・環境領域イノベーション予算(FY2015、FY2017)、およびRCPVステップアップ予算(FY2016)によって実施された。太陽電池デバイスの作製および評価において、樋口博文氏、飯岡正行氏、および高橋秀樹氏のご協力に感謝します。

## 参考文献

- [1] J. Hedström *et al.*, Proc. 23rd IEEE PVSC, 364 (1993).
- [2] A. M. Gabor, J. R. Tuttle, D. S. Albin *et al.*, Appl. Phys. Lett. **65**, 198 (1994).
- [3] S. Ishizuka, N. Taguchi, J. Nishinaga *et al.*, J. Phys. Chem. C **122**, 3809 (2018).
- [4] S. Ishizuka, H. Shibata, J. Nishinaga *et al.*, Appl. Phys. Lett. **113**, 063901 (2018).
- [5] N. Taguchi, S. Tanaka, S. Ishizuka, Appl. Phys. Lett. **113**, 113903 (2018).
- [6] F. Q. Huang, B. Deng, D. E. Ellis *et al.*, J. Sol. State Chem. **178**, 2128 (2005).
- [7] M. Malitckaya, H.-P. Komsa, V. Havu *et al.*, J. Phys. Chem. C **121**, 15516 (2017).