

CZTSe太陽電池のアルカリ添加効果

反保衆志*1、金信浩*1、柴田肇*1、仁木栄*2
 産業技術総合研究所 *1太陽光発電研究センター *2エネルギー・環境領域

研究の背景および研究の目的

今後の太陽電池の加速的導入およびその期待

the Terawatt Workshop

2016年3月、2018年4月に開催
 日米独自の国立研究機関から
 PVの今後についての声明発表

2016年0.3 TW累積導入*2
 2030年3 TW累積導入予測*1
 2040年20 TW累積導入期待*1

*1 Statement of "the Terawatt Workshop"
 *2 ITRPV 2017

日(AIST)、米(NREL)、独(Fraunhofer ISE)

将来的に

数TW/年以上の生産が必要*1,3

*3 Science 356 (6334), 141-143, 2017 by the Terawatt Workshop

TWスケールPV時代に対応できる材料が必要

In資源量(最大15 GW/年)*4
 Ga資源量(最大25 GW/年)*4
 Te資源量(最大5 GW/年)*4

*4 USGS Circular 1365 (2010)

希少金属のIn, Ga (III族)

Zn (II族), Sn (IV族)で置換

Cu(In,Ga)Se → Cu₂ZnSn(S,Se)₄

CZTSe太陽電池の特徴

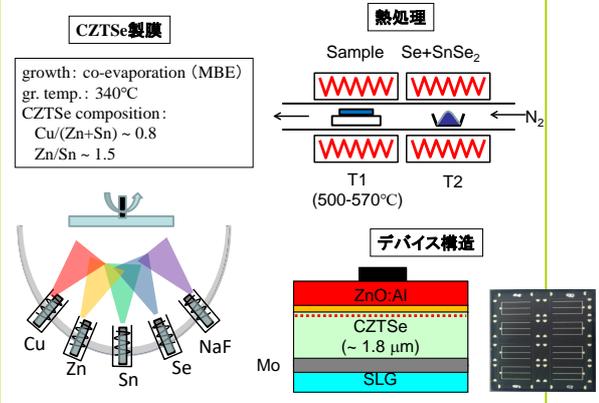
- 希少金属フリー
- CIGSの基本技術を利用可能
- 結晶シリコンをベースとしたタンデム型太陽電池に適用可能

- CZTSe太陽電池(最高値): **12.6%**
 産総研ではGe混晶により**12.3%**達成*6
- *6 S. Kim *et al.*, Appl. Phys. Express **9** (2016) 102301.
- CZTSe太陽電池(最高値): **11.6%**
 JST-CRESTプロジェクトにより**11.7%**達成*6
- *6 H. Tampono *et al.*, to be submitted.

CIGS太陽電池の変換効率22.6%と比較して
 10ポイント変換効率が低い

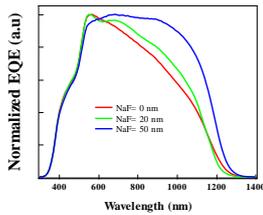
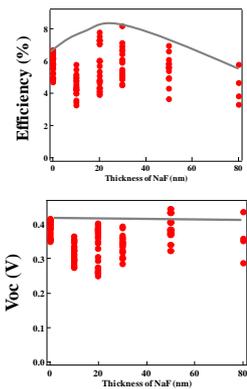
低い変換効率の原因の特定とその対応が必要
 ⇒大きな開放電圧損失の解明と対応策必要
 ⇒ **各種アルカリ金属の添加効果**

実験

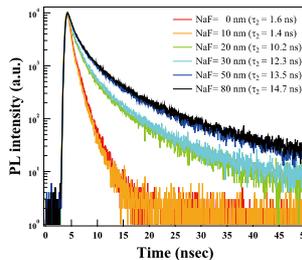


結果および考察 (NaF添加効果)

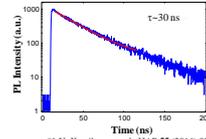
NaF添加とPV特性



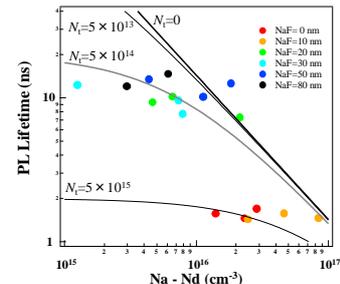
NaF添加による効率の向上は、主として J_{SC} とFFの向上による
 V_{OC} は向上しない



CIGSセルのPL減衰曲線*1



*1 Y. Kamikawa *et al.*, JAP 55 (2016) 022304.

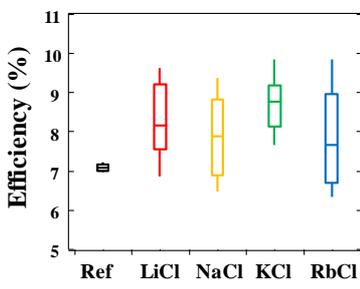


Na添加により発光寿命は、単調に増大し、欠陥の減少が予測される
 V_{OC} が向上しない理由は？
 ⇒表面再結合が律速

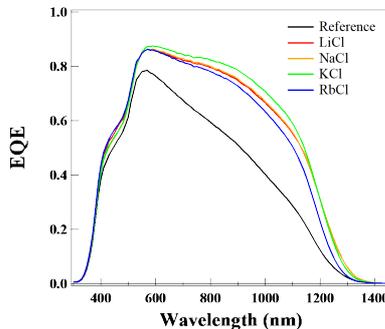
H. Tampono *et al.*, JAP **122**, (2017) 023106.

結果及び考察 (表面処理効果)

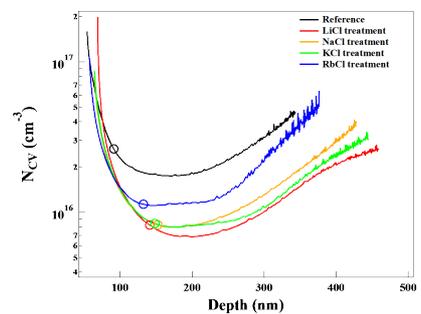
各種アルカリ処理による高効率化



EQEスペクトルの比較

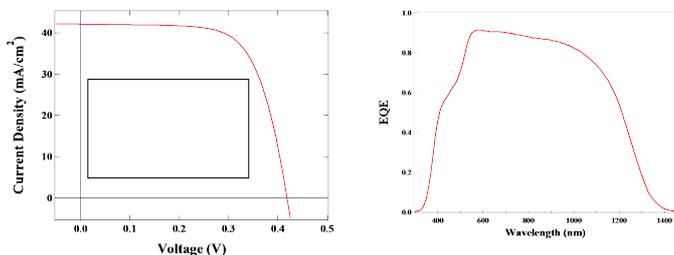


C-Vプロファイル比較



H. Tampono *et al.*, to be submitted.

ベストセル



従来報告のCZTSe太陽電池では最も高い変換効率達成！！

結論

- Na添加によるCZTSe薄膜のバルク品質の向上(欠陥の1桁減少)により太陽電池特性が向上した。(主として J_{SC} 、FFが向上)
- 各種アルカリ金属添加はNa添加と同様にキャリア濃度減少の効果があった。またそれ起因した収集長の増大を確認した。
- さらなる最適化により、従来報告例で最も高い変換効率**12.0%**のCZTSe太陽電池作製に成功した。