

CdS/Cu₂Zn(Sn, Ge)Se₄ヘテロ 界面における電子構造解析

¹ 太陽光発電研究センター 化合物薄膜チーム

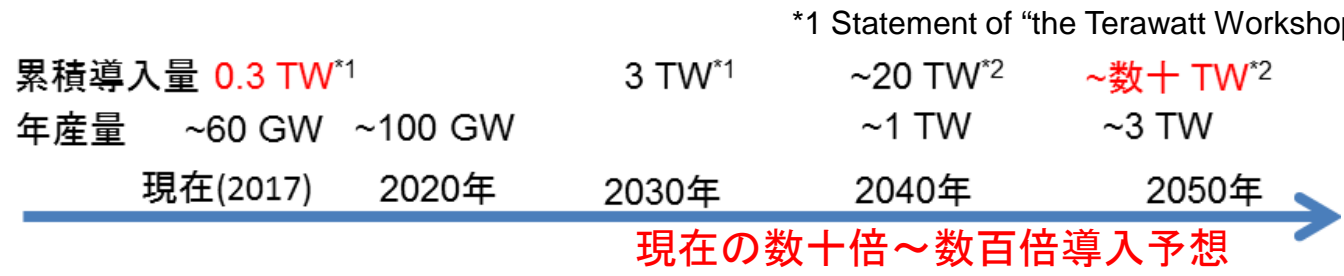
² 太陽光発電研究センター

³ エネルギー・環境領域

⁴ (国)鹿児島大学 大学院理工学研究科

永井 武彦¹, 反保 衆志¹, Kim Shinho¹,

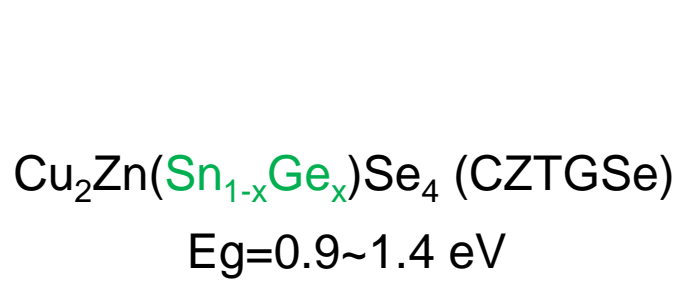
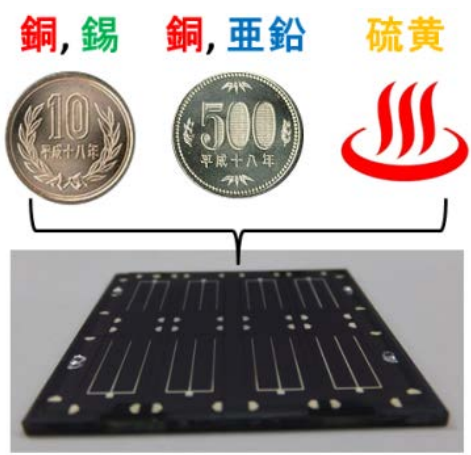
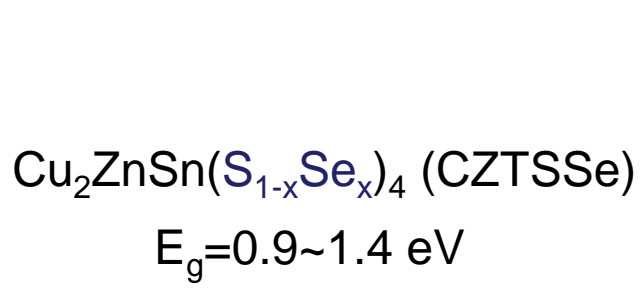
柴田 肇¹, 松原 浩司², 仁木 栄³, 寺田 教男⁴



太陽光発電の導入がますます加速。3 TW@2030、20 TW@2040を予測。
 "Terawatt-scale photovoltaics: Trajectories and challenges" Science 356,141 (2017).

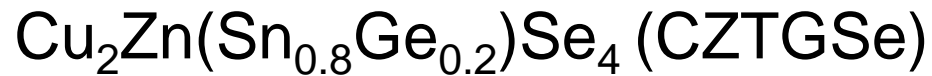
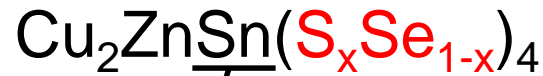
	資源量	環境負荷	低コスト化
c-Si	◎	○	△
CIGS	× In, Ga (15 GW/年)	△ In	△
CdTe	× Te (5 GW/年)	× Cd, Te	○
ケステライト系薄膜	○	○	○

日本発、日本が主導した新しい
 太陽電池開発
 (ケステライト系薄膜太陽電池)



S濃度の増大と共に...

Introduction



← Co-evaporation

問題点:

- ・変換効率が未だ低い(12.6 % [1])
- ・ V_{oc} deficitが大きい(0.617 V)

- ・変換効率12.3%を達成[2]
- ・ V_{oc} deficitを改善(0.583 V)

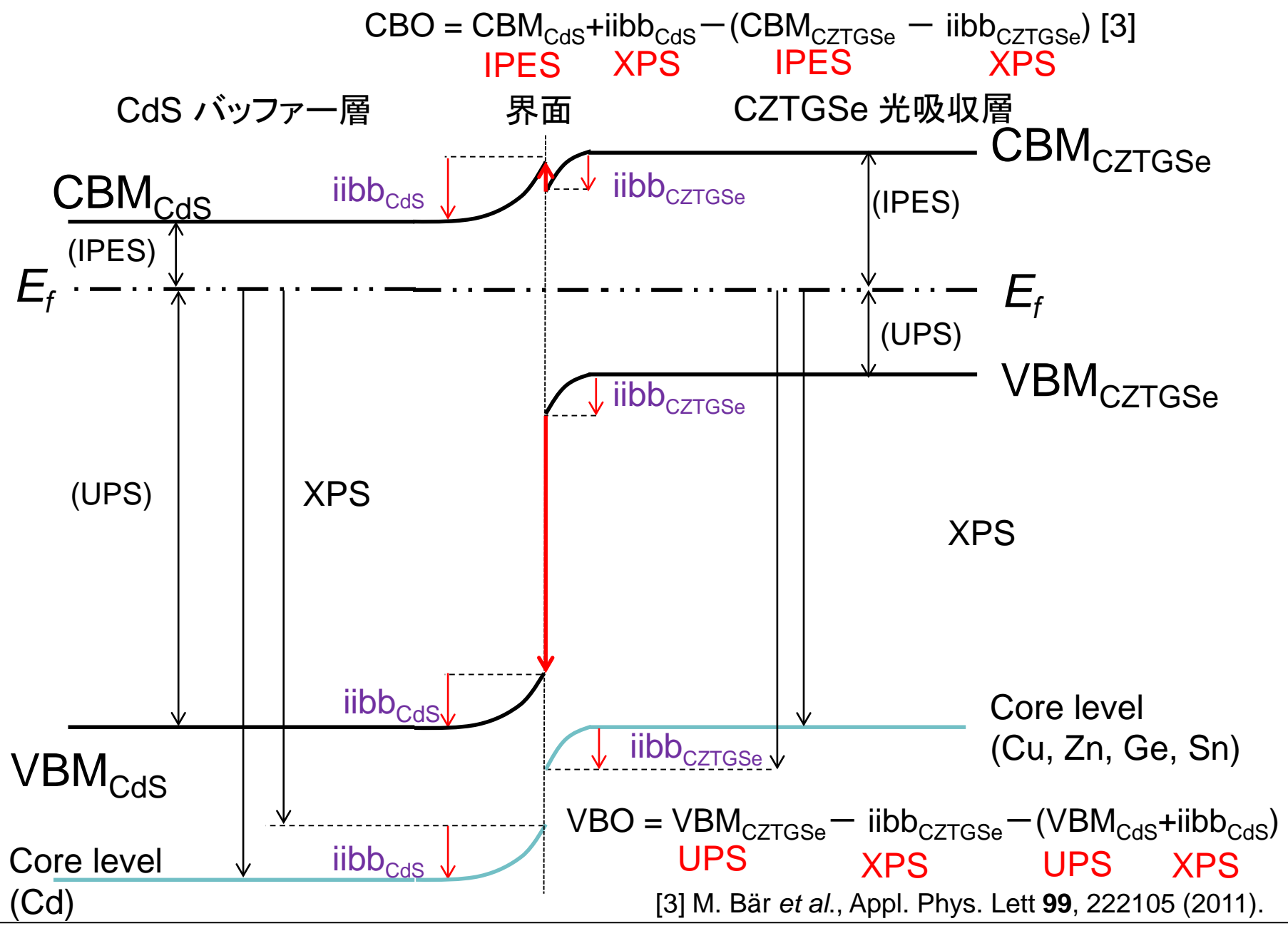
CZTGSeの表面電子状態

CdS/CZTGSeへテロ界面の電子状態は未知

- ・ X-ray Photoemission Spectroscopy (XPS)
- ・ Ultra-violet Photoemission Spectroscopy (UPS)
- ・ Inversed Photoemission Spectroscopy (IPES)

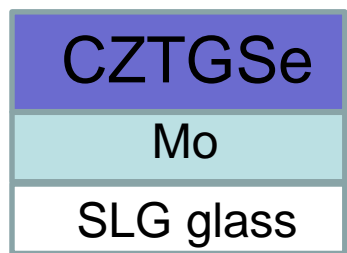
CdS/CZTGSeへテロ界面の電子的接合状態を解明

[1] W. Wang *et al.*, Adv. Energy Mater. **4**, 1301465 (2014). [2] S. Kim *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 102301 (2016).

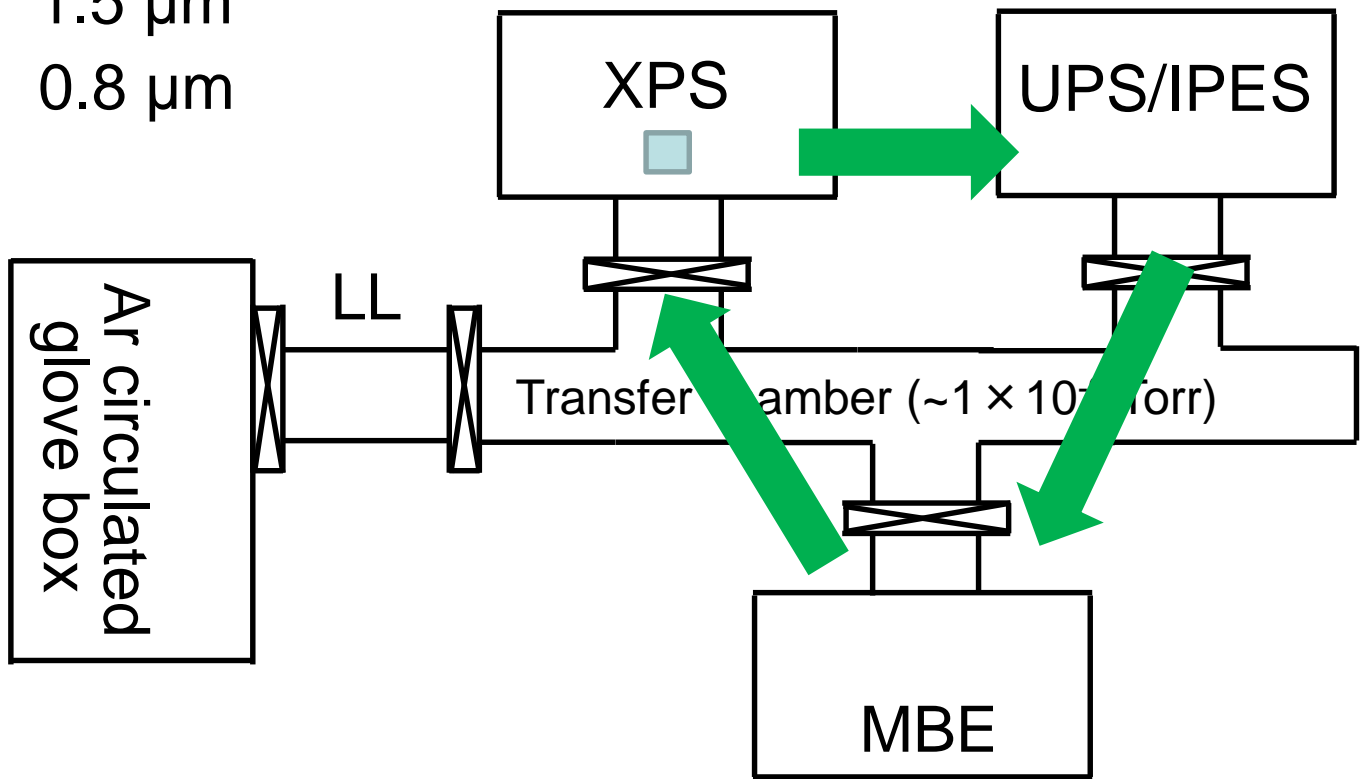


Experimental setup

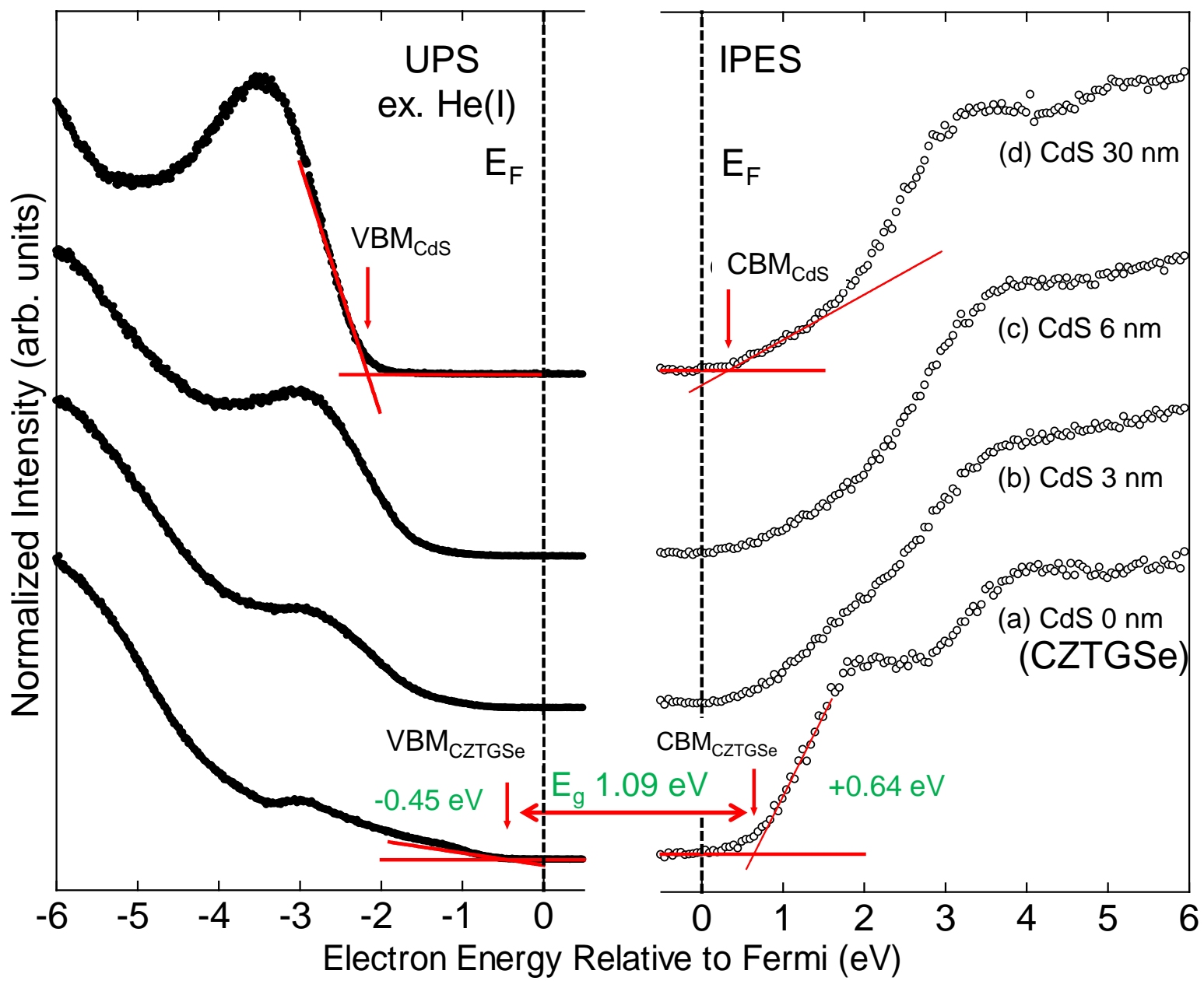
Co-evaporation technique



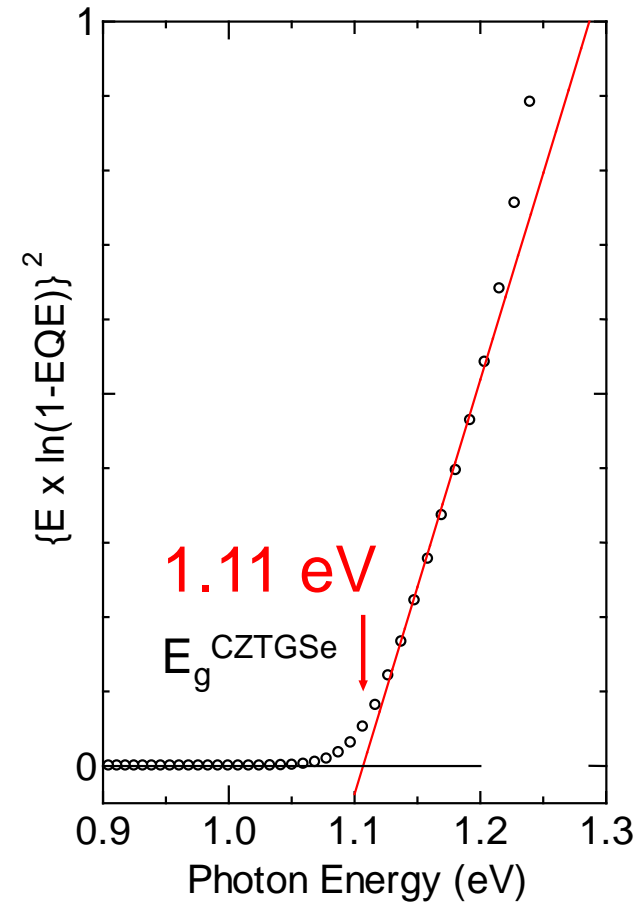
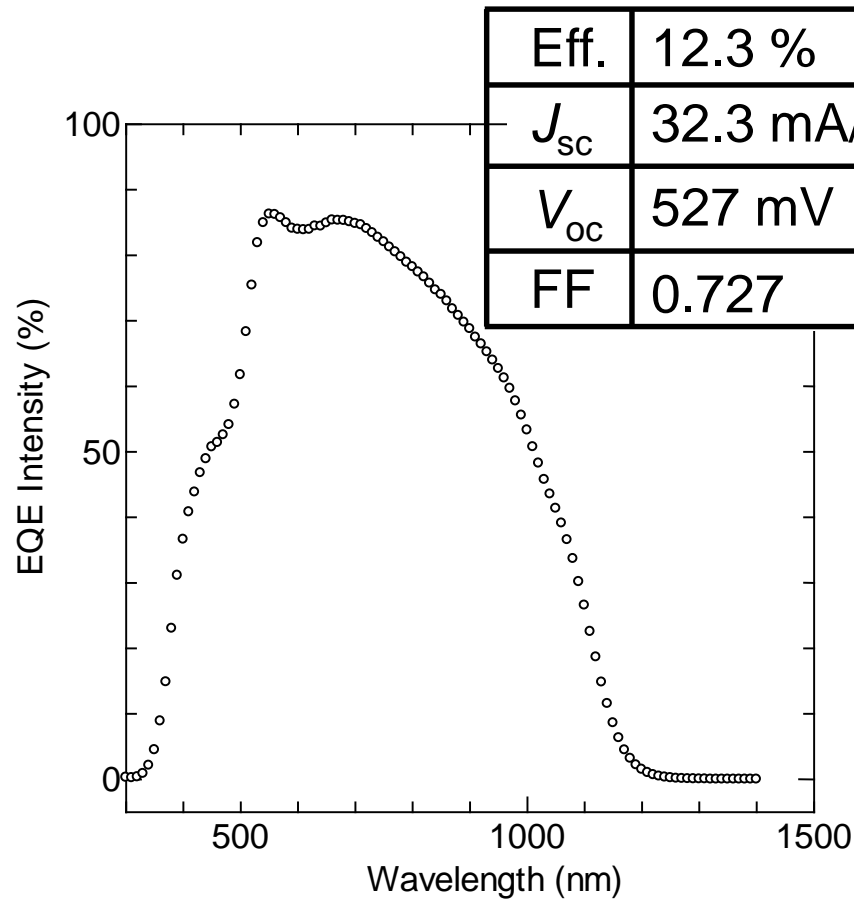
1.5 μm
0.8 μm



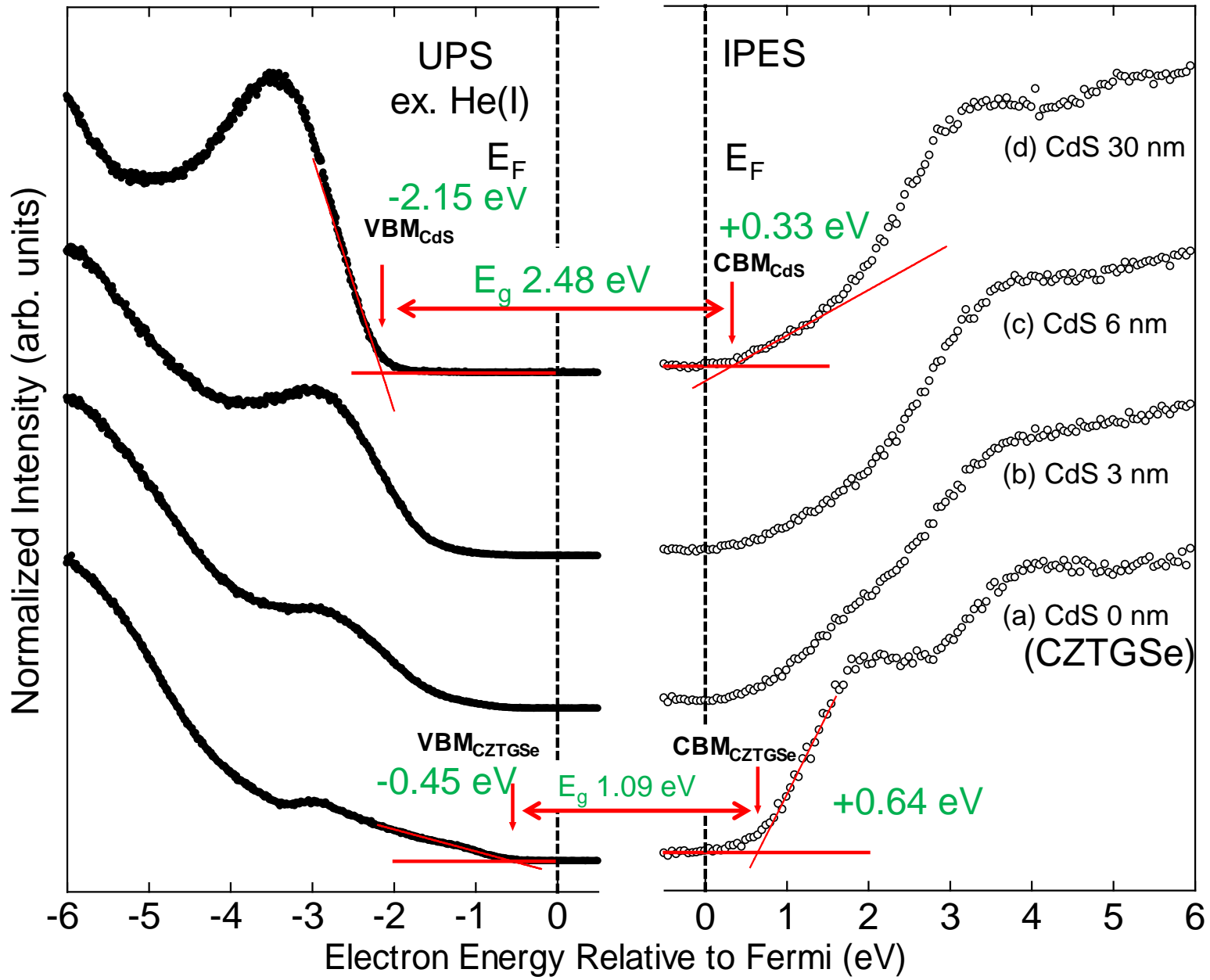
without air exposure



UPS and IPESから求めた $E_g^{\text{CZTGS}_e}$ ($1.09 \text{ eV} : |\text{VBM}_{\text{CZTGS}_e}| + |\text{CBM}_{\text{CZTGS}_e}|$)



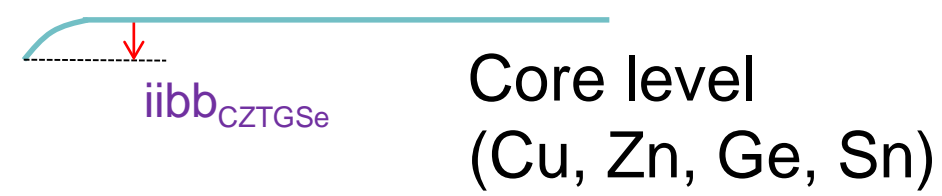
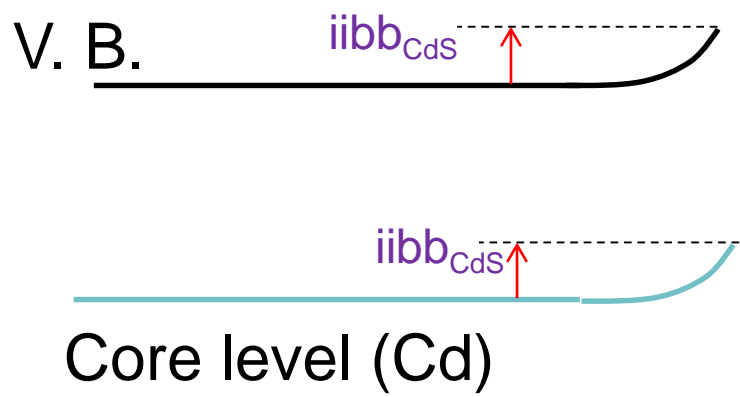
[2] S. Kim *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 102301 (2016).



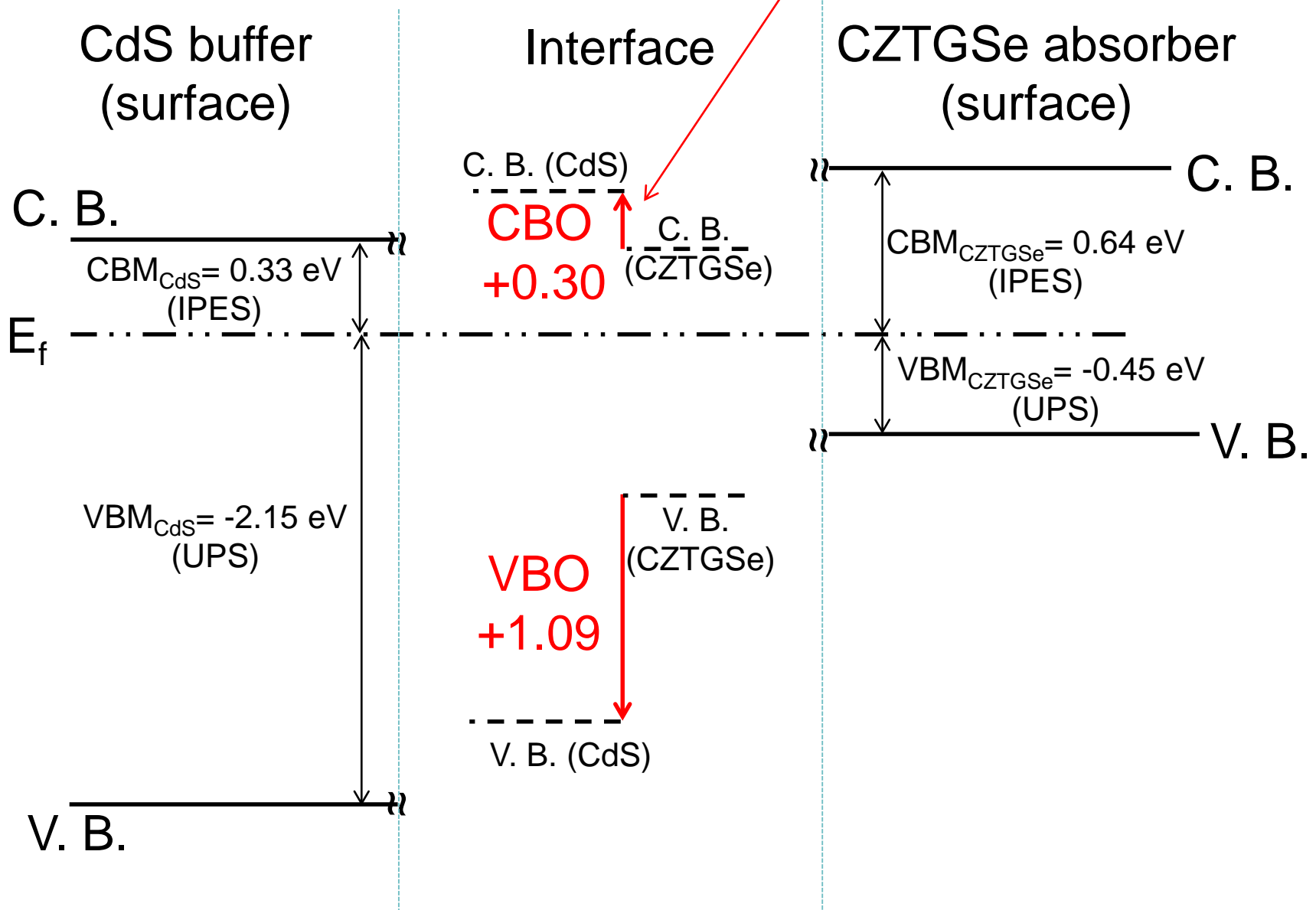
CdS バッファー層



CZTGSe 光吸収層



Spike structure



Conclusion

- ☑ CZTSeにおけるSnの一部をGeに置換したCZTGSeとCdSからなるヘテロ接合型太陽電池の接合界面の電子状態を明らかにした。
- ☑ Ge組成の増大に伴い、CBOは減少するが、VBOは一定の値を取る事が明らかになった。
- ☑ Ge組成40%以下の結果から、接合界面の伝導帯はいずれもスパイク構造を有する接合状態である事が明らかになった。

バルク内部およびCZTGSe裏面での再結合中心生成を抑制する事ができれば、更なる変換効率向上が見込まれる事が明らかとなった。