arb.

[arb. unit]

## ケルビンプローブフォース顕微鏡による CIGS 太陽電池の表面電位および容量の評価 Characterization of surface potential and capacitance on CIGS solar cells

by Kelvin probe force microscopy

東大生研<sup>1</sup>, 東大ナノ量子機構<sup>2</sup>, 立命館大理工<sup>3 0</sup>石井 智章<sup>1</sup>, 峯元 高志<sup>3</sup>, 高橋琢二<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>IIS & <sup>2</sup>INQIE, The Univ. of Tokyo, <sup>3</sup>Coll. of Sci. and Eng., Ritsumeikan Univ.

<sup>o</sup>Tomoaki Ishii<sup>1</sup>, Takashi Minemoto<sup>3</sup>, and Takuji Takahashi<sup>1,2</sup>

E-mail: t-ishii@iis.u-tokyo.ac.jp

我々の研究グループでは、ケルビンプローブフォース顕微鏡(KFM)を用いた太陽電池材料の評価を 行っている[1]。本研究では、Cu(In,Ga)Se2 [CIGS] 太陽電池に対して KFM による電位および容量の空 間分布等の測定を行った。

KFM において、探針ー試料間に周波数 f の交流電圧 VAC と直流電圧 Vbc を印加すると以下の静電引 力 F が発生する。

$$F = \frac{dC}{dz} \left( \frac{(V_{\rm DC} - \Delta \Phi)^2}{2} + \frac{V_{\rm AC}^2}{4} \right) + \frac{dC}{dz} V_{\rm AC} (V_{\rm DC} - \Delta \Phi) \sin 2\pi f t - \frac{dC}{dz} \frac{V_{\rm AC}^2}{4} \cos 2\pi (2f) t$$
(1)

 $\Delta \Phi$ :探針-試料間の接触電位差; C:探針-試料間容量; z:探針-試料間距離

式(1)における周波数 f 成分が 0 となるように Vpc に対してフィードバックを加えることで接触電位 差 ΔΦ = V<sub>DC</sub> を決定し、その空間分布としての電位分布像を得た。また、周波数 2f 成分を抽出すること で探針-試料間容量 dC/dz に依存する力を測定した。

本研究で用いた太陽電池試料の基本的な構造は、一般的な ITO/ZnO/CdS/CIGS/Mo/SLG 構造である。 Fig.1は Ga 組成 29%の試料における(a)形状像、(b)電位分布像と、静電引力中の周波数 2f 成分につい ての(c)V<sub>DC</sub>依存性、(d-1)V<sub>DC</sub> = 0[V]および(d-2)V<sub>DC</sub> = -1[V]のときの空間分布像である。

Fig. 1(a), (b)より、CIGS 中には電位が低下する粒界と上昇する粒界がそれぞれ存在することが分かる。 これは我々の従前の観測結果とも一致する[1]。一方、Fig. 1(c)は、太陽電池の p-n 接合に対して逆方向 バイアスとなる電圧領域(0 ~ -1[V]) での静電引力中の周波数 2f 成分の大きさを示している。この 図から、2f成分の大きさは、外部電圧の絶対値が小さい領域ではほとんど変化しないのに対して、VDC が-1[V]に近づくにつれて徐々に減少することが分かる。ここでの容量Cは、幾何学的な探針-試料間 容量と太陽電池内の空乏層容量の直列接合容量と考えられ、外部電圧の絶対値が小さい領域では容量 の変化も小さいが、逆バイアス電圧値が大きくなると太陽電池中の空乏層が拡がることによる空乏層 容量の減少が見えるようになるものと考えている。また、Fig. 1(d-1), (d-2)の比較から、逆バイアス電圧 による空乏層幅の変化には場所依存性があることが分かる。

Ga 組成の異なる CIGS 太陽電池試料においても、同様の計測を進めている。

本研究は、文部科学省イノベーションシステム整備事業及び日本学術振興会科学研究費補助金によ りサポートされた。



[1] 石井、他: 2014 年春季応物学会、19a-D7-5 (2014)

Fig. 1 Ga 組成 29%の CIGS 太陽電池試料における(a)形状像、(b)電位分布像と、静電引力中の周波数 2f 成分についての(c)V<sub>DC</sub>依存性、(d-1)V<sub>DC</sub> = 0[V]および(d-2)V<sub>DC</sub> = -1[V]のときの空間分布像