

静電引力顕微鏡による CdS/CIGS 界面空乏層容量の評価

Characterization of depletion capacitance of CdS/CIGS by electrostatic force microscopy

○石井 智章¹, 峯元 高志³, 高橋琢二^{1,2} (東大生研¹, 東大ナノ量子機構², 立命館大理工³)

○Tomoaki Ishii¹, Takashi Minemoto³, and Takuji Takahashi^{1,2}

(¹IIS & ²INQIE, The Univ. of Tokyo, ³Coll. of Sci. and Eng., Ritsumeikan Univ.)

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

我々の研究グループでは、静電引力顕微鏡(EFM)を用いた太陽電池材料の評価を行っている。本研究では、Cu(In,Ga)Se₂ [CIGS]と CdS の界面、特に CIGS 側の空乏層に着目し、EFM による空乏層容量の測定を行った。

EFM において、探針-試料間に周波数 f の交流電圧 V_{AC} 及び直流電圧 V_{DC} を印加すると、両者間に静電引力 F が発生する。直流電圧 V_{DC} を掃引した際の静電引力 F の周波数 f 成分からは静電引力スペクトルが得られる。半導体試料の場合、この静電引力スペクトルには、逆バイアスに伴う表面空乏化による探針-試料間容量の低下を反映して静電引力の増加が抑えられるような非線形性が表れる。一方、静電引力 F の周波数 $2f$ 成分からは、探針-試料間容量 C の探針-試料間距離 z での微分 $\partial C/\partial z$ に対応する値を測定することができる。また、静電引力 F の周波数 $3f$ 成分からは、交流電圧 V_{AC} による容量 C の変化の勾配 $\partial C/\partial V$ の z での微分 $\partial/\partial z \cdot \partial C/\partial V$ を測定することができる。半導体試料の場合、 $\partial C/\partial V$ は交流電圧による空乏層の生成消滅に伴う容量の変化に対応する。

Fig.1 は Ga 組成(a)31%, (b)48%の CIGS 上に CdS を堆積した後に塩酸により CdS 層をエッチング処理した試料に対する(1)形状像, (2) $\partial C/\partial z$ 像, (3) $\partial/\partial z \cdot \partial C/\partial V$ 像である。

Fig.1(a-1,2,3)より、Ga 組成 31%の試料において $\partial C/\partial z$ と $\partial/\partial z \cdot \partial C/\partial V$ がほとんど同じコントラストであることが分かる。これは、 $\partial C/\partial V$ が一定値、すなわち $C-V$ 特性の傾きが結晶粒ごとにほとんど同じであり、結晶粒ごとのアクセプタ密度が一定であることを示している。

一方、Fig.1(b-1,2,3)より、Ga 組成 48%の試料では一部の結晶粒で $\partial C/\partial z$ と $\partial/\partial z \cdot \partial C/\partial V$ のコントラストが異なっていることが分かる。これは $\partial C/\partial V$ がばらついている、すなわち $C-V$ 特性の傾きが結晶粒ごとに異なっており、結晶粒ごとのアクセプタ密度にばらつきがあることを示している。このことから、Ga 組成増大に伴い結晶粒ごとのアクセプタ密度の均一性が低下することが推定される。

また、Fig.1 は、 $\partial/\partial z \cdot \partial C/\partial V$ の信号強度が小さくなっている領域が結晶粒界で多く見られることも示している。これは、CdS 堆積時に Cd が CIGS の特に結晶粒界に多く拡散し、ドナーである Cd_{Cu} が高密度に形成され、表面フェルミレベルがピン止めされているためであると考えられる。実際、結晶粒界上では静電引力スペクトルを測定すると、表面空乏化を示す非線形性が観測されなかった。

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学術振興会科学研究費補助金によりサポートされた。

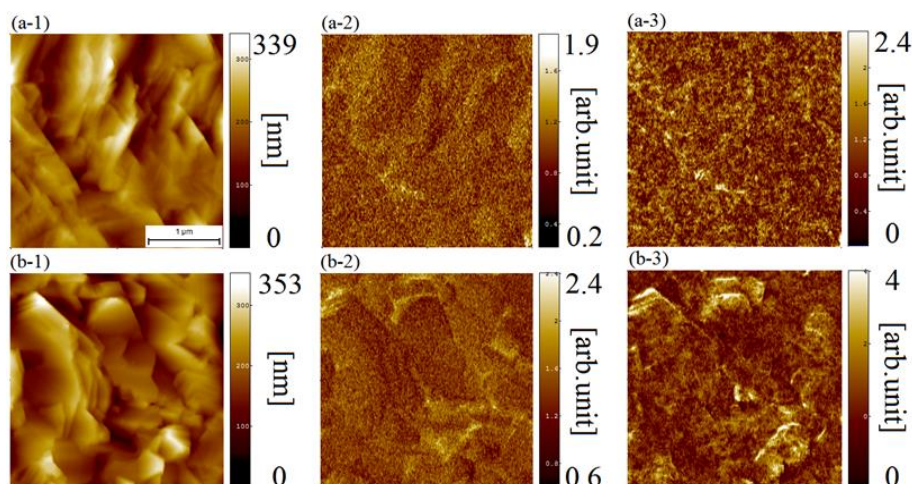


Fig.1 Ga 組成(a)31%, (b)48%の CIGS 上に CdS を堆積した後に塩酸により CdS 層をエッチング処理した試料に対する(1)形状像, (2) $\partial C/\partial z$ 像, (3) $\partial/\partial z \cdot \partial C/\partial V$ 像