

ケルビンプローブ顕微鏡を用いた Si ヘテロ接合 (SHJ) 太陽電池における 表面構造界面の局所的仕事関数測定

Local workfunction mapping of the interface of Si heterojunction (SHJ) solar cell
using Kelvin probe force microscopy

豊田工大 ○山田 郁彦, 神岡 武文, 立花 福久, 中村 京太郎, 大下 祥雄, 神谷 格

Toyota Tech. Inst., ○Fumihiko Yamada, Takefumi Kamioka, Tomihisa Tachibana,

Kyotaro Nakamura, Yoshio Ohshita and Itaru Kamiya

E-mail: fumihiko@toyota-ti.ac.jp

Si 太陽電池の変換効率は、太陽電池構造における電氣的接触に強く依存し、そのため、太陽電池構造各層の局所的な電氣的接触を明らかにする必要がある。しかし、一般に用いられる解析手法は光電子分光法やデバイスの電流電圧特性評価であり、デバイス全体の平均情報しか得ることしかできない。そこで我々は原子間力顕微鏡(AFM)を応用したケルビンプローブ顕微鏡(KFM)を用いた局所的な接触界面の電気特性評価を行っており、前回までに、金属ペースト電極を用いた結晶 Si 太陽電池における、Si と電極界面の電氣的接触について報告してきた。[1,2]

Si ヘテロ接合(SHJ)太陽電池は結晶 Si 太陽電池の中でも高い変換効率を誇るが、ヘテロ接合を構成する各層の界面において実際の電氣的接触は明らかでない。そこで当研究は SHJ 太陽電池表面層の仕事関数を測定することで、各層の電氣的接触について検討を行った。

試料は表面にテクスチャ構造を持つ n 型結晶 Si(*n-c-Si*)表面に、イントリンシックなアモルファス Si(*i-a-Si*)を 5 nm、p 型アモルファス Si(*p-a-Si*)を 20 nm、ITO を 70 nm 積層した後、銀を主体とした電極を蒸着した構造を用いた。基板は大気中で劈開し、劈開面において各層の形状と仕事関数の同時測定を行った。測定環境は室温、 10^{-4} Pa である。

KFM では局所的な仕事関数が計測できるため、測定の結果、基板の c-Si、a-Si、ITO それぞれの仕事関数の同定ができた(図 1)。仕事関数像において、a-Si 層中の *n-c-Si* との接触面(*i-a-Si*)では仕事関数が急峻に変化している。また、ITO 層では a-Si 側(*p-a-Si*)から仕事関数がなだらかに変化している。これらの測定結果から描いたエネルギー図より、*i-a-Si* 層に強い電界がかかっており、伝導電子は c-Si 移動することが分かる。また、ITO 層では a-Si 側のバンド端が曲がっていることが見て取れる。この原因は ITO 中の不純物が a-Si 側に拡散している可能性が考えられるが、現在のところ明らかでない。一般的に ITO は金属として扱われるが、本来はワイドギャップ半導体であるため、a-Si との界面では半導体的な特性が現れていると

考えられる。これは従来の SHJ 太陽電池の動作モデルを見直す必要性を示している。発表ではミラー表面の *n-c-Si* に ITO を積層した試料についても合わせて報告する。

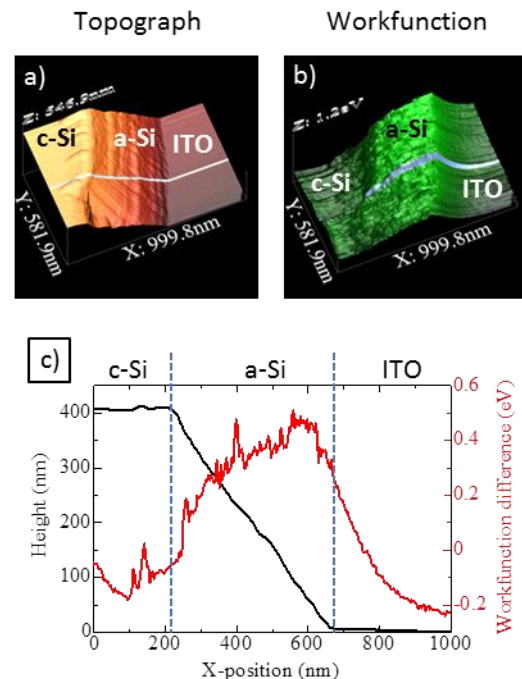


図 1. SHJ 太陽電池表面構造劈開面における形状像 (a)、仕事関数像(b)及びそれぞれの像のクロスセクション(c)。形状像では、各層の割れ方の違いによる階段上の構造が見られる。仕事関数像では、c-Si と *i-a-Si* 界面付近で急峻な仕事関数の変化が見られ、この部位に強い電界がかかっている。また、ITO の仕事関数はなだらかに変化しており ITO が金属ではなく、半導体的に振舞っていることが示唆される。

当研究は NEDO 極限シリコン結晶太陽電池の研究開発の支援を受けて行った。

参考文献

- [1] 山田郁彦他, 第 74 回応物学会秋 17a-A4-6
- [2] F. Yamada, et al., Appl. Phys. Lett., submitted.