

# 自己検知KFMによる多結晶Si太陽電池の光起電力測定

## Photovoltage Measurements on Polycrystalline Silicon Solar Cells by KFM with Piezoresistive Cantilever

瀧原昌輝<sup>1</sup>, 五十嵐考俊<sup>1</sup>, 宇治原徹<sup>3</sup>, 高橋琢二<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>東京大学生産技術研究所, <sup>2</sup>東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構, <sup>3</sup>名古屋大学大学院工学研究科  
Masaki Takihara<sup>1</sup>, Takatoshi Igarashi<sup>1</sup>, Toru Ujihara<sup>3</sup> and Takuji Takahashi<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>IIS & <sup>2</sup>CINQIE, University of Tokyo, <sup>3</sup>Graduate School of Engineering, Nagoya University

E-mail: takihara@iis.u-tokyo.ac.jp

### 1. はじめに

多結晶Si太陽電池が単結晶Si太陽電池と比べて変換効率が低い主な原因の一つに、多結晶Siの結晶粒や結晶粒界の影響が考えられている。これらの影響をミクロスコピックに、また光起電力という観点から調べるために、我々は光起電力測定に適した自己検知カンチレバーを用いたケルビンプローブフォース顕微鏡（以下、自己検知KFM）によって多結晶Si太陽電池の局所的な光起電力評価を行った<sup>1,2</sup>。

### 2. 実験手法

自己検知カンチレバー（PRC400, SII NanoTechnology Inc., Japan）は変位検出にレーザを用いないため光起電力測定に適しているが、自己検知KFMによるポテンシャル測定において、カンチレバーに内蔵されているピエゾ抵抗素子と試料間の容量性結合によって変位電流信号が誘起され、これが静電引力信号と重畳してしまい、正しいポテンシャル決定に影響を及ぼしていることがわかった。そこで我々は変位電流信号の影響を抑制した新しいポテンシャル決定法を考案し<sup>3</sup>、それを用いた自己検知KFMによる光起電力測定系を構築することで、所望のポテンシャル像の取得に成功した。

自己検知KFMによる光起電力測定では、室温・高真空中（約 $10^{-7}$  Torr）に置かれた試料表面の探針直下の領域にファイバを通したレーザ光をレンズで集光し、光照射下での表面ポテンシャル像を得た。これと暗状態の表面ポテンシャル像との差分をとることで光起電力像を取得した。なお、今回使用した試料は、p型多結晶Si基板にリン拡散によって厚さ約0.5  $\mu\text{m}$ のn層を形成したもので、電極などの表面処理は一切行っていない。

### 3. 結果と考察

図1は多結晶Si太陽電池の(a) 形状像, (b) ポテンシャル像（暗状態）, (c) 光起電力像（照射波長990 nm）とそれぞれの像に対応するラインプロファイルである。図1(c)の光起電力像のラインプロファイルにおいて、結晶粒界近傍での光起電力が結晶粒でのそれと比べると約20%低下していることが確認でき、これは結晶粒界が多結晶Si太陽電池の変換効率劣化に影響を及ぼしていることを示唆している。また、結晶粒界の左右で光起電力が約6%変化していることも確認でき、これは結晶粒毎に光起電力にばらつきがあることを示唆している。これらの光起電力分布の傾向は、照射波長が890, 920, 960, 980 nmのときでも同様に確認されている。さらに、これらの光起電力の分布は図1(b)に示す暗状態のポテンシャル分布から矛盾のない説明が可能であることがわかった。すなわち、暗状態におけるポテンシャル分布は伝導帯の分布と考えることができ、面内において伝導帯が低い領域に電子は溜まりやすいが、本測定で

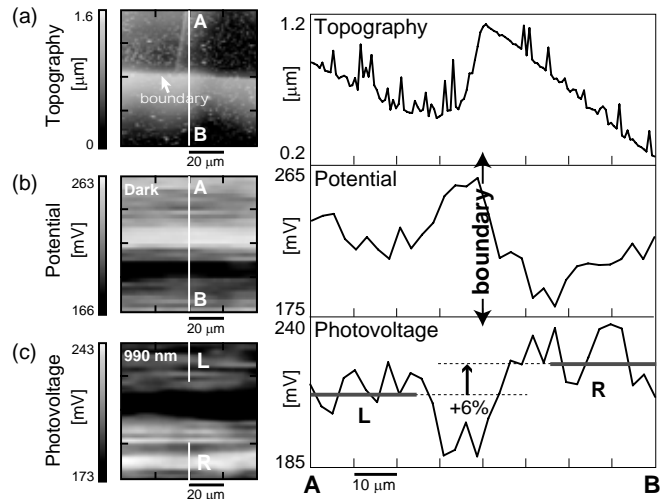


図1 多結晶Si太陽電池の(a) 形状像, (b) ポテンシャル像（暗状態）, (c) 光起電力像（照射波長990 nm）とそれらに対応するラインプロファイル。

用いている多結晶Si太陽電池の表面はn層であり、光照射によって発生したフォトキャリア（電子）が光起電力に寄与するため、表面において電子が溜まりやすい領域では光起電力が高くなり、これとは逆の場合では光起電力が低くなると考えることができる。この傾向は図1(b)と1(c)のラインプロファイルにおいて明瞭に確認することができた。

また、この自己検知KFMによる光起電力測定を応用して多結晶Si太陽電池の少数キャリア拡散長測定を行い、その妥当性を確認している。

### 4. まとめ

自己検知KFMにおいて変位電流信号に影響されない測定系を構築し、多結晶Si太陽電池の光起電力マッピングを行った。その結果、結晶粒や結晶粒界での光起電力の変化をとらえることに成功し、またこの光起電力分布は暗状態でのポテンシャル分布から説明できることを確認した。

### 謝辞

本研究は文部科学省科学技術振興調整費によりサポートされた。

### 参考文献

- 1) T. Igarashi, T. Ujihara and T. Takahashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **45**, 2128 (2006).
- 2) M. Takihara, T. Igarashi, T. Ujihara and T. Takahashi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46**, 5548 (2007).
- 3) SII ナノテクノロジー 走査型プローブ顕微鏡セミナー 2006 ポスター予稿集, p.3.