

走査型非線形誘電率顕微鏡によるアモルファスシリコン太陽電池の pin 接合の可視化

Visualization of p-type/intrinsic/n-type junction in amorphous silicon solar cells using scanning nonlinear dielectric microscopy

東北大通研 ○廣瀬 光太郎, 茅根 慎通, 長 康雄

RIEC, Tohoku Univ. ○Kotaro Hirose, Norimichi Chinone, Yasuo Cho

E-mail: hirose@riec.tohoku.ac.jp

はじめに アモルファスシリコンや微結晶シリコンを用いる薄膜シリコン太陽電池は、省資源で大量生産が可能な太陽電池として近年注目を集めている。しかしながら、本格的な実用化にはさらなる発電効率の向上が望まれている。起電力を発生させる pin 接合部のドーパント分布は太陽電池の発電効率に大きく関わるため pin 接合におけるドーパント分布を評価することは高効率の太陽電池開発のために重要である。このドーパント分布を測定するための有効な手段の一つとして、走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) [1] がある。SNDM では導電性の探針と試料間に電圧を印加し、探針試料間容量の電圧に対する応答を測定する。容量測定には GHz 帯の LC 発振器に導電性探針を取り付けた SNDM プロブを用いる。探針と試料を接触させ交流電圧を印加すると、探針試料間容量 C_s が変調され、SNDM プロブの発振周波数 f_{probe} が変調される。交流電圧 $V(t) = V_p \cos \omega_p t$ を印加すると、 C_s の変化 $\Delta C_s(t)$ は以下のように表される。

$$\Delta C_s(t) = \left. \frac{\partial C_s}{\partial V} \right|_{V=0} V_p \cos \omega_p t + \cdots \quad (1)$$

f_{probe} の変化と ΔC_s は比例するため、プロブの出力を周波数復調しロックインアンプで $\partial C_s / \partial V$ を得る。 $\partial C_s / \partial V$ を 2 次元にマッピングしたものを SNDM 像とする。 p 層の上に探針がある場合、試料の電位が探針に対して正なら探針に正孔が近づくため C_s は上昇する。そのため p 層での $\partial C_s / \partial V$ の値は正となる。一方 n 層ではキャリアが電子であるため $\partial C_s / \partial V$ の値は負となる。本研究では、SNDM でアモルファスシリコン太陽電池の Si 層の断面を測定して pin 接合を可視化し、p/i/n 層を判別した。

実験と結果 アモルファスシリコン太陽電池の断面を化学機械研磨し、730 nm × 730 nm の領域を SNDM でを用いて大気中で測定した。探針試料間に印加した交流電圧は 1 V_{pp} ($V_p = 0.5$ V)、周波数 $f_p = \omega_p / 2\pi = 30$ kHz である。カンチレバー探針の接触制御に用いた赤色レーザー光による影響を排除するため、1 ラインをスキャンし試料の形状像を取り込み、レーザー光を切った状態で同ライン上をトレースさせその時の SNDM 像を取り込んだ。得られた SNDM 像を Fig. 1 に示した。緑色、黄色、赤色の部分が p 層、濃い青の部分が n 層、その間の水色の部分が i 層である。このように太陽電池 Si 層の pin 接合を明瞭に可視化することができており、本手法がアモルファスシリコン太陽電池のドーパント分布評価に有効であることが示された。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究 S(23226008) の補助を受けている。

参考文献

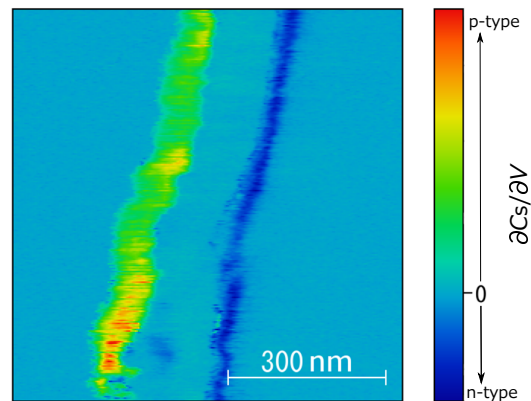


Fig. 1: SNDM image of p/i/n structure in amorphous silicon solar cell

- [1] Y. Cho, A. Kirihaara, and T. Saeki: Rev. Sci. Instrum. **67** (1996) 2297.