## 走査型非線形誘電率顕微鏡を用いた単結晶シリコン太陽電池の リンイオン注入エミッタにおけるドーパント濃度分布の定量測定

Quantitative measurement of the dopant concentration distribution in P-implanted emitter

of single crystalline silicon solar cell using scanning nonlinear dielectric microscopy 東北大<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup> <sup>O</sup>廣瀬 光太郎<sup>1</sup>, 棚橋 克人<sup>2</sup>, 高遠 秀尚<sup>2</sup>, 長 康雄<sup>1</sup>

Tohoku Univ.<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, <sup>o</sup>Kotaro Hirose<sup>1</sup>, Katsuto Tanahashi<sup>2</sup>, Hidetaka Takato<sup>2</sup>, Yasuo Cho<sup>1</sup>

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

はじめに 近年,イオン注入を用いたエミッタ形成方法が結晶シリコン太陽電池の低コスト化に 向けた技術として提案されている.太陽電池のエミッタにおけるドーパント分布は、光の吸収や 電界分布, 電極との接触抵抗などに関わるため, 重要な評価対象である. しかし, 結晶 Si 太陽電 池の表面にはテクスチャ構造があるため、エミッタ内部のドーパント分布を予測することは難し いという問題がある. そこで我々は走査型非線形誘電率顕微鏡 (SNDM) [1]を用いたドーパント 分布の可視化に取り組んできた.既にリン拡散及びリンイオン注入エミッタの可視化に成功した ことを報告した[2]. しかし、ドーパント濃度の定量は行われていなかった. そこで今回は、濃度 が既知の Si 標準サンプルを同時に測定することで、リンイオン注入エミッタにおけるドーパント 濃度を定量化した.

原理 SNDM プローブを用いて, SNDM(dC/dV), 超高次(SHO-)SNDM[3], dC/dz 計測の3 種類の 測定を行った. SNDM プローブは GHz 帯の LC 発振器と導電性のカンチレバーからなり,出力信 号の周波数偏移 $\Delta f_{\rm p}$ が探針試料間容量 $C_{\rm s}$ の変化 $\Delta C_{\rm s}$ に比例する. SNDM プローブの出力信号を周波 数復調することでΔC。を得ることができる. SNDM 及び SHO-SNDM では、C。を交流電圧で変調す ることで, dC/dV 及び C-V カーブがそれぞれ得られる. dC/dz 測定では, タッピングモードの原 子間力顕微鏡(AFM)と組み合わせることで、C。を探針試料間距離zで変調し dC/dz を得る. dC/dV の極性からキャリア極性がわかるが、ある濃度に対して信号強度が最大となり信号強度から濃度 を一意に決めることができないという二価関数問題が起こりうる.一方, dC/dz は信号強度が濃度 に対して単調増加するが、キャリアの極性がわからない. そのため SNDM(dC/dV)像と dC/dz 像を 組み合わせることで不確定さを除き、キャリアの極性及び濃度を完全に定量できる[4]. SHO-SNDM で得られる C-V カーブからはキャリアの極性だけではなく空乏層の判定も可能であ る. 10<sup>20</sup>

実験と結果 リンイ オン注入によりエミ ッタを形成した単結 晶 Si 太陽電池の断面 と濃度が既知の Si 標 準サンプルを同時に 化学機械研磨し、同 じ条件下で測定した. 図1にその結果を示 した.太陽電池のテ







クスチャ表面からバルク方向へ,リンのドーパント濃度が指数関数的に減少していた.pn 接合位 置付近に存在する空乏層の分布からは、テクスチャ凸部にてリンが高濃度、テクスチャ凹部にて 低濃度であることがわかり、これは定量測定の結果と一致した.これらの結果から、SNDM はSi 太陽電池のドーパント分布の評価に有用な手法であるといえる.

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.

- [1] Y. Cho, A. Kirihara and T. Saeki, Rev. Sci. Instrum 67 (1996) 2297. 参考文献
  - [2] 廣瀬光太郎ら: 2016 年第 63 回応用物理学会 春季学術講演会 20a-W611-8
  - [3] N. Chinone, T. Nakamura and Y. Cho, J. Appl. Phys. 116 (2014) 084509.
  - [4] 劉彬ら: 2016 年第 63 回応用物理学会 春季学術講演会 19p-S223-5