

# 超高次走査型非線形誘電率顕微鏡による単結晶 Si 太陽電池の 光照射によるキャリア分布変化の測定

Measurement of a carrier distribution change by light irradiation in a single crystalline silicon solar cell using super-higher-order scanning nonlinear dielectric microscopy

○廣瀬 光太郎, 茅根 慎通, 長 康雄 (東北大通研)

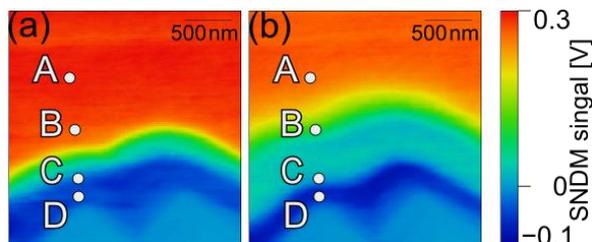
○Kotaro Hirose, Norimichi Chinone, and Yasuo Cho (RIEC, Tohoku Univ.)

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

**はじめに** 結晶 Si 太陽電池は現在最も多く生産されている太陽電池であり, その性能の更なる向上が望まれている. 光起電力を発生させる pn 接合のキャリア分布評価は性能を向上させる上で重要である. 半導体のキャリア分布の測定手法の一つとして走査型非線形誘電率顕微鏡(SNDM)[1] 及びそれを拡張した超高次 SNDM(SHO-SNDM)[2]が挙げられる. SNDM では導電性探針と試料表面を接触させ, 探針試料間容量 $C_s$ の電圧に対する応答を測定する[1]. 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[1]. 探針試料間に交流電圧  $V(t) = V_p \cos \omega_p t$  を印加すると  $C_s$  が変調される. このとき SNDM プロブの発振周波数の変化  $\Delta f_p$  は  $C_s$  の変化  $\Delta C_s$  に比例し, 次のように表される.

$$-\Delta f_p(t) \propto \Delta C_s(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (\Delta C_n^{\cos} \cos n\omega_p t + \Delta C_n^{\sin} \sin n\omega_p t) \quad (1)$$

プローブの出力を周波数復調し  $n$  次成分を取り出すことで  $\Delta C_n^{\cos}, \Delta C_n^{\sin}$  が得られる.  $\Delta C_1^{\cos}$  は局所容量電圧(C-V)特性の傾き ( $\partial C / \partial V$ ) であり, キャリアの極性と濃度分布を定性的に知ることができる. SNDM では  $\Delta C_1^{\cos}$  のみを扱うが, SHO-SNDM ではさらに高次項まで使用し局所



C-V 特性を測定する[2]. 本研究では単結晶 Si 太陽電池の pn 接合を SHO-SNDM で測定しキャリア分布を評価した. 開放状態の試料に光を照射し, 光照射によるキャリア分布変化の測定も行った.

**実験と結果** 市販の単結晶 Si 太陽電池の断面を化学機械研磨したものの試料に用いた. まず暗所において測定を行った. 図 1(a)に pn 接合断面の SNDM 像を示した. 赤い領域が p 型, 青い領域が n 型であり, その間に空乏層が存在している. 水色と青色の M 字の境界が n 領域端であり, この M 字構造は受光面のテクスチャである. 次に開放状態の試料にハロゲンランプにより光を照射しながら測定を行った. 図 1(b)に光照射時 SNDM 像を示した. 図 1(a)と(b)の比較から光照射によるキャリア分布の変化が見られた. このときの光起電力は 0.42 V であった. また SHO-SNDM 法を用いて得られた高次までのデータから A~D 点における局所 C-V 曲線を再構成した. 図 2(a)と(b)はそれぞれ暗所及び光照射時の各点の C-V 特性である. 特に大きな特性の変化が点 B で見られ, 暗所では典型的な p 型, 光照射時は V 字の C-V 特性を示した. これは点 B から C

図 1: SNDM 像 (a)暗所 (b)光照射

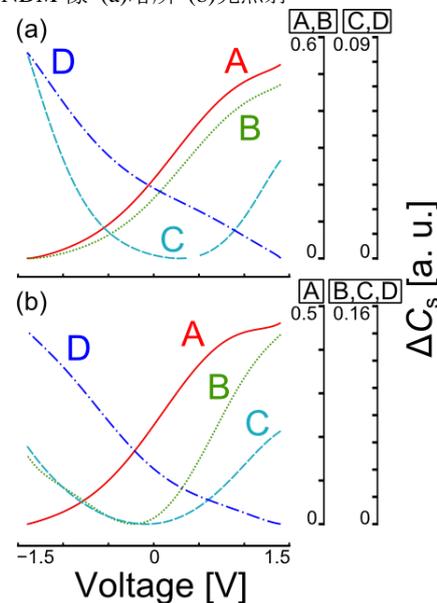


図 2: 図 1 の A~D 点の C-V 曲線 (a)暗所 (b)光照射

の間で光照射により電子の濃度が増加したことを示唆している. これらの結果から pn 接合のキャリア分布及び光照射による分布の変化を評価における SHO-SNDM の有用性が示された.

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

[2] N. Chinone, T. Nakamura, Y. Cho: J. Appl. Phys. **116** (2014) 084509.