

QSSPC ライフタイム測定におけるトラッピング効果の補正方法

Correction Method for Trapping Effects in QSSPC Life Time Measurement

○中山 明、吉川 博道 (京セラ(株)、総合研究所)

○Akira Nakayama, Hiromichi Yoshikawa (R&D Center Kagoshima, Kyocera Corporation)

E-mail: akira.nakayama.nf@kyocera.jp

【背景】

半導体材料における少数キャリアのライフタイム τ を測定する標準的な技術として、マイクロ波-光導電減衰法 (μ -PCD) と擬定常状態光導電法 (QSSPC) がある。QSSPC には τ の過剰少数キャリア密度 Δn 依存性を測定できる特徴があり、最近の研究では PL イメージを τ イメージへ変換する際のキャリブレーションにも使用されている。QSSPC の短所として、多結晶 Si 等の τ が低輝度領域において見掛け上異常に大きく測定されることが報告されている。この現象は、P 型 Si の場合、伝導帯から浅いエネルギー準位にある不純物、欠陥準位に励起電子がトラップされ、残された対のホールが光コンダクタンスを上昇させるために起こると解釈されている。このトラッピング効果を補正して正しい τ を求めるための簡易な方法として Bias Light 補正が提案されており [1]、市販装置 (WT120, Sinton Instruments) の解析ソフトにその機能が組み込まれている。この方法では、測定された $\tau(\Delta n)$ に対して適当な Bias Light を解析的に与えて再計算し、 τ の異常値を抑制する。しかし、Bias Light を決める基準が曖昧であり、測定者への依存度が大きいという問題がある。本研究では従来法に比べてより明確な補正法を提案する。さらに、この技術の適用により、従来は困難とされていた Si ベアウエハの実効 τ と太陽電池セルの変換効率の関連付けを試みる。

【方法】

NaOH 表面処理後の P 型多結晶 Si ベアウエハ (厚さ 180 μ m) に対して QSSPC 測定 (WT120, Sinton) を行った。まず QSSPC の直接測定量である σ_{ph} vs I_{ph} (σ_{ph} : 光導電率、 I_{ph} : 光輝度) において、低輝度域に現れる非線形の強い領域 (trapping 域) と、高輝度における比較的線形な領域 (non-trapping 領域) を識別した。次に I_{ph} からキャリア対発生率 G 、 σ_{ph} から過剰少数キャリア密度 Δn を計算し、non-trapping 域における $\Delta n(G)$ の傾き $\Delta(\Delta n)/\Delta G$ から実効ライフタイム τ_{slope} を求めた。

【結果】

σ_{ph} vs I_{ph} の測定結果と non-trapping 域から求めた τ_{slope} の一例を Fig. 1 に示す。この方法を異なる Si ブロックから切り出したベアウエハに適用した結果、 τ_{slope} (at $\sigma_{ph}=20\text{-}40\text{sun}$) は表面再結合の強い影響のため 1 μ sec 程度の低い値であるが、セル形成後の電力変換効率 η と相関を持つことを確認した (Fig. 2)。この結果は、的確なトラッピング補正を行えば、QSSPC 測定を用いた Si ベアウエハの実効ライフタイム τ_{slope} 評価により、変換効率をある程度予測できることを示している。

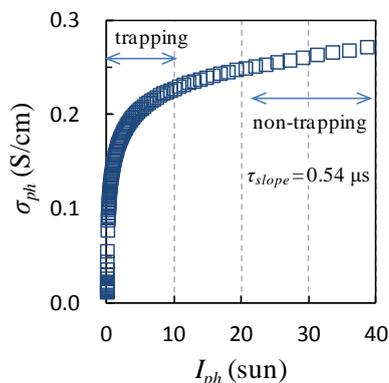


Fig. 1 Measurement of σ_{ph} vs I_{ph} by QSSPC.

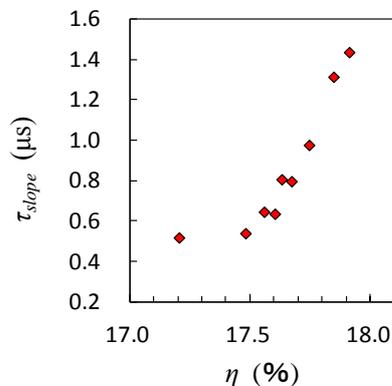


Fig. 2 Relation of energy conversion efficiency η and effective carrier lifetime τ_{slope} of Si bare wafer.

参考文献 [1] D. Macdonald, R. A. Sinton, and A. Cuevas, J. Appl. Phys. 89, 2772 (2001).