

三次元キャリアシミュレーションを用いた 多結晶 Si 中三重点の電気的特性の評価

Investigation of electrical characteristics of triple points in multicrystalline silicon via 3D carrier simulation

°(M2)三田村 和樹¹, 杵掛 健太郎², 小島 拓人³, 宇佐美 徳隆¹

(1.名大院工, 2.理研 AIP, 3 名大院情報)

°Kazuki Mitamura¹, Kentaro Kutsukake², Takuto Kojima³, Noritaka Usami¹

(¹Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., ²RIKEN AIP, ³Grad. Sch. Inf., Nagoya Univ.)

E-mail: mitamura.kazuki@k.mbox.nagoya-u.ac.jp

【緒言】多結晶 Si 基板中の欠陥でのキャリア再結合は、太陽電池高効率化への障壁の一つである。欠陥による悪影響を低減する手法の開発のためには、欠陥の電気的特性の正確な評価が重要である。我々は、フォトルミネッセンス (PL) イメージングと、粒界 (GB) の傾斜角を考慮した二次元キャリアシミュレーションを組み合わせる粒界におけるキャリア再結合速度 (v_{GB}) の定量評価法について報告した[1]。これまでは、二次元でのキャリアモデルを考えていたために、直線状の粒界に適用範囲が制限されていた。そこで我々は、任意の形状に適用できる三次元キャリアシミュレーションを自作し、実験から得られた PL 像と比較することで、多結晶 Si の三重点近傍の電気的特性を調査した。

【研究方法】三次元キャリアシミュレーションでは、PL イメージング時の粒界周囲のキャリアの状態を考慮し、拡散方程式と境界条件を設定し、それらを差分化することで定常状態での過剰少数キャリア密度を計算した。そして光学系を考慮し、ウェーハの深さ方向に過剰少数キャリアを積分することで、シミュレーション PL 像を得た。シミュレーションでは、粒界でのキャリア再結合と三重点での線状キャリア再結合を考慮したモデルを適用した。Fig. 1(a), (b), (c)はそれぞれ、光学像、実験 PL 像とシミュレーション PL 像の一例を示している。

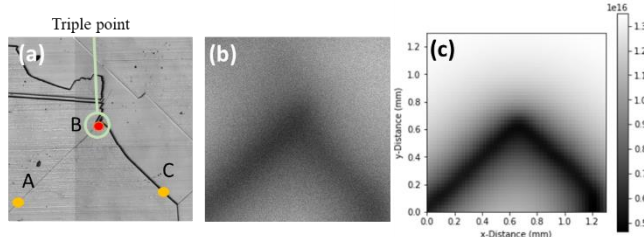


Fig.1 a) Optical image, b) experimental PL image, c) simulated PL image

【結果と考察】Fig.2 は Fig. 1(b)の電気的に活性な粒界に沿ったプロファイルであり、Fig. 1(a) の点 A~C に沿ったものを示している。図中の赤点 (点 B)は、Fig. 1 中に示した円内部の三重点の位置を示している。Fig.2 から、この三重点に近づくにつれて、PL 強度が小さくなっていることが分かる。Fig. 3 はシミュレーション PL 像から同様に取得したプロファイルであり、 v_{GB} を 2000 cm/s ~ 50000 cm/s の範囲で変化させた。実線は、 v_{GB} を周囲の電気的に活性な粒界と同じ 2000 cm/s と設定した場合で、三重点での線状キャリア再結合を考慮しないことに相当する。この時、三重点ではピークを持ち、実験と異なる結果となった。このピークの発生した理由は、粒界頂点で周囲の粒界からの悪影響が小さくなったためであると考えられる。線状キャリア再結合を考慮し、 v_{GB} を増加させることで局所的なピークが消失し実験結果と定性的に一致した。以上の結果から、三重点近傍に周囲の電気的に活性な粒界よりも v_{GB} の大きな再結合中心が存在することが示唆された。

【謝辞】本研究は、JST CREST (JP MJCR17J1)と科研費(16H03856)の支援を受けたものです。

【参考文献】 [1] K. Mitamura *et al.*, J. Appl. Phys. **128**, 125103 (2020)

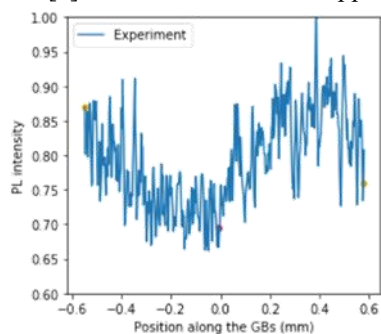


Fig.2 PL intensity profile along the GBs in the experimental PL image.

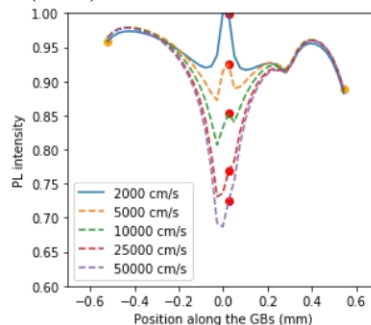


Fig.3 PL intensity profile along the GBs in the simulated PL image.