## 発光イメージング法と有限要素シミュレーションを用いた 多結晶シリコン中傾斜粒界の電気的特性の定量評価 Quantitative evaluation of electrical characteristics of inclined grain boundaries in multicrystalline silicon by photoluminescence imaging and finite element simulation °(M1)三田村 和樹<sup>1</sup>, 沓掛 健太朗<sup>2</sup>, 小島 拓人<sup>3</sup>, 宇佐美 徳隆<sup>1</sup> (1.名大院工, 2.理研 AIP, 3 名大院情報) <sup>°</sup>Kazuki Mitamura<sup>1</sup>, Kentaro Kutsukake<sup>2</sup>, Takuto Kojima<sup>3</sup>, Noritaka Usami<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Grad. Sch. Eng., Nagoya Univ., <sup>2</sup>RIKEN AIP, <sup>3</sup>Grad. Sch. Inf., Nagoya Univ.)

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

【緒言】多結晶 Si 基板中の粒界でのキャリア再 結合による変換効率の低下が太陽電池高効率化 への障壁の一つである。この粒界の悪影響を減ら す手法の開発のために、まずは粒界の電気的特性 の正確な測定が重要である。フォトルミネッセン ス (PL) イメージングは有力な電気的特性評価法 であるが、先行研究では粒界がウェーハ表面に対 して垂直であると仮定され、電気的特性が計算さ れてきた[1]。しかし一般的な多結晶 Si 中の粒界 は、Si ウェーハ表面に対して様々な傾斜角度を持 つ。したがって粒界がウェーハ表面に対して垂直 という仮定では、粒界の電気的特性を正確に評価 できない。そこで我々は粒界の傾斜角測定、PLイ メージング測定および有限要素キャリアシミュ レーションを用いて、傾斜角を持つ粒界の電気的 特性として再結合速度の決定を試みた。

【研究方法】PL イメージ測定の実験には、ハイ パフォーマンス多結晶 Si ウェーハを使用した。 アズスライスのウェーハに対し、化学研磨、表面 酸化膜除去、表面パッシベーションを行い、顕微 PL イメージング装置(Solar cell micro imaging system, 浜松ホトニクス)を用いて表面と裏面の 光学画像から粒界の傾斜角度を測定し、PL 画像から ウェーハ表面内で粒界に垂直方向の PL プロファ イルを取得した。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状態 (Fig.1)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。さらにシミュレー ションから得た PL プロファイルと PL 画像から 得た PL プロファイルを用いて、機械学習により 再結合速度を推定した[2]。



Fig.1 Carrier behavior model near GB while PL imaging.

【結果と考察】Fig.2(a) に、傾斜角 61 度の粒界の PL プロファイルと、光学画像から得た表面裏面 の粒界の位置を示す。この図から、プロファイル の極小位置が試料表面の粒界位置から粒界の傾 斜方向にシフトしていることがわかる。Fig.2 (b) に、Fig.2 (a)と同じ粒界の傾斜角度 61 度、拡散長 を 300µm と固定し、再結合速度を変数として計 算した PL 強度プロファイルを示す。計算結果も PL 強度の極小値が粒界の傾き方向にシフトして おり、作成した PL 強度モデルからシミュレーシ ョンにより求めたプロファイルと実験から得た プロファイルの傾向が定性的に一致した。そして 機械学習によりこの粒界の再結合速度を定 量することができた。

【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] H. C. Sio et al., J. Appl. Phys. 116, 244905(2014) [2] 沓掛他 (インフォマティクス応用にて発表予定)



Fig.2 PL profiles (a) measured from PL image and (b) obtained by finite element simulation. Black solid and broken lines show GB's position of front and rear surfaces, respectively.