

## 赤外線トモグラフィーによる太陽電池用 n 型 Cz-Si 中の酸素析出挙動の評価 — 炭素濃度と成長条件の影響

### Evaluations of Oxygen Precipitation Behavior in n-type Cz-Si for Photovoltaic by Infrared Tomography — Effect of C Concentration and Growth Conditions

木下 晃輔<sup>1</sup>、小島 拓人<sup>1</sup>、鈴木 涼太<sup>1</sup>、小林 弘人<sup>1</sup>、大下 祥雄<sup>2</sup>、正田 勲<sup>3</sup>、橋 昇二<sup>3</sup>、小椋 厚志<sup>1</sup>

(1. 明治大理工、2. 豊田工大、3. 株式会社 トクヤマ)

°K. Kinoshita<sup>1</sup>, T. Kojima<sup>1</sup>, R. Suzuki<sup>1</sup>, H. Kobayashi<sup>1</sup>, Y. Ohshita<sup>2</sup>, I. Masada<sup>3</sup>, S. Tachibana<sup>3</sup>, A. Ogura<sup>1</sup>

(1. Meiji Univ., 2. Toyota Tech. Inst., 3. Tokuyama Co., Ltd.)

E-mail: ee31132@meiji.ac.jp

**【背景と目的】** n 型単結晶 Si は p 型に比べて不純物によるキャリア寿命の劣化が小さいことなどから、次世代太陽電池への適用が期待されている[1]。しかし、Cz 法で育成した Si 結晶は、製造時に酸素が混入し、熱プロセスにより歪を伴う析出が進行し、変換効率低下の原因になりうる[2]。また、酸素析出の成長には炭素も関与しており、炭素濃度と析出物密度には明確な相関があることが報告されている[3]。そのため、太陽電池の変換効率向上には炭素が析出に与える影響を理解することが重要である。

本研究では、炭素濃度および成長条件の異なるウェーハを用意し、熱処理に伴う酸素析出を詳細に評価した。

**【実験方法】** 実験には、異なる熱履歴で成長した 2 条件の試料を用いた (プロセス A, プロセス B)。析出における炭素の影響を調べるため、酸素濃度を等しくし ( $1.8 \sim 2.1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、炭素濃度を変化させた ( $2.0 \times 10^{14} \sim 8.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ )。1100°C, 3 h で熱処理を行い、光導伝率測定装置 (Sinton WCT-120) により、熱処理後のライフタイム及び抵抗率を測定した。その後、試料の両面を鏡面研磨し、赤外線トモグラフィー装置 (SEMILAB SIRM-2100) により欠陥密度と欠陥サイズを測定した。

**【結果と考察】** 図 1 に炭素濃度と熱処理後の欠陥密度の相関を示す。同一成長条件では炭素濃度の増加に従い、析出数が増加することが確

認できた。炭素が酸素析出を促進させることで、炭素濃度が高いほど析出物密度が増加したと考えられる。図 2 に炭素濃度と熱処理後の欠陥サイズの相関を示す。また図 1 右軸に欠陥密度  $n$  に対する析出物間距離を  $d = 2(4\pi n/3)^{-1/3}$  として示した。1100°C, 3 h での酸素の拡散距離  $L_{O_i} = \sqrt{Dt}$  は 9.35  $\mu\text{m}$  であり、析出物間距離が短いものは隣接する析出物間での酸素の配分によってサイズが決定すると思われる。しかし析出物サイズは必ずしも析出物間距離と相関しておらず、概ね同一成長条件では炭素濃度が高いほど析出物サイズも大きくなっている。

抵抗測定から、炭素濃度が小さいほど、熱処理後のサーマルドナー (TD) が減少し、格子間酸素 ( $O_i$ ) の供給源となっていることが考えられる。炭素は酸素析出を促進させると同時に、TD の生成・消滅を通して  $O_i$  の供給にも関与し、熱処理による酸素析出の挙動に大きく影響を与える。結晶 Si 太陽電池の性能向上には、酸素濃度、結晶成長時の熱履歴に加えて、炭素濃度の制御が重要である。

**【謝辞】** 本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構の支援のもと実施された。関係者各位に感謝申し上げます。

[1] A. Borghesi *et al.*, J. Appl. Phys. **77**, 4169 (1995).

[2] H. Bender *et al.*, Phys. Stat. Sol. A **86**, 245 (1984).

[3] F. Shimura *et al.*, J. Appl. Phys. **59**, 3251 (1986).

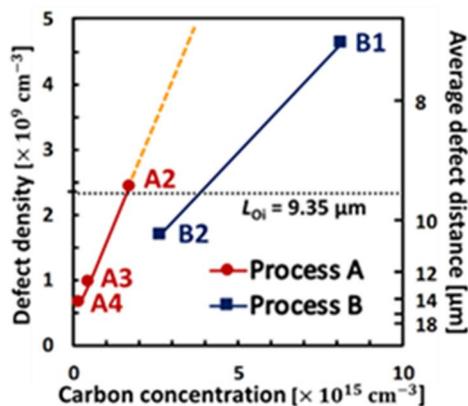


図 1 炭素濃度と 1100°C で 3 時間熱処理を施した後の欠陥密度と平均欠陥間距離の相関

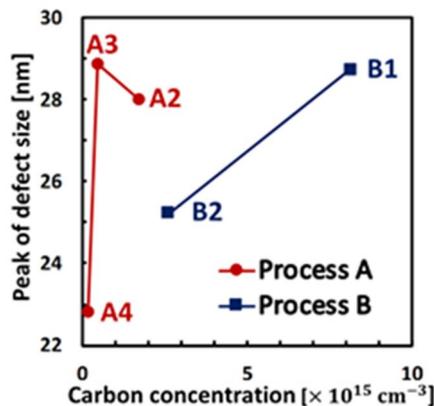


図 2 炭素濃度と 1100°C で 3 時間熱処理を施した後の欠陥サイズのピークの相関