

太陽電池用 n 型 Cz-Si の結晶成長条件が熱処理後の酸素析出に与える影響 ー 赤外線トモグラフィーによる評価

Effects of Crystal Growth Conditions of n-type Cz-Si on Oxygen Precipitation through Annealing Process Evaluated by IR Light Scattering Tomography

木下 晃輔¹、小島 拓人¹、大下 祥雄²、小椋 厚志¹

(1.明治大理工、2.豊田工大)

°K. Kinoshita¹, T. Kojima¹, Y. Ohshita², A. Ogura¹

(1.Meiji Univ., 2.Toyota Tech. Inst.)

E-mail: ce171022@meiji.ac.jp

【背景と目的】 n 型単結晶 Si は p 型に比べてキャリア寿命が長いことなどから、次世代太陽電池への適用が期待されている[1]。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る[2]。また、酸素の析出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酸素析出に与える影響を理解することが重要である。前回までに、我々は炭素濃度が熱処理後の酸素析出に与える影響を詳細に評価した[4]。

本研究では、結晶成長条件の異なるインゴットから切り出したウェーハを用意し、熱処理に伴う酸素析出がキャリア寿命に与える影響を評価した。

【実験方法】 析出における結晶成長条件の影響を調べるため、酸素濃度を等しくし ($1.8 \sim 2.1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、結晶成長条件 (Conv. Process, Adv. Process) の異なる 2 種類の基板を用意した。1100°C, 3 h, 6 h, 9 h でそれぞれ熱処理を行い、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。またバンド端の PL 強度をライフタイムの指標として測定した。

【結果と考察】 Fig.1 に結晶成長条件による炭

素濃度と PL 強度の相関を示す。両プロセスにおいて、炭素濃度の増加に従い、ライフタイムが低下した。また、結晶成長条件によりライフタイムに差が生じた。Fig.2 に結晶成長条件による炭素濃度と欠陥密度の相関を示す。両プロセスにおいて、炭素濃度の増加に従い、析出物密度が増加することが確認できた。また、結晶成長条件により、析出物密度に明らかな差が生じた。以上から、結晶成長条件によるライフタイムの差異は酸素析出物が関与していることが示唆される。Fig.3 に析出物の形状を球と仮定した表面積の総和と PL 強度の相関を示す。析出物/Si マトリックスの界面とライフタイムは良い相関関係を示した。このことから界面が支配的な再結合中心であることが示唆される。また、2 種類の結晶成長条件は異なる直線を示した。結晶成長条件により、析出物に伴う再結合活性な欠陥密度が異なると考えられる。

以上、結晶成長条件は、酸素析出に伴う再結合活性な欠陥の挙動に大きく影響を与える。このことから結晶 Si 太陽電池の性能向上には、結晶成長プロセス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。

[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).

[4] K. Kinoshita *et al.*, presented at 5a-A204-6, 78th Conf. Applied Physics Autumn, (2017).

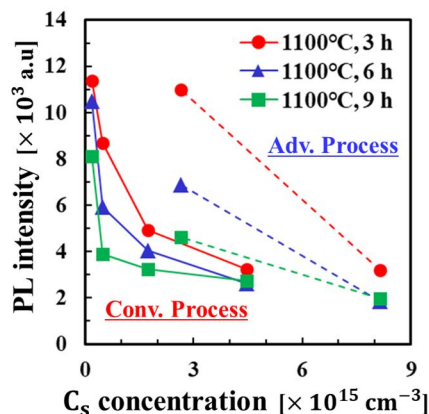


Fig.1 Correlation between carbon concentration and PL intensity depending on crystal growth conditions.

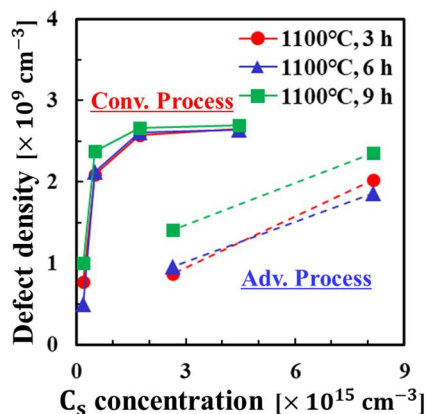


Fig.2 Correlation between carbon concentration and defect density depending on crystal growth conditions.

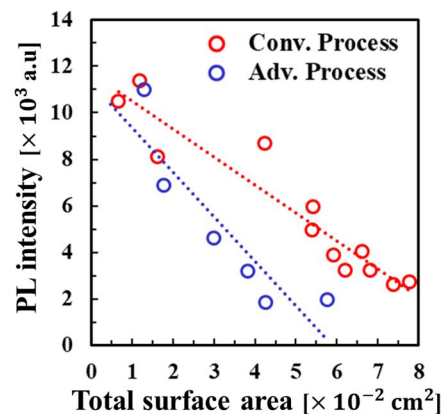


Fig.3 Correlation between total surface area of precipitates and PL intensity depending on crystal growth conditions.