

太陽電池用 Cz-Si の結晶成長条件が熱処理後の酸素析出および転位形成に与える影響

Effects of Cz-Si Crystal Growth Conditions on Oxygen Precipitation and Dislocation Formation through Annealing Process

°木下 晃輔¹、小島 拓人¹、大西 康平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, K. Onishi¹, Y. Ohshita², A. Ogura¹

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

E-mail: ce171022@meiji.ac.jp

【背景と目的】 単結晶 Si は多結晶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。Cz 法で育成した Si 結晶は、製造時に酸素が混入し、熱プロセスにより酸素析出が進行し、変換効率低下の原因になる[1]。そのため、太陽電池の性能向上には酸素析出挙動を理解し、制御することが重要である。

本研究では、結晶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および転位形成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(Conventional process, Advanced process)の異なる 2 種類のウェーハを用意した。Conv. process は典型的な Cz 結晶成長法であるが、Adv. Process では全結晶成長時間は等しく、高温を長時間維持し、その後急冷している。これら 2 つの結晶成長条件は、結晶成長中の熱履歴のみが異なる。それぞれの結晶から作成したウェーハに対して、 1100°C , 3 h, 6 h, 9 h でそれぞれ熱処理を行い、赤外線トモグラフィ法により析出物の密度と大きさを評価した。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。その後、選択性エッチングを行い、光学顕微鏡により転位起因のエッチピットを評価した[2]。

【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。結晶成長条件によりライフタイムに差が生じた。Fig.2 (a),(b) に熱処理後(1100°C , 6 h)の赤外散乱像を示す。酸素濃度、炭素濃度は同程度でも、Adv. Process では酸素析出が大幅に抑制されている。これは結晶成長時に析出核が形成されやすい温度領域に滞在する時間が短いことによると考えられる。Fig.2 (c),(d) に熱処理後(1100°C , 9 h)にエッチングを施した後の光学顕微鏡像を示す。結晶成長条件により、エッチピットの形状に差が生じた。これは転位の伝搬方向が異なることが示唆され、析出物の形状や大きさの違いに起因すると考えられる。Fig.3 に結晶成長条件による炭素濃度とエッチピット数から算出した転位密度の相関を示す。Adv. Process では転位形成が大幅に抑制されている。

以上から、結晶成長中に高温に保たれ急速に冷却された Cz-Si では、酸素析出や転位形成が抑制され、ライフタイム劣化が抑制されることを明らかにした。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] H. Bender *et al.*, Phys. Stat. Sol. A **86**, 245 (1984).

[2] B. Sopori *et al.*, Appl. Opt. **27**, 4678 (1988).

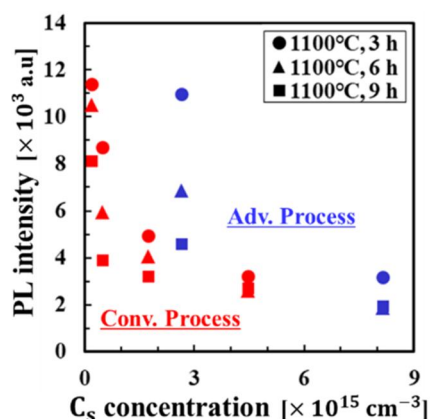


Fig.1 Correlation between carbon concentration and PL intensity depending on crystal growth conditions.

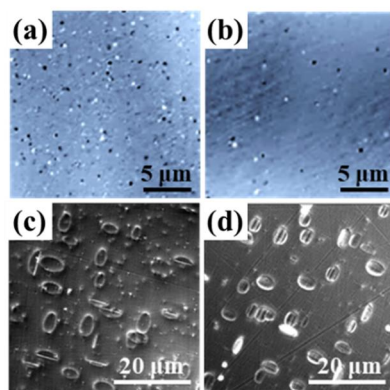


Fig.2 IR-LST images (a),(b) and optical microscope images of Sopor etched surface ((c),(d)) of Conv. ((a),(c)) and Adv. ((b),(d)) process.

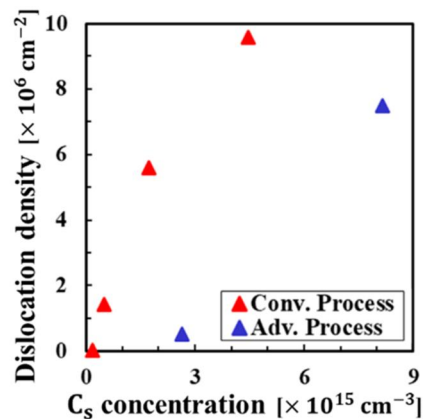


Fig.3 Correlation between carbon concentration and dislocation density depending on crystal growth conditions 1100°C for 9 h annealing..