Noncontact crucible method を用いた太陽電池用の直径比の大きな Si インゴット単結晶の研究開発

Growth of Si ingots with a large diameter-ratio using Noncontact crucible method

°中嶋　一雄[1]、小野　聖[1]、村井　良多[1]、金子　弦[1]（1. FUTURE-PV JST 郡山センター）
E-mail: kazuo.nakajima@pb.jst.jp

Si 融液を入れた石英ルツボ内で成長するキャスト成長法では、凝固時の歪みの影響を避けることが難しい。そのため、ルツボ内の融液中に大きな低温領域を形成して、その中で Si 結晶を成長する Noncontact Crucible Method (NOC 法)を我々は提案している。

本発表では、本成長法による結晶成長の最近の結果を紹介し、今後の方向を示す。

結晶成長は小型の旧炉で行った結果に加えて、立ち上げ中の大型の新炉の結果も紹介する。

１）旧炉による実験結果

Si 融液内で大きな低温領域が出来ているかどうかを確認するために、成長初期に引き上げを行わず、降温のみによって結晶を融液表面と内部に成長させ、その後一気に引き上げて、結晶形状を観察した。その結果、インゴット結晶は明確に下に凸の形状をしており、また融液内に 2.7 cm 深く（融液深さは 3 cm）成長しており、大きな低温領域が出来ていることを確認できた。酸素濃度は酸素の蒸発の起こる融液表面の面積に依存し、60%以上の直径比になると酸素濃度が高くなることが判った。60%前後では 10^{17} cm^{-3} オーダの酸素濃度であった。ネッキングが不十分なため、転位密度をまだゼロにできないが、インゴット結晶の周辺部を除き 10^2-10^4 cm^{-2} オーダになっている。特に結晶が厚くなるにつれて転位が低下する傾向が見られ、成長界面が凸の形状をしている為に、転位が結晶外に抜けるか結晶内で対消滅する可能性が考えられる。ライフタイムはゲッタリング前で 700 μs 前後であり、ゲッタリングにより 1-3 ms に大きく向上した。まだ不純物汚染が課題であり高純度化が必要である。本成長法の成長速度は融液内で低温領域が拡大する速度に依存している。そのため、横方向と縦方向では成長速度が異なる。横方向の成長速度を実測すると冷却速度と成長方位に依存しており、<110>方向では 0.6-1.5 mm/min であった。縦方向の成長速度は融液深さに依存しており、0.3-0.6 mm/min であった。寸胴型のインゴットを得るには、冷却速度を大きくすると効果があった。

２）新炉による実験結果

新炉でも大きな低温領域が出来ていることを確認した。33 cm φ の小型ルツボをテスト的に用いて、直径比を 80%以上に出来ることを確認した。この時、最大で 28 cm 径のインゴット結晶が成長できた。また、酸素濃度は直径比 0.6 以上でも 10^{17} cm^{-3} オーダに入っていた。

３）まとめ

本成長法は、従来の成長技術と異なる多くの点を有しているが、まだそのメリットを十分に活かせていない。今後、高純度化、低転位化に留意し、直径比を大きくできるメリットを活かした新成長法の開発を目指す。

© 2015年 応用物理学会