

浮遊キャスト成長法におけるデンドライト結晶を利用した 多結晶 Si の組織制御と転位密度の低減効果の実証

Reduction of dislocation density in a multicrystalline silicon ingot by controlling microstructures utilizing dendrite crystals during the floating cast method

○平松 巧也、高橋 勲、宇佐美 徳隆 (名大院工)

○Takuya Hiramatsu, Isao Takahashi, Noritaka Usami (Nagoya Univ.)

E-mail: hiramatsu.takuya@c.mbox.nagoya-u.ac.jp

太陽電池の主要材料である多結晶 Si は、転位に代表される結晶欠陥が多く存在し、太陽電池の性能に悪影響を及ぼすため、この密度を低減させる必要がある。我々はこれまでに、粒界近傍のせん断応力を低減するような多結晶組織に制御することが、転位密度の減少に有効であることを提案している[1]。具体的には、成長の初期過程でデンドライト結晶を平行に発現させることが有効であると考え、浮遊キャスト成長法を用いた組織制御を試みている[2]。浮遊キャスト成長法においてデンドライト結晶を平行に発現させるには、角型ルツボのある 1 辺の融液表面で優先的に核形成を起こす必要があり、融液表面のみに 1 方向の温度勾配を生じさせなければならない。我々は炉内の温度分布シミュレーションを行い、この複雑な温度分布を実現するための条件を求め、ルツボの周囲にサイズや位置を最適化した断熱材を設置するという簡便な方法で、目的とする温度分布を実現することに成功した[3]。本研究では、その条件で浮遊キャスト成長法により結晶組織を制御したインゴットを作製し、転位密度の低減効果を実証した結果について報告する。

インゴットの成長は内側の 1 辺が 60 mm の角ルツボに、原料となる Si を 400 g と p 型 Si 基板 ($<0.02 \Omega\text{cm}$) を 0.2 g 入れた。なお、冷却速度は融液表面がデンドライトで覆われるまでは $0.2^\circ\text{C}/\text{min}$ 、その後は $0.3^\circ\text{C}/\text{min}$ である。転位密度の測定には、融液表面での組織制御の影響を観察するため、インゴットの表面付近から水平方向に切り出した試料を用いた。エッチピットの形成には観察試料をエメリー紙で研磨後、Secco 溶液を用いて 30 分エッチングを行った。その後、スキャナーを用いて試料の表面状態を観察した。

図 1 に成長したインゴットの表面画像を示す。画像の右側は断熱材の設置により他の部分よりも低温に設定した部分である。設定通り、右側の壁から大きなデンドライト結晶がほぼ平行に成長していることが分かる。図 2 はインゴット表面から約 5 mm の位置のエッチピット画像である。赤の破線はデンドライトの主鎖を、黄丸は転位クラスターの位置を示している。ルツボ壁近傍の結晶粒が小さい範囲では転位クラスターが多数存在しているが、結晶組織制御によりデンドライト結晶が揃って成長している範囲には転位クラスターがほとんど存在していないことが分かる。

この結果は、デンドライト結晶を平行に発現させることが転位密度の低減に有用であることを明確に示している。より高精度な組織制御により、さらに高品質なインゴットが実現できることが期待できる。

本研究は新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)の支援の下に実施された。

[1] I.Takahashi *et al.*, Proc. 7th International Workshop on Crystalline Silicon Solar cells. [2] N. Usami *et al.*, J. Appl. Phys. **109**, 083527 (2011).

[3] 平松他, 2014 年第 74 回秋季応物, 18p-A25-9

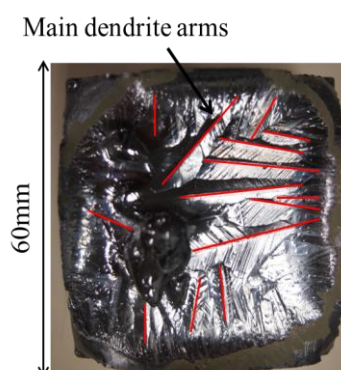


図 1. 温度分布を制御して作製したインゴットの表面画像

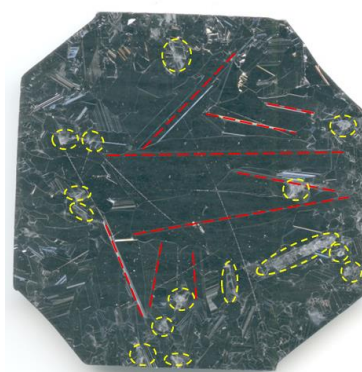


図 2. エッチピット画像