

高性能セル用大口徑比結晶成長技術の展開

福田 哲生¹、堀岡 佑吉²、藤原 航三³、棚橋 克人¹、高遠 秀尚¹

¹産業技術総合研究所 再生可能エネルギー研究センター 太陽光チーム、
²FTB研究所株式会社、³東北大学 金属材料研究所

1. 目的

PVセル用のシリコン・ウエハは、シリカガラスのるつぼに保持したシリコン融液から、図1(a)に示すような細長い円柱形状の単結晶を成長し、これを加工することによって製造される。

しかし長尺結晶の上部は、固化した後に炉から取り出すまでに10数時間の徐冷を受けるため、セル製造プロセスの熱処理によって図1(a)に示したような同心円状の結晶欠陥が発生し、セル効率の低下を引き起こすことが知られている。⁽¹⁾

我々は特殊なシリカガラスるつぼ(澆液るつぼ)⁽²⁾を用いて図1(b)に示すような大口徑比で短い結晶を成長し、結晶欠陥の大幅な低減を目指している(炉内での徐冷時間を短縮することがキーになる)。なお“結晶口径/るつぼ口径”を口径比(Diameter Ratio [DR])と定義する。

2. 検討

口径600 mmのるつぼに140 kgのポリシリコンをチャージし、ここから重さが125 kgで口径450 mm (DR: $0.75 = 450/600$)および225 mmの結晶 (DR: $0.38 = 225/600$)を成長した場合において、それぞれの収率を見積もった(詳しい計算過程は省略する)。太い結晶からは図2(a)のように4個のブロックが得られるが、全長は $300 \text{ mm} \times 4 = 1200 \text{ mm}$ であり、図2(b)に示した従来のブロック長(1470 mm)の81.6%である。しかし太い結晶は成長時間が大幅に短くなるので、この収率低下と相殺されコスト上昇は生じないことがわかった。

3. 実験、考察

東北大学の小型結晶成長炉(るつぼ径165 mm、ポリシリコンチャージ量3 kg)を用いて、大口徑比の結晶成長実験を行った。結果は図3(a)、(b)に示すようにDR = 0.70~0.73の結晶が成長できたので、実サイズの口径600 mmのるつぼからも大口徑比結晶の成長は可能であると考えられる。図3(b)に、るつぼサイズと比べた結晶の大きさを示す。

澆液るつぼを用いると、通常るつぼと異なり、るつぼ壁の融液が固化することなく成長を終了できた。これは

- (1) 澆液るつぼでは、るつぼ壁面でも融液に流れが存在する、
- (2) るつぼ壁との接触部が下がっているので熱放射が少ない、ことによると考えられる。

4. 結論

- (1) 澆液るつぼを用いれば、口径比0.70以上で安定した結晶成長を行うことができる。
 - (2) 口径600 mmの澆液るつぼから口径450 mmの結晶成長 (DR = 0.75) が可能であるとの見通しが得られた。故に長尺結晶の課題を解決できる可能性がある。
- 当日は、長尺・短尺結晶の成長方向の品質の違いを報告する。

参考文献

- (1) T. Tachibana, K. Nakamura, A. Ogura, Y. Ohshita, T. Shimoda, I. Masada and E. Nishijima, AIP Adv. 7, 045111 (2017).
- (2) T. Fukuda, Y. Horioka, N. Suzuki, M. Moriya, K. Tanahashi, S. Simayi, K. Shirasawa, and H. Takato, J. Cryst. Growth 438, 76 (2016).

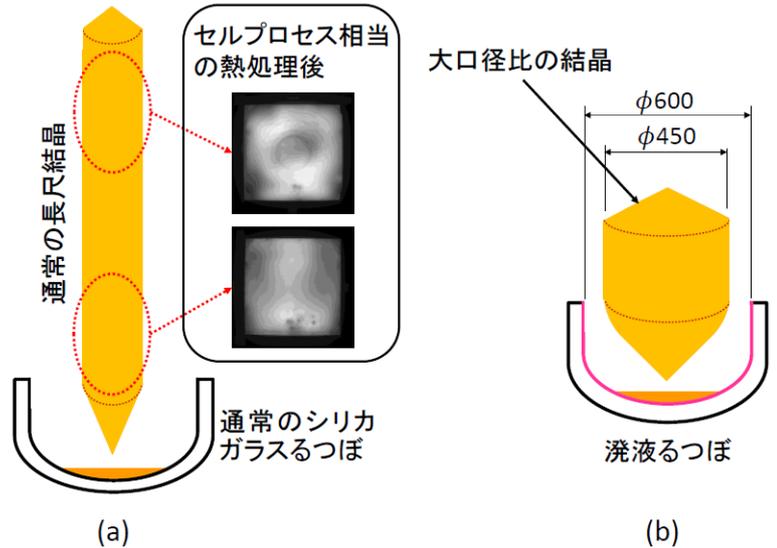


図1. 通常のシリカガラスるつぼによる結晶成長(a)、澆液るつぼによる大口徑比の結晶成長(b).

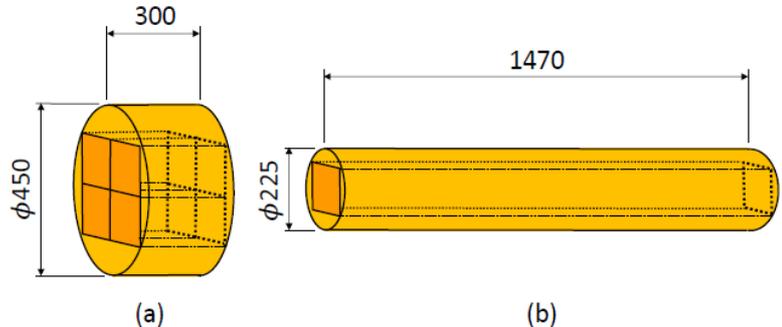


図2. 大口徑比(0.75)結晶からのブロック取得(a)、通常口径比(0.38)結晶からのブロック取得(b)のそれぞれの模式図。



図3. 実際に成長できた大口徑比結晶の例。DR = 0.70の結晶(a)、DR = 0.73の結晶(b1)、(b2)。図(b1)と(b2)の結晶は同一のものである。