

CZ-Si 結晶成長シミュレーションによる装置構造の最適化

Optimization of structures in CZ furnace by numerical simulation for CZ-Si crystal growth

エム・セテック (株)¹, 信州大学²○西原雄太¹, 小松太樹¹, 刈谷宣政¹, 沓掛穂高², 太子敏則², 干川圭吾²M.SETEK CO.,LTD.¹, Shinshu Univ.²○Y. Saibara¹, T.Komatsu¹, N.Kariya¹, H.Kutsukake², T.Taishi², K.Hoshikawa²

E-mail: yuta.saibara@msetek.com

【緒言】太陽電池用 Si 単結晶は、年率 10%を超える市場の拡大が期待され、低価格化および高品質化の要求が益々強まってきている。具体的には、結晶成長時における省エネルギー化や成長条件の最適化による生産性の向上、そして低酸素・低炭素化に代表される結晶そのものの高品質化などである。我々は、この問題を解決する為に、STR 社製 CG-Sim^[1]ソフトを用いて、CZ-Si 結晶成長装置内部ホットゾーン(HZ)構造の最適化に取り組んでいる。本報告では、結晶成長時の加熱電力が計算値と実験値で一致することを確認し、さらに同モデルを用いて坩堝サイズの大型化に対する電力消費量から、HZ 構造最適化を検討する。

【実験方法】解析は抵抗加熱式結晶成長炉構造に基づいた 2 次元軸対象モデルおよび実際の引上げ条件をもとに、単結晶成長モデルを構築して行った。同モデルより電力解析値の計算値と実験値を比較検討することで、解析精度を判断する。HZ 構造最適化は Fig.1 に示すように、坩堝サイズ(R)の大型化に反比例して断熱材(L)の厚みが薄くなる関係性がある。これに基づいて、坩堝サイズ(R)が 1inch ごとに大きくなっていくことを考慮した加熱電力量を数値解析にて計算した。その解析結果の消費電力量と生産性増加量より、定径部 1mm 成長に要する電力量を算出することで最適な HZ 構造を決定する。

【結果と考察】電力の解析精度において計算値と実験値で約 6%の誤差で一致しており構築したモデルが活用可能と判断した。Fig.2 は、定径部 1mm 成長に要する電力量と坩堝サイズの関係である。坩堝が Base サイズから大きくなるにつれて電力量は低下したが、+6inch 以上は断熱材の厚みが大幅に薄くなることの影響し、定径部 1mm 成長に要する電力量算出結果から非効率であることが確認できる。ゆえに高効率となる構造は、+4~5inch であった。この結果を基に実際の設計に適用させていく。

[1] CG-Sim Software, <<http://www.semitech.us>>

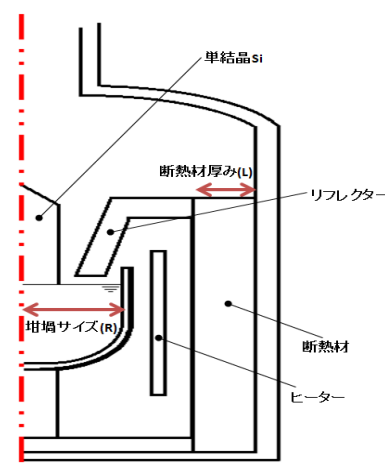


Fig.1 Relationship between crucible size (R) and thickness of heat shield (L) in CZ furnace.

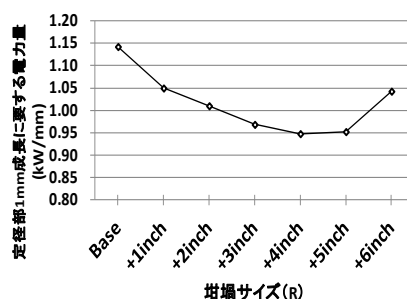


Fig.2 Relationship between power consumption for growing Si crystal 1mm in thickness and crucible size.