

数値解析による Cz 法シリコン単結晶成長時の組成的過冷却に関する研究

Investigation of Constitutional Supercooling during Cz Silicon Growth by Numerical Modeling

岡山県立大院情報系工¹, STR Japan 株式会社², STR Group, Inc.³, 岡山県立大情報工⁴

○(D)向山 裕次^{1,2},

ウラジミール アーティミフ³, ウラジミール カラエフ³, 末岡 浩治⁴

Graduate School of Okayama Pref. Univ.¹, STR Japan K.K.², STR Group, Inc.³, Okayama Pref. Univ.⁴

○Yuji Mukaiyama^{1,2}, Vladimir Artemiev³, Vladimir Kalaev³, Koji Sueoka⁴

E-mail: yuji.mukaiyama@str-soft.co.jp

要旨: Cz 法によるシリコン (Si) 単結晶成長中のボロン (B) やリン (P) などのヘビードーピングにより, Si 結晶内において転位や粒界の発生頻度が増加することが知られている. この様な結晶欠陥が発生する主要因の一つは, 固液界面の組成的過冷却に起因する形態的不安定性であると考えられている. したがって, 高品質なヘビードープ Si 単結晶を成長させるためには, 成長中の組成的過冷却を制御する必要がある. 本研究では, Cz 法による Si 単結晶成長中において, 偏析を含むドーパント (B, P) の融液内の輸送を考慮した 3 次元数値解析を行うことにより, 固液界面近傍の組成的過冷却に関して調査した.

解析: 3 次元数値解析によって得られた固液界面近傍の各ドーパントの濃度勾配と状態図から局所的な液相線の温度勾配を計算し, 実際の温度勾配と比較することによって組成的過冷却の発生を予測した. ここで, 実際の温度勾配と液相線温度勾配の差を組成的過冷却度と定義する. この値が負の場合に組成的過冷却が発生する可能性がある. この評価方法を用いて, 組成的過冷却のドーパント種, 濃度, および引き上げ速度依存性に関して解析を行った.

結果: 図 1 は, 300mm 直径, 引き上げ速度 0.8 mm/min, P へビードープ ($1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$) の Si 単結晶成長における, 固液界面上の時間平均した組成的過冷却度分布を示す. この結果から, 固液界面中心で組成的過冷却が起こっていることがわかる. 図 2 は, 同結果の半径方向の液相線温度勾配分布と実際の温度勾配の分布を示す. このグラフから固液界面上では液相線温度勾配はほぼ一定に対して, 実際の温度勾配は固液界面中心で小さいことがわかる.

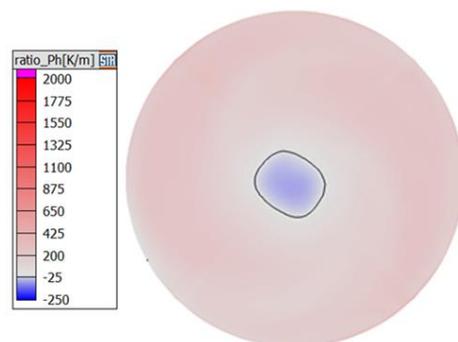


図 1 組成的過冷却度分布

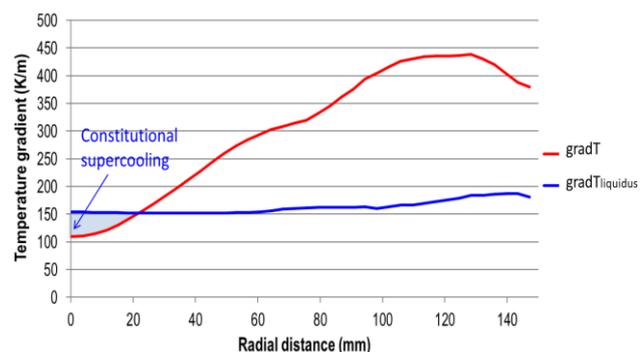


図 2 温度勾配 (赤線) と液相線温度勾配 (青線) 分布