

VB 法 β -Ga₂O₃ 結晶成長における成長速度の計算と制御

Calculation and Control of Growth Rate in VB- β -Ga₂O₃ Crystal Growth

信州大工¹、不二越機械工業²

○(M1)松木雄太¹、小林 壮¹、太子敏則¹、干川圭吾^{1,2}、大葉悦子²、小林拓実²

Shinshu Univ.¹, Fujikoshi Machinery Co.²

○Y. Matsuki¹, T. Kobayashi¹, T. Taishi¹, K. Hoshikawa^{1,2}, E. Ohba², T. Kobayashi²

E-mail: khoshi1@shinshu-u.ac.jp

【はじめに】 β -Ga₂O₃ は近年次世代パワーデバイス用半導体材料として注目され、融液成長が可能なたため高品質・低コスト化の観点から研究開発が進められている。今回我々は抵抗加熱式垂直ブリッジマン(VB)炉を開発し、これにより大気中、Pt-Rh 合金るつぼを用いて、直径 2-inch 単結晶の育成に成功した¹⁾。VB 法の特長である低温度勾配下での効率的・効果的単結晶成長を実現するには、成長中の固液界面の形状、位置を把握し、炉内温度勾配およびるつぼ降下速度を制御する必要がある。しかし、VB 法では固液界面の観察は不可能であることから、融液内温度分布シミュレーションから固液界面形状・位置を推定し、育成条件制御へ反映させることを検討した。

【実験方法】結晶成長に特化した数値解析ソフトウェア STR 社の CGSim を用いて二次元軸対称解析モデルを構築した²⁾。構築モデルを用いて実際の結晶育成時の温度分布、るつぼ移動を考慮した非定常計算を行い、るつぼ移動速度に対応した固液界面移動速度（成長速度）を計算し、適正な成長条件について検討した。ヒータ温度は 1830℃、るつぼ回転速度は 3rpm として計算した。

【結果と考察】Fig.1 に VB 成長中のるつぼ内温度分布および固液界面形状を示す。(a),(b),(c)は成長開始からそれぞれ 5h, 25h, 60h 経過後の固液界面形状とその位置を示し、固液界面形状は上凸成長界面であることが確認できる。Fig.2 にるつぼ移動速度を 1, 2, 5 [mm/h]と変化した場合のるつぼ中央での成長速度の計算結果を示す。育成初期はるつぼ移動速度の 1/2 程度の成長速度であるが、途中で成長速度が徐々に増加し、最後はるつぼの移動速度を越えるまで増加すること等が確認できる。これは固液界面での温度勾配が非常に小さいことに起因すると考えられる。これらの結果と考察から、結晶育成中であるるつぼ軸引き下げ速度を適正值に制御することで、効果的・効率的な結晶成長を実現できると考える。本研究の一部は NEDO の「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の支援を受けて実施している。

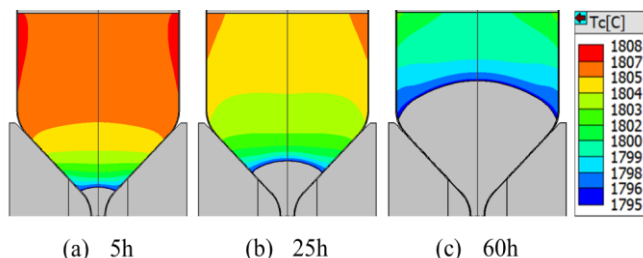


Fig.1 Temperature distribution and Solid-Liquid interface in crucible

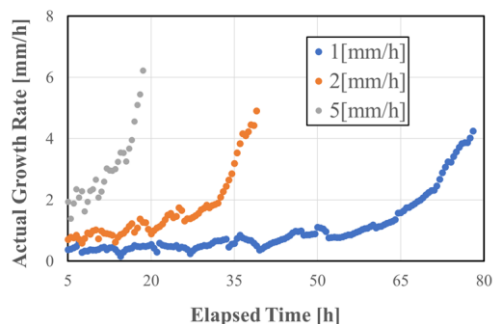


Fig.2 Actual crystal growth rate in VB process

- 1) 干川、小林、松木、大葉、小林、第 67 回応用物理学会春季学術講演会 (2020.3 結晶工学学科) 発表予定
- 2) 松木、小林、太子、大葉、小林、鍛冶倉、干川 第 48 回結晶成長国内会議(2019.11) 30p-A11