

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14229 号
------	---------------

氏 名 党 一 帆

論 文 題 目

Numerical Investigation of Long-term Instability in Solution Growth of SiC Crystal
(数値解析によるSiC結晶の溶液成長における長時間不安定性の研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	宇治原 徹
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	宇佐美 徳隆
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	小橋 眞
委員	大阪大学	基礎工学研究科	教授	岡野 泰則
委員	東北大学	未来科学技術共同研究センター	教授	柿本 浩一

論文審査の結果の要旨

党 一帆君提出の論文「Numerical Investigation of Long-term Instability in Solution Growth of SiC Crystal (数値解析による SiC 結晶の溶液成長における長時間不安定性の研究)」は、長時間にわたる SiC 溶液成長の過程において、結晶成長に関わる様々な環境変化や、結晶成長界面における形状の時間変化について、シミュレーションにより詳細に調べ、成長中に生じる不安定性の要因を明らかにし、安定成長を実現するための指針を示し、具体的な方法を提案している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、SiC 溶液成長のアウトラインを示したのち、長時間成長における課題を挙げ、その要因の特定や課題の克服において、熱流体シミュレーションの活用、新たなシミュレーション技術の開発、さらに機械学習による高速モデルの構築の必要性に言及し、本研究の目的について述べている。

第2章では、不安定性の要因の一つである溶液成長過程におけるるつぼ形状の変化に注目し、その影響について計算機シミュレーションを用いて明らかにしている。さらに、そのるつぼの形状変化過程を機械学習を用いることで高速モデル化することを行っている。結晶成長では、例えば、長時間にわたり結晶成長界面の形状が安定に保たれつつ、成長速度を大きくすることが望まれるが、そのためには、成長過程に応じて結晶成長条件も変化させる必要がある。本論では、高速モデルを用いることで、時間変化に応じた結晶成長シーケンスの最適化を行い、るつぼ変化に応じた適応的制御のためのレシピを見出している。

第3章では、結晶成長過程における溶媒成分の蒸発に注目し、溶媒の不安定性について明らかにした。具体的には、溶媒内に含まれるアルミニウムの蒸発と反応について計算機シミュレーションを行い、成長過程における蒸発により溶媒組成が変化が結晶成長に与える影響を明らかにした。さらに、安定な成長を実現するために、結晶成長に関する様々な部材の幾何学的形状を機械学習を活用して最適化した。実際に最適化された部材を用いて結晶成長を行ったところ、長時間の安定成長を実現することができた。

第4章では、結晶成長過程における結晶成長表面の安定性を調べるために、結晶表面全体におけるマクロステップの形態変化を予測することができるシミュレーションモデルを独自に構築した。このモデルは、与えられた制御パラメータの下で、結晶表面全体におけるマクロステップの形態を予測することができる。実際に実験を行い比較することで、このシミュレーションの精度の検証も行った。さらにこのモデルを用いることで、より最適な制御パターンを設計した。これにより、結晶表面全体に均一なステップモルフォロジーを形成する条件を見出すことができた。

第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、SiC 溶液成長の長時間成長において問題となる様々な不安定性の要因を明らかにし、さらに安定成長のための結晶成長パラメータの提案まで行っている。これらの最適化手法並びに得られた結果は、パワーデバイス応用を目指した高品質 SiC ウェハの製造技術を実現するために極めて重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である党 一帆君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。