

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11594 号
------	---------------

氏 名 肖 世玉

### 論 文 題 目

High quality 4H-SiC crystal growth and dislocations behavior during solution method  
(溶液法における高品質4H-SiC成長および欠陥挙動)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	宇治原 徹
委員	名古屋大学	教授	宇佐美 徳隆
委員	名古屋大学	教授	小山 敏幸
委員	名古屋大学	教授	白石 賢二
委員	名古屋大学	准教授	植田 研二

## 論文審査の結果の要旨

肖世玉君提出の論文「High quality 4H-SiC crystal growth and dislocations behavior during solution method(溶液法における高品質4H-SiC成長および欠陥挙動)」は、次世代パワーデバイス材料として期待されているシリコンカーバイド(SiC)結晶の溶液成長において、成長表面と欠陥形成・消滅現象の関係を明らかにし、さらに成長表面形状を制御することにより、従来のSiC基板結晶と比較して極めて低い転位密度を実現している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、昇華法やガス成長法などの他のSiC結晶成長手法と比較し、高品質結晶の実現の観点から溶液成長法の利点を述べている。特に、SiC結晶において主要な欠陥である貫通転位が、結晶成長表面のステップフローにより積層欠陥へ変換する現象について詳しく説明し、本現象が低転位密度実現において極めて重要であることを述べている。また本現象がSi面で生じやすく高品質化に優位であるのに対して、表面平坦性や多形安定性の観点からはC面への成長のほうが優位であり、このミスマッチが課題であることを説明している。これらの背景をうけて、本研究ではSi面における低欠陥密度化の限界を示すとともに、溶媒組成制御によりC面への成長でも、高品質化する手法の開発を目的としたことを述べている。

第2章では、結晶品質の制御において基礎知識となる結晶成長メカニズムの原理、本研究で実施するTop seeded Solution Growth(TSSG)法の成長原理について、さらには結晶欠陥の評価法について述べている。

第3章では、Si面への成長過程において新たに見出されたV字型の欠陥形成について述べている。従来の研究から、Si面への成長では貫通転位密度が著しく減少することが知られている。しかし、X線トポグラフィ法および電子顕微鏡による詳細な観察から、V字型の欠陥が成長過程に形成されていることを新たに見出した。さらに、この欠陥が成長表面の二次元島構造が原因で形成されることを明らかにした。

第4章では、これまで貫通転位から積層欠陥への変換現象がほとんど見られなかったC面の成長においても、溶媒組成を最適化することでステップ構造を制御し、C面においても変換現象を誘起させる手法について述べている。転位変換現象においては成長表面におけるステップ高さが重要な役割を果たしている。通常のC面成長ではステップ高さが低いため変換現象は生じないが、Si-Ti二元系溶媒を用いることでステップ高さが高くなることを新たに見出し、その結果、C面においても貫通転位から積層欠陥への変換現象が生じることを見出した。

第5章では、C面への成長における転位変換現象の発生率を調べ、その頻度とステップ構造との関係について述べている。C面における成長ではステップ高さを高くすることで変換現象が誘起されるが、その頻度がSi面への成長と比較して低い。透過電子顕微鏡による観察から、変換現象においてはステップの高さだけではなく、ステップの側面構造も影響することを明らかとし、さらに歪みエネルギーの観点からそのメカニズムを明らかにした。

第6章では、C面における転位変換現象を活用した二段階成長を新たに提案し、C面への成長でも転位密度を大幅に低減させることが可能であることを示した。

第7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、C面へのSiC溶液成長においてステップ構造を制御することで、転位変換現象を生じさせることで、著しい転位密度の低減を実現した。このことは、Si面への成長では困難であった表面安定性、多形安定性、低転位密度の同時達成を、C面への成長で実現できることを意味する。これらの結晶成長手法ならびに得られた結果は、高品質SiC基板結晶を実現するために重要であり、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肖世玉君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。