

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲	第 10725号
------	-----	----------

氏 名 楠 一彦

論 文 題 目

溶液法 4H-SiC バルク結晶成長と伝導型制御に関する研究

### 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	藤澤 敏治
委員	名古屋大学	教授	元廣 友美
委員	名古屋大学	教授	宇佐美 徳隆
委員	名古屋大学	教授	天野 浩
委員	関西学院大学	教授	大谷 昇

## 論文審査の結果の要旨

楠一彦君提出の論文「溶液法 4H-SiC バルク結晶成長と伝導型制御に関する研究」は、次世代パワーデバイス用材料として期待されている高品質 4H-SiC 単結晶の溶液成長法に関して、新たに確立した伝導型制御法および溶媒流動制御による長時間安定成長法について述べている。本論文は、全 6 章から構成され、各章の概要は以下の通りである。第 1 章は、SiC 単結晶および SiC 単結晶の製造方法の課題について述べ、さらに、SiC 結晶中の欠陥とデバイス特性の関係を説明したうえで、本論文で対象とする溶液法の原理と特徴、さらに実用化を見据えた現状の技術課題を概説し、最後に本論文における目的を述べている。第 2 章では、窒素およびリンをドーパントとして用いた n 型 4H-SiC の結晶成長について述べ、特に窒素ドーピングについては、雰囲気中の窒素分圧によりドーピング量の制御が可能であり、またドーピング量を  $3 \times 10^{19}$  atoms/cm<sup>3</sup> 以下に抑制することで高密度の積層欠陥の発生を抑制しつつ高品質な n 型結晶を実現できることを明らかにしている。第 3 章では、アルミニウムをドーパントとして用いた p 型 4H-SiC の結晶成長について述べ、Cu を Si-Al 融液に添加することで、融液と黒鉛との反応を抑制しつつ、溶液中のアルミニウム組成と成長温度によりアルミニウムドーピング量を精密に制御できることを明らかにし、さらに、本手法を用いることで、約 70 m Ω cm の抵抗値を得ることに成功し、本手法が低抵抗 p 型バルク結晶の成長法として、有力な手法であることを実証している。第 4 章では、Si-Ti 溶媒からの 3 インチ径 4H-SiC 結晶成長について述べている。コンピューターシミュレーションを駆使することで坩堝形状の最適化し、溶媒の流動制御を行うことで、高品質成長の妨げとなっていた成長界面の不安定性を解消し、その結果、現状の溶液法で世界最大口径となる 3 インチ径 4 mm 厚の 4H-SiC 結晶育成に成功したことを述べている。第 5 章では、溶液法 SiC 単結晶の長尺成長について述べている。コンピューターシミュレーションによる検討を行ったところ、長時間成長においては、結晶成長表面近傍の温度分布や過飽和度分布が時間変化し、それが成長界面不安定性の原因のひとつであることを明らかにしている。さらに、これらを一定に保持する条件で成長を行ったところ、3 インチ径、14 mm 厚みのバルク結晶を育成に成功したことを述べている。第 6 章は、総括として本論文の研究成果をまとめている。以上のように本論文では、溶液法による SiC バルク結晶成長において必要な伝導型制御法、および長時間安定成長による大口径・長尺成長のための指導原理を得るに至っている。ここで得られた成果は、長年困難であると考えられてきた溶液法による SiC バルク結晶成長が、実現可能であることを示している。さらに本手法で提供される SiC 結晶は非常に高品質であり、SiC パワーデバイスの発展においても大きなインパクトを与えるものであり、工学の発展に寄与するところが大変大きいと判断できる。よって、本論文提出者、楠一彦君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。