

令和 元年 6月 20日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K04947

研究課題名(和文) Si・C溶質が連続供給される溶剤金属からの改良TSSG法によるSiC溶液成長

研究課題名(英文) Solution growth of SiC by improved TSSG technique from metal solvent using SiC ceramics

研究代表者

太子 敏則 (Taishi, Toshinori)

信州大学・学術研究院工学系・准教授

研究者番号：90397307

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：炭化ケイ素(SiC)について、従来の溶液法とは異なり、Siを含まない金属溶液にSiCセラミックスを溶解させ、SiおよびCが溶け出した熔融金属からの結晶成長を行う。熔融金属とSiおよびCの溶解度と溶解速度、4H-SiC結晶成長の安定性、再現性の観点から、この結晶成長に適した金属溶剤および結晶成長条件の最適化を試みた。

溶剤金属としてCrを選択することによりSiCのみを晶出し、溶質であるセラミックスをカーボンるつぽに接しない凹型にすることにより、溶剤中のSiおよびC組成を均一にでき、より厚いSiC結晶を成長できることを見出した。成長条件を改善することにより、より長尺なSiC結晶成長の可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来行われているTSSG法によるSiC溶液成長では、成長が進むにつれて溶液中のSiおよびC組成が変化するため、次第に同一条件下での結晶成長を維持できず、長尺の結晶を得ることができなかった。それに対して、本結晶成長方法において溶剤金属としてCrを選択することによりSiCのみを晶出でき、溶質であるセラミックスをカーボンるつぽに接しない凹型にすることにより、溶剤金属中のSi、C組成をほぼ等量の25mol%程度に一定にできることを示すことができた。これらの成果によりSiCの長尺化の可能性が示唆され、今後の成長条件改善により、同一の結晶成長条件下での高品質で安価なSiC単結晶成長の実現が期待される。

研究成果の概要(英文)：We examined solution growth of SiC from a Cr solvent without molten Si with the use of ceramic SiC feed and a carbon crucible as the SiC solute source. Cr metal was selected for the metal solvent, and we investigated the effects of cylindrical and concave of the ceramic SiC feed. Non-contact between the solution and carbon crucible was realized with the use of a concave ceramic, which maintained the Cr melt within a concavity, whereas the melt contacted with both the carbon crucible and ceramic for the cylindrical ceramic. The growth rate was about 16 times as high as that of the cylindrical ceramic. We found that C and Si concentrations in the residual Cr-based solution were almost the same for the concave ceramic, whereas the C concentration was high and graphite was observed in the solution from cylindrical ceramic. Therefore, we concluded that the use of Cr metal and concaved-shaped ceramic was suitable for the present improved solution growth of SiC.

研究分野：結晶成長

キーワード：炭化ケイ素 溶液成長 改良型TSSG法 セラミック 溶剤金属 溶質連続供給

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

## 1. 研究開始当初の背景

炭化ケイ素 (SiC) は、現在パワーデバイスとして主流のシリコン (Si) と比して、バンドギャップ 3 倍、絶縁破壊電界 10 倍、熱伝導率 3 倍の優れた物性値を有し、低損失かつ高機能な次世代パワーデバイス材料として期待されている。IV 族元素のみで構成される SiC パワーデバイスへの移行は、豊富な技術、ノウハウのある Si を用いたデバイスプロセスを踏襲でき、重要な位置づけとなっている。SiC 単結晶成長は昇華法が主流であり、現在直径 6 インチのウェハが市販されているが、育成される結晶全体の品質が高いわけではなく、比較的品质のよい部分を切り出してウェハとして販売しており、価格は 1 枚数十万円とされている。それでもなお、高電圧を印加した際に致命的となる貫通転位等の欠陥密度が高いことが問題である。よって、SiC にとって転位密度低減は必須課題となっている。

一方、Top-Seeded Solution Growth (TSSG) 法 (図 1) に代表される SiC の溶液成長に関する研究開発も盛んに行われている。溶液法は高品質に結晶育成ができるとされており、実際に転位密度の低い結晶が得られる技術も報告されている。Si に溶剤金属を加えた融液をカーボン製のるつぼに保持し、るつぼから炭素原子を溶解し溶液中の Si との過飽和を駆動力として SiC 単結晶を育成することが特徴であり、現在直径 3 インチの結晶が得られている (図 2: Kusunoki et al., J. Cryst. Growth (2013).)。しかし、成長速度は溶液中の炭素の輸送律速となっており、さらにこの方法では結晶成長が進むにつれて溶液の組成がずれていき、長尺結晶を得ることが困難である。現状では十数 mm の結晶しか得られないことが課題であり、より大きな結晶を育成するためには多量の溶液から結晶を得るといった非効率的な方法しかなく、これにより炭素の輸送律速の問題はさらに深刻化する。

単結晶育成に関して、Si は人工で最も大きく、速く、高品質に作る事ができる単結晶である。しかし、SiC の溶液成長には Si 単結晶育成の技術、ノウハウがほとんど反映されていない。日本国内を見渡す限り、SiC 溶液成長の研究者に Si 単結晶成長をベースとするプレーヤーがいない現状である。その理由として、①結晶成長方法：融液法 (Si) と溶液法の違い、②結晶品質：SiC で深刻となるポリタイプ、無転位成長が困難、③応用：パワーデバイス材料としてコンペティターであることが連想される。しかし、SiC の台頭なくして、近未来の省エネ社会の実現は困難極まりなく、今 SiC 結晶成長技術の向上がなければ省電力パワーデバイス開発の未来はない。

研究代表者の太子は、TSSG 法を模した Si を主成分に含まない溶液からの SiC 単結晶育成の可能性を示した。カーボン製のるつぼに SiC のセラミックスを入れ、その上に金属溶剤として Cr を配置し融解すると、固化した Cr には SiC と Cr と Si が多く含む部分のみが観察され (図 3)、Cr 融液は SiC セラミックスの方をカーボンのるつぼよりも選択的に溶解すること、すなわちほぼ当量の Si と C を溶液中に溶解することにより、その溶液から SiC 単結晶成長ができると考えられる。この結果を受けて本研究の着想に至った。Cr は Si および C を約 20at% 溶解できることから、これを発展させることで充填した SiC セラミックスを再結晶化し、昇華法に匹敵する大型かつ長尺の SiC 単結晶の成長が期待できる。なお、本研究に関する特許出願を行っている。

## 2. 研究の目的

前述のように、次世代パワーデバイス材料として期待される炭化ケイ素 (SiC) について、従来の溶液法とは異なり、Si を含まない金属溶液に SiC セラミックスを溶解させ、Si および C が溶け出した熔融金属からの結晶成長を行う (図 4)。充填した SiC セラミックス分の SiC 単結晶を溶剤金属を通じて再結晶により得ることにより、従来の SiC 溶液成長の壁を打破し、結晶の大型化、長尺化に挑む。3 年の研究期間で熔融金属と Si および C の溶解度と溶解速度、4H-SiC 結晶成長の安定性、再現性の観点から、この結晶育成に適した金属溶剤および結晶成長条件の最適化を、信州大学既存の設備で検討する。各年度で以下について検討する。

- (1) 1 年目： 溶剤金属 (Cr, Ti, Ni, Fe など) への SiC の溶解度、溶解速度の検討および低温融点溶剤金属 (Ni, Fe) からの SiC 結晶育成の環境整備
- (2) 2 年目： 高温融点金属 (Cr, Ti) による SiC 結晶育成、炉内観察できない環境での結晶育成技術の確立、無転位成長の可否

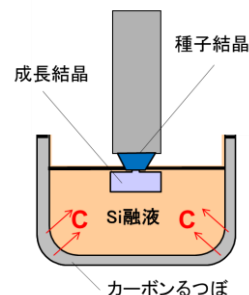


図 1 従来の TSSG 法による SiC 結晶育成の模式図

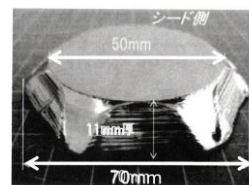


図 2 TSSG 法により育成された SiC 結晶

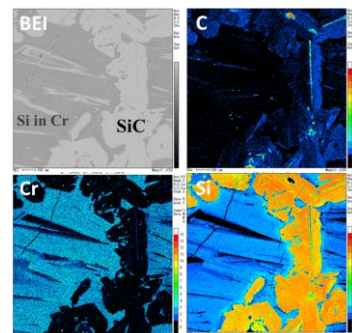


図 3 予備実験結果: SiC セラミックス上に配置した Cr 融液表面の EPMA マッピング結果 SiC から Si と C が溶け出し、SiC を形成している

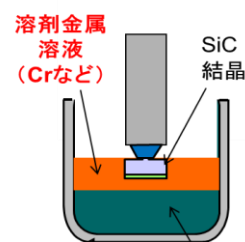


図 4 本研究で実施した新規結晶育成模式図

(3) 3年目： 直径2インチ、長さ50mmSiC結晶育成、無転位成長の可否、品質の検討

### 3. 研究の方法

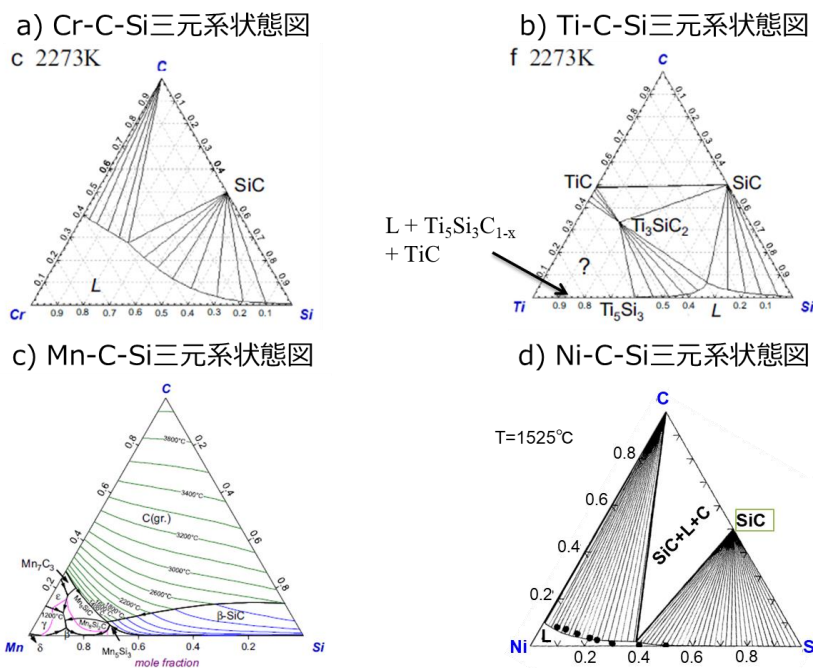
- ① 溶剤金属 (Cr, Ti, Ni, Fe など) への SiC セラミックスの溶解度、溶解速度の検討  
信州大学工学部内に設置済みの「CZ 結晶育成装置」は、単結晶の引き上げができ、ヒータや断熱材などの炉内構成によっては 2000°C以上の温度に加熱できる。この炉を用いて、溶剤金属に対する SiC セラミックス (アスザック社製 ASiC、密度 3.14g/cm<sup>3</sup>) の 1600~2100°Cにおける溶解度、溶解速度測定を行う。溶剤金属としては、(イ)SiC 溶液成長に用いられた報告があり、(ロ)状態図から Si と C をほぼ同量溶解可能、(ハ)融点 1200~2000°Cの金属、の観点で既存状態図から Cr, Ti, Ni, Si を候補としている)。SiC セラミックス上に溶剤金属を配置し、高温加熱し金属を融解し数時間保持した後に冷却し、炉から取り出した後に金属を強酸で溶解、除去し、乾燥後に実験前後の SiC セラミックスの重量の比較を行う。また、金属と接触している部分の面積および高温での保持時間から、各温度における SiC 溶解速度 (単位: g/cm<sup>2</sup>・sec) を求め、金属ごとの比較を行う。
- ② SiC セラミックスとカーボン坩堝の溶解選択性の評価  
SiC セラミックスを様々な材質のカーボンるつぼに充填し、①で溶解速度が大きいと判断される金属にて、SiC とカーボンるつぼに同時に融解した金属が接触するような配置を実現する。その際に、SiC セラミックスがカーボンよりも選択的に溶解する条件、すなわち溶剤金属に溶解されにくいカーボンるつぼ材質を検討し、以後の結晶育成実験で用いる。
- ③ 観察しながらの低温融点溶剤金属 (Ni, Fe) からの SiC 結晶育成  
②で最適化した材質のカーボンるつぼ (内径1インチ) に、SiC セラミックスおよび溶剤金属を入れ、Ar 雰囲気1気圧で加熱し、金属を融解する。①で見積もった Si+C の溶解度に達する時間よりも前に、カーボン軸に配置した SiC 種結晶基板を溶融金属表面に接触させ、SiC の結晶成長を開始する (図5参照)。H28年度は、炉内を直接観察可能な、融点が 1500°C以下の Ni および Fe を金属とし、種結晶が着液した瞬間の信号検出、放射温度計を使った種結晶直下の温度測定等を最適化し、環境を整備する。得られた結晶のポリタイプは、本学設置のラマン分光測定装置、転位密度は溶融水酸化カリウムによるエッチングで評価を行う。平成28年度は、直径20mm、長さ10mmのSiC結晶を成長することを目標とする。万が一、予定通りにSiC結晶が成長しない、あるいはさらなる結晶育成条件の改善が必要な場合は、H28年度中に課題を抽出し、H29年度に重点的にその解決のための予備実験、確認実験を行う。
- ④ 高温融点金属 (Cr, Ti) による SiC 結晶育成、炉内観察不可の環境での結晶育成技術の確立  
H28年度に③が順調に進んだ場合、融点 1500°C以上の金属である Cr, Ti を用いた SiC 結晶育成を行う。高温で成長することで、パワーデバアイスとして最適なポリタイプである 4H の SiC が得られやすくなるため、本実施項目は必須である。しかし、高温成長により炉内の放射熱による抜熱が大きくなるため、炉内を観察しながらの成長が不可能となる。そのため、③にて低融点金属を使った実験を先行して行い、整備された環境にて本課題を実施する。得られた結晶は、③と同様にポリタイプはラマン分光法、転位密度はエッチングにより評価する。
- ⑤ SiC 溶液成長における無転位成長の検討  
④が実現できた場合に、CZ 法 Si 結晶成長で必須になっている無転位成長のためのネックングや、種子づけ時の温度最適化等、研究代表者の太子が有する経験、知見を SiC 溶液成長に適用し、無転位 SiC 溶液成長の可能性について検討する。
- ⑥ 直径2インチ、長さ50mmSiC結晶育成、品質の検討  
④、⑤が実現できたところで、カーボンるつぼの内径を2インチ強に拡大し、③、④と同様に SiC 溶液成長を行う。得られた結晶の評価は③、④と同様であるが、結晶全体の転位分布、密度については、外注による X 線トポグラフィにより評価する。また、結晶中の微量不純物分析の大半は、本学の TOF-SIMS 分析により評価する (一部外注を検討)。実験条件の試行錯誤により、平成30年度末までに直径2インチ、長さ50mmの4Hの単一ポリタイプとなる超低転位密度 (<100cm<sup>-2</sup>) の SiC 結晶育成を目標とする。

### 4. 研究成果

- (1) 平成28年度の実施事項と成果  
信州大学既存の結晶育成装置を整備し、溶剤金属 (Cr, Ni, Fe など) への SiC の溶解度、溶解速度の検討を行い、SiC セラミックスとカーボンるつぼの溶解選択性の評価と溶剤金属 (Cr, Ni, Fe) からの SiC 結晶育成を検討した。  
まず、溶剤金属を Fe とした場合、SiC セラミックスが溶解されず、カーボンるつぼの溶解が支配的であることがわかった。同時に、SiC セラミックスおよび種結晶上で固化した Fe からは SiC が検出されず、本研究の溶剤としては不相当であると結論した。  
次に溶剤金属を Ni とした場合、SiC セラミックスの溶解は確認できたが、種結晶上で固化した Ni からは SiC 結晶が検出されず、グラファイトおよび Ni-Si 化合物が検出された。よって、Ni も溶剤としては不相当であると判断した。  
溶剤金属として Cr を用いた場合、セラミックス上に固化した Cr から SiC 結晶が確認できた。また、SiC 種結晶直下に SiC 結晶が成長することも確認された。液温を上げることで SiC の結晶成長速度が下がる傾向が見られた。それでも現時点では、Cr を溶剤金属として用いる

ことにより、目的の結晶育成が実現できる可能性が高いと判断された。

以上の結果は、図5に示す、Si-C-M (M:溶剤金属) の三元系状態図とは矛盾せず、検討した中ではCrが金属に関わる化合物を形成せず、SiC 晶出に有利であることが確認でき、本研究で用いる金属として適当であることが示唆された。



a, b) T. Narumi et al., J. Cryst. Growth **408** (2014) 25-31.  
 c) M.-K. Paek et al., CALPHAD **46** (2014) 92-102.  
 d) Y. Du et al., Metall. Mat. Trans. A **30** (1999) 2409-2418. の図の向きを変更

図5 Si-C-M (M: 金属、Cr, Ti, Mn, Ni) の三元系状態図

## (2) 平成 29 年度の実施事項と成果

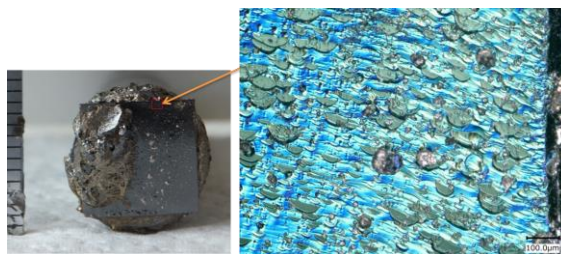
溶剤金属としては平成 28 年度に適当であると判断した Cr をベースとして結晶成長実験を実施した。図4のような模式図において、結晶成長温度を固定し、溶液の高さ（セラミックスから種結晶までの距離）を 5-15mm、溶液内温度勾配 3-21°C/cm の範囲で変化させて結晶成長を実施した。その結果、図6(a)のような結晶が得られた。成長結晶について表面観察および成長厚さの測定を行った。

図6(b)は成長した結晶表面の光学顕微鏡像の一例である。結晶はステップフロー様の成長をしているが、大部分に溶媒金属の付着痕が見られた。ステップ形状から、成長後に表面近傍に残っていた Cr 溶媒が結晶に取り込まれて固化した結果であると考えられる。

溶液高さが低い場合、低結晶成長速度であるが、種結晶と同じく 4H が成長しが、高い場合は多結晶化もしくは 4H 以外の SiC 結晶が成長することが分かった。また、温度勾配が低いまたは高い場合は 4H 単一で成長したが、低成長速度となった。

以上のことから、Cr を溶剤金属として使用した場合、高結晶育成温度、低温度勾配、低液面高さが結晶育成条件として良好であると確認できた。

また、溶剤金属として Al を選択した場合、SiC セラミックスおよびカーボンるつぼからの溶解を確認した。セラミックス上で固化した Al からは SiC 結晶は検出されず、黄色の Al<sub>4</sub>C<sub>3</sub> 結晶が検出された。よって、Al は溶剤金属として不向きであると結論付けた。

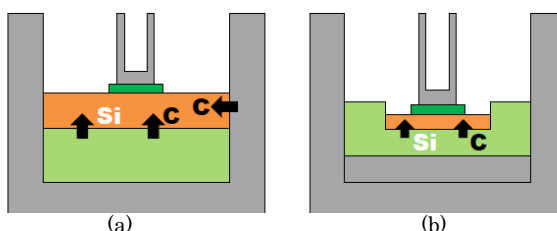


(a) (b)  
 図6 (a) Cr 溶媒から成長した結晶、(b)成長した結晶の表面の光学顕微鏡写真の一例

## (3) 平成 30 年度の実施事項と成果

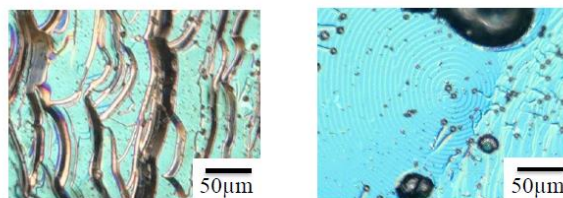
平成 29 年度までに溶媒として適正であることが確認された高温融点金属である Cr に対して、溶質となる SiC セラミックスの形状を変えた実験と、Cr に Al を添加することによる成長表面の平坦化および成長速度に与える影響について検討した。

図7に示すように、SiC セラミックス



(a) (b)  
 図7 (a) 円筒型セラミックス、(b)凹型セラミックスを用いた SiC 溶液成長の模式図

の形状は、従来のカーボンるつぼに接触する円筒型(図7(a))と、接触しない凹型(図7(b))の2種類について実験した。その結果、図8に示すように円筒型に比べて凹型セラミックスを用いる方が、結晶が厚く成長し、成長表面はらせん成長様であることを確認した。成長後に、EPMAによるるつぼ内に残った金属中の組成分析を行ったところ、円筒型ではるつぼからの過剰な炭素原子の溶解により溶媒中のグラファイト形成を引き起



成長速度:9 $\mu$ m/h (a)  
成長速度:155 $\mu$ m/h (b)  
図8 (a)円筒型セラミックス、(b)凹型セラミックスを用いて成長したSiC結晶表面の光学顕微鏡写真

こすことがわかり、一方で凹型ではシリコンと炭素原子がほぼ等量溶解し、SiCの成長に適していることがわかった。EPMAで測定したSi、C組成をもとにSi-C-Crの三元系状態図にプロットすると、円筒型と凹型セラミックスの使用により、前者はグラファイト晶出側に、後者はSiC晶出側に進む傾向があることを証明できた。

一方、Alを添加することにより、成長表面のマクロステップ高さを5分の1の0.1 $\mu$ m程度に抑制することができ、平坦化に寄与することがわかった。Alを20mol添加した溶媒ではAl-C化合物が形成され、SiCの成長が阻害されることを確認し、10mol%添加の溶媒で最大の成長厚さを実現した。

以上のことから、Siを含まない金属溶媒によるSiC溶液成長が可能であり、Al添加により平坦化、高品質化できること実証した。従来のTSSG法とは異なり、SiCセラミックスを原料とし、溶剤金属中のSi、C組成をほぼ等量の25mol%程度に一定にできることを示し、今後の成長条件改善により、より長尺のSiC単結晶を得られる可能性を見出した。

ただし、当初目標としていた無転位成長や直径2インチサイズへの大形化には至らず、今後の課題となった。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- 1) K. Suzuki, T. Taishi, Solution growth of SiC without molten Si using concave ceramic SiC feed, The Proceedings of the 8th Forum on Science and Technology of Silicon Material 2018, pp. 377-381, 2018. (査読なし)
- 2) N. Tsuchimoto, S. Ehara, T. Taishi, Numerical simulation of carbon concentration in top-seeded solution growth of SiC, The Proceedings of the 8th Forum on Science and Technology of Silicon Material 2018, pp. 377-381, 2018. (査読なし)
- 3) K. Suzuki, K. Hyun, T. Taishi, Effect of the Growth Conditions on the Crystal Quality in Solution Growth of SiC Using Cr Solvent without Molten Si, Material Science Forum, 924 (2018) 35-38. (査読あり)
- 4) K. Hyun, T. Taishi, K. Suzuki, K. Teshima, Experimental Determination of Carbon Solubility in  $Si_{0.56}Cr_{0.4}M_{0.04}$  (M = Transition Metal) Solvents for Solution Growth of SiC, Material Science Forum, 924 (2018) 43-46. (査読あり)
- 5) T. Taishi, M. Takahashi, N. Tsuchimoto, K. Suzuki, K. Hyun, Solution Growth of SiC from the Crucible Bottom with Dipping under Unsaturation State of Carbon in Solvent, Material Science Forum, 924 (2018) 51-54. (査読あり)
- 6) K. Suzuki, T. Taishi, The Solution Growth of SiC from Solvents With or Without Si, Proc. of The 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials, pp. 297-300, 2016. (査読なし)

[学会発表] (計20件)

- 1) 太子敏則, 鈴木皓己, 土本直道, SiC溶液成長における溶質の溶解・輸送・成長, 日本金属学会2019年春期(第164回)講演大会, 東京, 2019年3月.
- 2) 土本直道, 江原慎吾, 太子敏則, SiC溶液法における炭素濃度の経時変化を考慮したシミュレーションとその実測, 第47回結晶成長国内会議, 仙台, 2018年11月.
- 3) 鈴木皓己, 太子敏則, 溶質供給源の形状を変化させたCr単一溶媒でのSiC溶液成長, 第47回結晶成長国内会議, 仙台, 2018年11月.
- 4) 太子敏則, SiC溶液成長における溶液中の炭素濃度の経時変化および成長時の非定常解析, 日本結晶成長学会バルク分科会第102回研究会, 名古屋, 2018年3月. (依頼講演)
- 5) 太子敏則, 干川圭吾, SiCおよび機能性バルク単結晶の育成 ~融液成長からのSiC溶液成長のアプローチ~, 第65回応用物理学会春季学術講演会, 長野, 2018年1月. (依頼講演)
- 6) 太子敏則, TSSG法によるSiC溶液成長における溶媒中の炭素の溶解・輸送解析と結晶品質に与える影響, 第12回日本フラックス成長研究発表会, 横浜, 2017年12月. (招待講演)
- 7) 玄光龍, 土本直道, 鈴木皓己, 太子敏則, 手嶋勝弥, Si-Cr-CおよびSi-Cr-M-C (M=Co, Mn) 溶媒によるSiC溶液成長, 第12回日本フラックス成長研究発表会, 横浜, 2017年12月.
- 8) 鈴木皓己, 高橋大, 土本直道, 玄光龍, 太子敏則, 村山健太, 原田俊太, 宇治原徹, SiC溶液成

- 長法における溶媒中の Cr 組成に対する成長ポリタイプの 面内分布及び相対存在割合の評価, 先進パワー半導体分科会第 4 回講演会, つくば, 2017 年 11 月.
- 9) 高橋大, 玄光龍, 土本直道, 鈴木皓己, 沓掛穂高, 太子敏則, SiC 溶液法における坩堝からの炭素の溶解現象と結晶品質の関係ー炭素溶解速度と炭素溶解度ー, 電子情報通信学会電子部品・材料研究会(CPM)研究会, 長野, 2017 年 10 月.
  - 10) N. Tsuchimoto, K. Suzuki, M. Takahashi, K. Hyun, T. Taishi, K. Murayama, S. Harada and T. Ujihara, The effect of the structure of seed attachment on polytype and morphology in solution growth of SiC by TSSG method, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2017, Nagoya, Sep. 2017.
  - 11) K. Suzuki, M. Takahashi, N. Tsuchimoto, K. Hyun, T. Taishi, K. Murayama, S. Harada T. Ujihara, Evaluation of Polytype of SiC Grown by Top-Seeded Solution Growth Technique Using Various Composition of Cr in Si-Cr Based Solvents, International Conference on Materials and Systems for Sustainability 2017, Nagoya, Sep. 2017.
  - 12) 太子敏則, 高橋大, 土本直道, 鈴木皓己, 玄光龍, TSSG 法による SiC 溶液成長における種子づけと溶液中の炭素濃度との関係, 第 78 回応用物理学会秋季講演会, 福岡, 2017 年 9 月.
  - 13) T. Taishi, M. Takahashi, N. Tsuchimoto, K. Suzuki, K. Hyun, Solution growth of SiC from the crucible bottom with dipping under unsaturation state of carbon in solvent, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2017, Washington D.C., USA, Sep. 2017.
  - 14) K. Suzuki, K. Hyun, T. Taishi, The effect of the structure of seed attachment on polytype and morphology in solution growth of SiC by TSSG method, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2017, Washington D.C., USA, Sep. 2017.
  - 15) K. Hyun, T. Taishi, K. Teshima, Experimental Determination of Carbon Solubility in  $Si_{0.56}Cr_{0.4}M_{0.04}$  (M=Transition Metals) Solvents for the Solution Growth of SiC, International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2017, Washington D.C., USA, Sep. 2017.
  - 16) 鈴木皓己, 太子敏則, Cr 単一溶媒による SiC 溶液成長における育成温度と結晶品質の関係, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 横浜, 2017 年 03 月.
  - 17) K. Suzuki, T. Taishi, The Solution Growth of SiC from Solvents With or Without Si, 7th International Symposium on Advanced Science and Technology of Silicon Materials, Hawaii, USA, Nov. 2016.
  - 18) 高橋大, 鈴木皓己, 玄光龍, 小林聡, 太子敏則, SiC 溶液成長法における坩堝からの炭素溶解速度の検討, 第 3 回先進パワー半導体分科会, つくば, 2016 年 11 月.
  - 19) 鈴木皓己, 太子敏則, Cr 溶媒を用いた SiC 溶液成長における成長表面とポリタイプ, 第 3 回先進パワー半導体分科会, つくば, 2016 年 11 月.
  - 20) K. Suzuki, T. Taishi, Solution growth of SiC from metal solvent, 18th International conference on Crystal Growth and Epitaxy, Nagoya, Aug. 2016.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 1 件)

名称: SiC 単結晶の製造方法

発明者: 太子敏則、玄光龍、鈴木皓己、土本直道

権利者: 信州大学

種類: 特許

番号: 特願 2018-038847

出願年: 2018 年

国内外の別: 国内

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

なし

### (2)研究協力者

研究協力者氏名: 鈴木 皓己

ローマ字氏名: Suzuki Koki

研究協力者氏名: 土本 直道

ローマ字氏名: Tsuchimoto Naomichi

研究協力者氏名: 玄 光龍

ローマ字氏名: Hyun Koangyong