

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Effects of solid solution, microstructure and sintering atmosphere on thermal and electrical properties of porous SiC ceramics
著者(和文)	CHUNGYing
Author(English)	Ying Chung
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12777号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 克己,小林 能直,塚原 剛彦,近藤 正聡,保科 拓也
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12777号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		CHUNG Ying	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	吉田 克己		准教授	審査員	保科 拓也	准教授
	審査員	小林 能直		教授			
		塚原 剛彦		教授			
		近藤 正聡		准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は Effects of solid solution, microstructure and sintering atmosphere on thermal and electrical properties of porous SiC ceramics（固溶、微構造および焼結雰囲気が多孔質 SiC セラミックスの熱的・電気的特性に及ぼす影響）と題し、7 章からなっている。

第 1 章 Introduction では、カーボンニュートラル社会の実現に向けてサーマルマネジメント材料開発の重要性について述べるとともに、多孔質 SiC セラミックスが上記分野や原子力・核融合炉などへの応用が期待される材料であることを説明している。そのためには、用途に応じた熱的・電気的特性を有する多孔質 SiC セラミックスの開発が重要となるが、これらの特性に影響を及ぼす因子の解明に関する系統的な研究が極めて少ない点を指摘している。これらを踏まえた上で、本研究では多孔質 SiC セラミックスの熱的・電気的特性を支配する因子を解明し、そのメカニズムを解明することを目的としていることを述べている。

第 2 章 Effects of solid solution, grain size and porosity on the thermal conductivity of Al- or B-added porous SiC ceramics では、Al または B を添加して作製した多孔質 SiC セラミックスの熱伝導率に及ぼす Al および B の固溶、多孔質 SiC セラミックスの粒径および気孔率の影響について検討している。Al を添加した SiC の熱伝導率は、B を添加した SiC の熱伝導率よりも低く、これは Al の固溶により SiC 格子内の Al 原子の占有率が高くなるためであることを明らかにしている。また、本研究における Al および B を添加した SiC の熱伝導率は、粒径および気孔率の影響よりも固溶が支配的な要因であると結論づけている。

第 3 章 Thermal and electrical properties of Al- or B-added SiC sintered with α - or β -SiC powder では、 α -および β -SiC 原料粉末を用いて、Al または B を添加した気孔率の異なる SiC を作製し、その熱伝導率および電気抵抗率を評価している。また、B 源として B および B₄C を添加し、化学形態の違いが熱伝導率および電気抵抗率に及ぼす影響について検討している。Al および B は SiC に固溶するのに対し、B₄C は固溶せず、第 2 相として SiC セラミックス内に存在し、緻密化を促進するとともに熱伝導率は高くなり、電気抵抗率は B 添加よりも小さくなることを明らかにしている。また、電気抵抗率は Al 添加の方が B 添加よりも低く、Al の固溶量が多くなると電気抵抗率は低下し、気孔率が増加すると電気抵抗率は増加すると論じている。

第 4 章 Thermal and electrical properties of Al- or B-added SiC ceramics sintered in nitrogen atmosphere では、 β -SiC 粉末を用いて作製した SiC セラミックスの熱的・電気的特性に及ぼす焼結雰囲気の影響について検討している。窒素雰囲気中で焼結した場合、SiC セラミックスの粒径がアルゴン中で焼結した場合よりも小さくなり、熱伝導率が低くなることを明らかにしている。また、電気抵抗率は Al 添加の方が B 添加よりも高くなったが、これは窒化により第 2 相として生成した AlN に起因すると結論づけている。

第 5 章 Investigation of the mechanism of reduced electrical resistivity of Al- or B-added porous SiC ceramics sintered under nitrogen atmosphere では、窒素雰囲気中で焼結した SiC の方がアルゴン雰囲気中で焼結した場合よりも低い電気抵抗率を示す要因について検討している。フォトルミネッセンススペクトルから、窒素雰囲気中で焼結した SiC の電気抵抗率が低下する原因は、ドナーとアクセプターとの結合により放出されるエネルギーを片方のキャリアに与えてより高い状態に遷移する過程であるオージェ再結合現象によるものであることを明らかにしている。

第 6 章 Statistical analysis of the relation of processing parameters and properties using machine learning では、本研究で得られたデータおよび先行研究のデータをもとに、プロセスパラメータとして原料粉末の粒径、助剤の種類・添加量、焼結温度、焼結雰囲気および焼結時間、構造パラメータとして焼結体の気孔率を説明変数とし、熱伝導率および電気伝導率を目的変数とした機械学習での回帰分析を行っている。その結果、プロセスおよび構造パラメータと熱伝導率および電気抵抗率との関係はガウス分布に基づく回帰モデルを用いた非線形の関係性を示し、線形モデルよりも良い予測精度が得られたと論じている。また、ベイズ最適化により低熱伝導率および低電気伝導率を達成するためにどのようなプロセスおよび構造パラメータが必要かを明らかにしている。

第 7 章 Conclusion では、各章で得られた成果を総括して本研究の結論を述べている。

これを要するに、本論文は多孔質 SiC セラミックスの熱的・電気的特性について、固溶、微構造および焼結雰囲気が及ぼす影響を詳細に検討し、得られた結果をもとにそのメカニズムを解明したものであり、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。