慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	ナノコンポジット化を利用した応力エンジニアリングによる高温用誘電体の開発
Sub Title	Development of high-temperature dielectric materials by stress engineering using nanocomposite structures
Author	萩原, 学(Hagiwara, Manabu)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2018
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2017.)
JaLC DOI	
Abstract	高温で使用可能な炭化ケイ素パワーデバイスの開発・実用化に伴って, その周辺で用いられるコンデンサにも高い耐熱性が求められている。しかし, 従来のコンデンサ材料であるチタン酸バリウムは130℃にある相転移点(キュリー点)以上の温度になると誘電率が急激に減少するため, 高温下で用いることができない。そこで本研究では, チタン酸バリウムと他の物質とをナノレベルで複合化させ, 二相の熱膨張係数の差に起因する応力によってチタン酸バリウムのキュリー点を高温側にシフトさせることで, 300℃までの高温下で使用できる新しい誘電体材料の開発を目指した。 ナノコンポジット誘電体の作製方法として, 液相合成法の一つであるゾル–ゲル法を採用し, チタン酸バリウムの多孔体膜に第二相を浸透させて複合化する2段階のゾル–ゲルプロセスを検討した。 まず, ブロック共重合体を鋳型に用いたゾル–ゲル法によりコンポジット膜のフレームワークとなるチタン酸バリウム多孔体膜を作製した。チタン酸バリウム多孔体膜の作製条件と膜構造との関係を詳細に調べた結果, ゾル溶液への増粘剤の添加の有無と, 溶液の基板へのコート時における静置時間によって, 膜の厚みを200nmから最大1500nmまで変化させることに成功した。さらに, チタン酸バリウムと複合化させる第二相として酸化イットリムを選定し, コンポジット膜の作製を試みた。その結果, 硝酸イットリウムを溶解した溶液をチタン酸バリウム多孔質膜にコートして焼成することで, チタン酸バリウム膜中の細孔を酸化イットリウムが埋めたコンポジット膜が作製できることがわかった。作製したコンポジット膜は, 室温から500℃までの広い範囲で温度に対する変化の小さい安定した誘電率を示した。これらの結果から, 2段階のゾル–ゲル成膜プロセスにより, 温度補償系の高温コンデンサ材料として有望なナノコンポジット誘電体膜が作製できることが明らかとなった。 Development SiC-based power devices increases demand for dielectric materials for use in high-temperature capacitors. Barium titanate (BT), a conventional capacitor material, is not applicable to such high-temperature applications because its dielectric permittivity drastically decreases at elevated temperatures over the Curie point at 130℃. This study thus aimed to develop high-temperature dielectric materials through stress engineering in BT-based nanocomposite structures. A two-step deposition process based on the sol–gel technique was developed in this study to fabricate BT-based nanocomposite films. As the first step of the process, we fabricated porous films of BT. BT porous films with controlled thickness between 200–1500 nm could be obtained by using a viscous agent and by optimizing processing parameters in a spin-coating process. We then selected yttrium oxide (yttria) as the second phase to form the nanocomposite films. BT-yttria nanocomposite films were successfully obtained by coating of a solution of yttrium nitrate on the BT porous film followed by a heat treatment. The resulting nanocomposite film showed a temperature-insensitive dielectric permittivity in a wide temperature range between room temperature to 500℃. These results show that nanocomposite dielectric films applicable to high temperature applications can be obtained by the proposed two-step sol–gel process.
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2017000001-20170184

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

2018 年 4 月 10 日

2017 年度　学事振興資金（個人研究）研究成果実績報告書

研究代表者	所属	理工学部	職名	助教	補助額	500 （特B）千円
	氏名	萩原 学	氏名（英語）	Manabu Hagiwara		

研究課題（日本語）

ナノコンポジット化を利用した応力エンジニアリングによる高温用誘電体の開発

研究課題（英訳）

Development of high-temperature dielectric materials by stress engineering using nanocomposite structures

１．研究成果実績の概要

高温で使用可能な炭化ケイ素パワーデバイスの開発・実用化に伴って、その周辺で用いられるコンデンサにも高い耐熱性が求められている。しかし、従来のコンデンサ材料であるチタン酸バリウムは 130℃にある相転移点（キュリー点）以上の温度になると誘電率が急激に減少するため、高温下で用いることができない。そこで本研究では、チタン酸バリウムと他の物質とをナノレベルで複合化させ、二相の熱膨張係数の差に起因する応力によってチタン酸バリウムのキュリー点を高温側にシフトさせることで、300℃までの高温下で使用できる新しい誘電体材料の開発を目指した。

ナノコンポジット誘電体の作製方法として、液相合成法の一つであるゾル-ゲル法を採用し、チタン酸バリウムの多孔体膜に第二相を浸透させて複合化する2段階のゾル-ゲルプロセスを検討した。まず、ブロック共重合体を鋳型に用いたゾル-ゲル法によりコンポジット膜のフレームワークとなるチタン酸バリウム多孔体膜を作製した。チタン酸バリウム多孔体膜の作製条件と膜構造との関係を詳細に調べた結果、ゾル溶液への増粘剤の添加の有無と、溶液の基板へのコート時における静置時間によって、膜の厚みを 200 nm から最大 1500 nm まで変化させることに成功した。さらに、チタン酸バリウムと複合化させる第二相として酸化イットリムを選定し、コンポジット膜の作製を試みた。その結果、硝酸イットリウムを溶解した溶液をチタン酸バリウム多孔質膜にコートして焼成することで、チタン酸バリウム膜中の細孔を酸化イットリウムが埋めたコンポジット膜が作製できることがわかった。作製したコンポジット膜は、室温から 500℃までの広い範囲で温度に対する変化の小さい安定した誘電率を示した。これらの結果から、2段階のゾル-ゲル成膜プロセスにより、温度補償系の高温コンデンサ材料として有望なナノコンポジット誘電体膜が作製できることが明らかとなった。

２．研究成果実績の概要（英訳）

Development SiC-based power devices increases demand for dielectric materials for use in high-temperature capacitors. Barium titanate (BT), a conventional capacitor material, is not applicable to such high-temperature applications because its dielectric permittivity drastically decreases at elevated temperatures over the Curie point at 130° C. This study thus aimed to develop high-temperature dielectric materials through stress engineering in BT-based nanocomposite structures.

A two-step deposition process based on the sol-gel technique was developed in this study to fabricate BT-based nanocomposite films. As the first step of the process, we fabricated porous films of BT. BT porous films with controlled thickness between 200-1500 nm could be obtained by using a viscous agent and by optimizing processing parameters in a spin-coating process. We then selected yttrium oxide (yttria) as the second phase to form the nanocomposite films. BT-yttria nanocomposite films were successfully obtained by coating of a solution of yttrium nitrate on the BT porous film followed by a heat treatment. The resulting nanocomposite film showed a temperature-insensitive dielectric permittivity in a wide temperature range between room temperature to 500° C. These results show that nanocomposite dielectric films applicable to high temperature applications can be obtained by the proposed two-step sol-gel process.

３．本研究課題に関する発表

発表者氏名 （著者・講演者）	発表課題名 （著書名・演題）	発表学術誌名 （著書発行所・講演学会）	学術誌発行年月 （著書発行年月・講演年月）
宮川雄貴、萩原学、藤原忍	ゾル-ゲル法による BaTiO3 系ナノコンポジット誘電体膜の作製	日本セラミックス協会　2018 年年会	2018 年 3 月