

Title	STUDIES ON NEW TYPES OF BARIUM TITANATE-BASED COMPOSITES CONTAINING NANO-SIZED PARTICULATE
Author(s)	黄, 海鎮
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39115">https://hdl.handle.net/11094/39115</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	黄 海 鎮
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 8 8 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 7 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科プロセス工学専攻
学 位 論 文 名	STUDIES ON NEW TYPES OF BARIUM TITANATE-BASED COMPOSITES CONTAINING NANO-SIZED PARTICULATE (ナノサイズ粒子分散チタン酸バリウム基複合材料に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 新 原 皓 一 教 授 横 山 正 明      教 授 井 上 佳 久      教 授 高 椋 節 夫 教 授 城 田 靖 彦      教 授 柳 田 祥 三      教 授 田 中 稔 教 授 平 尾 俊 一

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、チタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ ) の結晶粒内および粒界にナノサイズの微細な炭化ケイ素 ( $\text{SiC}$ ) 粒子を均一に分散した、 $\text{BaTiO}_3$ - $\text{SiC}$  ナノコンポジットに関する研究成果をまとめたもので、以下の 7 章から構成されている。

第 1 章では、 $\text{BaTiO}_3$  セラミックスの微細構造制御と機能改善に関するこれまでの研究結果および課題を概説し、本研究の意義と目的および本論文の概要を述べている。

第 2 章では、 $\text{BaTiO}_3$  に関する理論的なバックグラウンドを簡単に説明している。

第 3 章では、 $\text{BaTiO}_3$ - $\text{SiC}$  基複合体の作製方法と微細組織について検討している。その結果、 $\text{SiC}$  ナノ粒子が、 $\text{BaTiO}_3$  の結晶粒内および粒界に均一に分散する条件、およびナノコンポジット組織の形成過程を明らかにすることに成功している。また、 $\text{SiC}$  粒子によって粒界の移動がピン止めされ、粒成長が抑制されることも明らかにしている。

第 4 章では、 $\text{SiC}$  ナノ粒子分散による  $\text{BaTiO}_3$  の結晶構造と相変態挙動の変化について検討している。その結果、 $\text{SiC}$  ナノ粒子分散により、 $\text{BaTiO}_3$  の結晶構造と相変態温度を制御することに成功し、ナノコンポジット化が新しい結晶構造制御法として有効であることを見出ししている。また、 $\text{BaTiO}_3$  と  $\text{SiC}$  との熱膨張率差に起因する残留応力が、 $\text{BaTiO}_3$  のドメイン構造形成に重要な役割を果たしていることを明らかにしている。

第 5 章では、ナノコンポジットの機械的性質について検討するとともに、 $\text{SiC}$  ナノ粒子による高強度化ならびに高靱化のメカニズムについて考察している。 $\text{BaTiO}_3$  の破壊強度、破壊靱性、ヤング率、硬度などの機械的性質は  $\text{SiC}$  ナノ粒子分散により著しく改善されている。特に、破壊強度は  $\text{SiC}$  ナノ粒子分散により約 3 倍も向上することを見出し、その強靱化機構を解明している。なお、臨界応力以下での亀裂成長も  $\text{SiC}$  分散により大きく抑制されることを明らかにしている。

第 6 章では、小型化と大容量化に最適の再酸化型コンデンサーを、 $\text{BaTiO}_3$ - $\text{SiC}$  ナノコンポジットを利用して作製し、その誘電的性質について検討している。作製したコンデンサーは優れた誘電特性 (見かけの誘電率;  $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^5$ ) を示しているが、これは粒界に存在する  $\text{SiC}$  と  $\text{BaTiO}_3$  の界面の優れた整合性のために、粒界での酸素拡散が抑制され、半導性複合体表面の絶縁相が薄く制御できた結果であることを示している。これらの結果から、ナノサイズの  $\text{SiC}$  の添加で、高強度と優れた誘電的性質を同時に発現する  $\text{BaTiO}_3$  基複合材料の作製が可能であることが明らかになっている。

第 7 章では、本論文で得られた主な成果をまとめて示している。

## 論文審査の結果の要旨

チタン酸バリウム ( $\text{BaTiO}_3$ ) は代表的なエレクトロセラミックスであり、既に多くの工業分野で実用化されているが、最近、過酷な環境下での使用を可能にするために力学的特性の大幅な改善が求められている。本論文は、 $\text{BaTiO}_3$  の結晶粒内および粒界にナノサイズの微細な SiC を均一に分散させるナノコンポジット化で  $\text{BaTiO}_3$  の機械的性質と誘電的性質を同時に大幅に改善することを目指した基礎研究をまとめたもので、主な成果は以下の通りである。

- (1)  $\text{BaTiO}_3$ -SiC 基複合体の緻密化挙動および微細組織の形成過程について検討し、緻密で、均一な微細組織を有する  $\text{BaTiO}_3$ -SiC 基ナノ複合材料の作製に成功している。さらに、電子顕微鏡を用いた観察により、SiC ナノ粒子を  $\text{BaTiO}_3$  の結晶粒内および粒界に均一に分散させ得る条件、およびナノコンポジット組織の形成過程を明らかにしている。
- (2)  $\text{BaTiO}_3$  と SiC との熱膨張率差に起因する残留応力が、 $\text{BaTiO}_3$  の相変態とドメイン構造形成に及ぼす役割を解明することに成功し、結晶粒内分散 SiC ナノ粒子により  $\text{BaTiO}_3$  の結晶構造と相変態温度を自由に制御することが可能であることを明らかにし、ナノコンポジット化が  $\text{BaTiO}_3$  の新しい結晶構造制御法として有効であることを見出ししている。
- (3) ナノコンポジット化による各種機械的性質の改善について検討し、SiC ナノ粒子による高強度化ならびに高靱化のメカニズムを明らかにすると共に、ナノコンポジット化で従来の  $\text{BaTiO}_3$  に比べて破壊強度を約 3 倍も、破壊靱性を約 1.5 倍も改善することに成功している。また、臨界応力以下での亀裂成長も SiC ナノ粒子分散により大きく抑制できることを見出し、そのメカニズムを解明している。
- (4) 還元雰囲気中で焼結した半導性  $\text{BaTiO}_3$ -SiC ナノコンポジットを空气中で熱処理し、表面だけを酸化させることにより、小型化と大容量化に最適の再酸化型コンデンサーを作製し、高強度（曲げ強度；350MPa）と優れた誘電的性質（見かけの誘電率； $1 \times 10^4 \sim 5 \times 10^5$ ）を同時に具現することに成功している。また、この導電率の飛躍的な改善は、粒界に存在する SiC と  $\text{BaTiO}_3$  の界面の原子レベルの優れた整合性のために、粒界での酸素拡散が著しく抑制され、半導性複合体表面の絶縁相が薄く制御できた結果であることを明らかにしている。

以上のように本論文は、ナノサイズの第 2 相を結晶粒内と粒界に均一に分散させるナノコンポジット化により、優れた機械的特性と誘電的特性が両立したエレクトロセラミックスの実現が可能であることを実証したもので、無機材料工学、機能性材料工学、複合材料工学、プロセス工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。