

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | TiO ₆ 八面体基酸化物における誘電特性の温度安定性に関する研究 |
| Title(English) | Study on temperature stability of dielectric properties in TiO ₆ octahedra-based oxides |
| 著者(和文) | 木村純一 |
| Author(English) | Junichi Kimura |
| 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9822号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:舟窪 浩,吉本 護,神谷 利夫,笹川 崇男,伊藤 満,山田 智明 |
| Citation(English) | Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9822号, Conferred date:2015/3/26, 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 | 木村 純一 | |
|-------------|-----|-------|---------|-------|-----|
| 論文審査 審査員 | | 氏名 | 職名 | 氏名 | 職名 |
| | 主査 | 舟窪 浩 | 教授 | 伊藤 満 | 教授 |
| | 審査員 | 吉本 護 | 教授 | 山田 智明 | 准教授 |
| | | 神谷 利夫 | 教授 | | |
| | | 笹川 崇男 | 准教授 | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on temperature stability of dielectric properties in TiO_6 octahedra-based oxides 「 TiO_6 八面体基酸化物における誘電特性の温度安定性に関する研究」」と題して英文で書かれ、全5章で構成されている。

本論文では、印加電圧が最大 100 V の低電圧印加用電子回路向けとなる比誘電率は高い値を示す一方、比誘電率の温度安定性が低い材料を用いたキャパシタ、並びに印加電圧が最大 3000 V の高電圧印加用電子回路向けとなる比誘電率の温度安定性と絶縁性に優れた一方、比誘電率が低い材料を用いたキャパシタといった現在市販されているキャパシタに対して、従来の材料より優れた特性を有し、高温領域まで使用可能なキャパシタ材料について TiO_6 八面体を有する酸化物に着目して探索する研究を行っている。

第1章「Introduction」では、研究背景として近年需要が拡大している 400 °C までの高温領域まで使用可能なキャパシタ材料を開発することの必要性について述べている。そしてこれまでのキャパシタ材料について、静電容量密度の値とその温度安定性、および絶縁性に関する問題点を紹介し、本研究の目的を述べている。

第2章「Crystal structure and dielectric properties in compositional controlled (111)-oriented BaTiO_3 - $\text{Bi}(\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ - BiFeO_3 thin films prepared by chemical solution deposition method」では、低電圧印加用電子回路向けのキャパシタ材料の母組成として広く使用されている BaTiO_3 を用いて、 $\text{Bi}(\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ および BiFeO_3 との固溶体薄膜を作製することで、相転移点の高温化と、比誘電率の温度依存性を散漫化させることによって比較的高い比誘電率が広い温度範囲で得ることを試みている。その結果、 $x\text{BaTiO}_3$ - $0.1\text{Bi}(\text{Mg}_{0.5}\text{Ti}_{0.5})\text{O}_3$ - $z\text{BiFeO}_3$ 薄膜のうち、室温で擬立方晶相を有する組成である $z/(x+z)$ が 0 から 0.33 の範囲では、安定した比誘電率 (414 から 562) と比較的小さな誘電損失 ($\tan \delta$) の値 ($\tan \delta < 0.2$) を室温から 400 °C までの温度範囲で得られることを見出している。

第3章「Crystal structure and dielectric properties in (001)-oriented $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ thin films prepared by RF-magnetron sputtering method」では、第2章で示した BaTiO_3 基材料の特性を上回る材料の実現のために、結晶構造に異方性を有するピスマス層状構造誘電体の(001)面が、高い比誘電率の温度安定性と絶縁性、さらには薄膜化に伴う比誘電率の劣化が少ないという特長に注目し、ピスマス層状構造誘電体の一つである $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ の(001)配向薄膜に関して電気特性の温度依存性を評価している。(001)配向エピタキシャル $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 薄膜においては、優れた比誘電率の温度安定性と絶縁性を室温から 500 °C の範囲で示すことを明らかにしている。加えてSiやガラスといった実用基板に作製した(001)一軸配向 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 薄膜では、誘電特性および絶縁特性は(001)面の結晶配向完全性に影響されることを明らかにしている。そして $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 薄膜が高い(001)配向完全性を示した、 Ca-Nb-O 系ナノシート配向制御層上に作製した(001)一軸配向 $\text{CaBi}_4\text{Ti}_4\text{O}_{15}$ 薄膜では、膜厚 50 nm の薄膜においても比誘電率の膜厚に対する劣化がほとんど観察されず、室温で $4.5 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ の静電容量密度が得られるとともに、400 °C まで安定な比誘電率の温度依存性を示すことを明らかにしている。

第4章「Crystal structure and dielectric properties for CaTiSiO_5 -based ceramics prepared by solid state reaction method」では、高温領域での高電圧印加用電子回路向けのキャパシタ材料として、現在使用されている CaZrO_3 に匹敵するQ値 (誘電損失の逆数、 ~ 2000) とそれを上回る比誘電率 (39 ~ 45)、並びに比較的広いバンドギャップ (4 eV) を示す CaTiSiO_5 に注目し、組成制御による高い比誘電率と高い温度安定性の実現を試みている。作製した CaTiSiO_5 は 500 ~ 600 K の温度領域で小さな比誘電率の温度依存性を示すが、 $\text{Ca}(\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x)\text{SiO}_5$ を合成することによって高い比誘電率と比誘電率が室温から 500 °C で高い温度安定性を示すことを明らかにしている。 $x = 0.15$ においては、 CaZrO_3 基キャパシタ材料に匹敵する高い絶縁特性 (200 °C まで $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の値) とそれを上回る比誘電率 (室温で 43) およびその高い温度安定性 (室温から 500 °C までの静電容量温度係数: $-102 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$) を示し、同じようなQ値を示す材料の既往の報告値よりも高い比誘電率と比誘電率の温度安定性が得られることを確認している。

第5章「Conclusions and prospects」では、本研究の結論と今後の展望をまとめている。

以上を要するに、本論文は高温領域用まで適用可能なキャパシタ材料開発の設計指針に関して、比誘電率、その温度依存性ならびに絶縁特性の改善に成功している点は、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分に価値があるものと認められる。