

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年4月19日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22340081

研究課題名（和文）強誘電体モルフォトロピック相境界近傍の異方性と不安定性による
巨大圧電応答機構研究課題名（英文）Mechanism of large piezoelectric response due to special anisotropy
near the morphotropic phase boundary in ferroelectric materials

研究代表者

岩田 真 (IWATA MAKOTO)

名古屋工業大学・工学研究科・准教授

研究者番号：40262886

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、複合ペロブスカイト型強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PZN-PT) 混晶の平均構造としての安定相を明らかにすることである。本研究では、誘電体試料にDCバイアス電圧800 Vを印加した状態で 100 Hz-1 MHz の誘電分散が測定できる装置を立ち上げた。PZN-PT 結晶の [001], [011], [111] 方向に電場を印加して、温度電場相図を明らかにした。[001] 方向では、比較的小さな電場によって臨界点が現れることを実験的に見いだした。同一の組成の結晶であっても、電場印加方向によって、温度電場相図の様子が著しく違うことを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：The purpose of our study is that stable phases as an average structure in complex perovskite ferroelectrics $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PZN-PT) are clarified. In the present study, the equipment to measure the dielectric dispersion between 100 Hz to 1MHz under the DC biasing voltage of about 800 V was composed. The electric field-temperature phase diagrams in the electric field along the [001], [011], [111] directions in PZN-PT were clarified. Along [001] direction, the critical end point at about 1 kV/cm, which is considerably small, was found. It was also found that aspect of phase diagrams strongly depends on the direction of the electric field.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2010年度 | 5,100,000 | 1,530,000 | 6,630,000 |
| 2011年度 | 3,800,000 | 1,140,000 | 4,940,000 |
| 2012年度 | 2,500,000 | 750,000 | 3,250,000 |
| | | | |
| 総計 | 11,400,000 | 3,420,000 | 14,820,000 |

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性 I

キーワード：誘電体

1. 研究開始当初の背景

ペロブスカイト型酸化物強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PZN-PT) 混晶は、現在知られている圧電体中で最大の電気機械結合係数を示す実用材料である。

これまでのペロブスカイト型酸化物強誘電体混晶の巨大誘電応答の研究は、リラクサ

と呼ばれる不均一構造に注目が集まりすぎたために、長い間、現象の本質的理解が十分なままであった。

一方、この巨大応答の原因は、モルフォトロピック相境界 (MPB) と呼ばれる相境界近傍組成の結晶において、自由エネルギーの異方性が小さくなり、自発分極に垂直方向の誘

電応答が大きくなるという特徴にあることが、GL 理論および第一原理計算の結果を基に指摘されている。

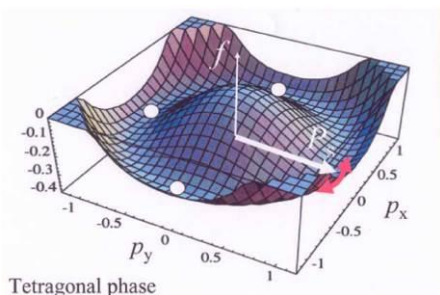


図 1. MPB 近傍の自由エネルギー f 。MPB 近傍で f の異方性が小さくなり、自発分極に垂直方向に大きな誘電応答が現れる。

本申請では、従来リラクサ強誘電体と呼ばれていた不均一構造を持った強誘電体の巨大誘電率電応答を、本来均一な系でも出現する現象と考え、例えば不均一なドメイン構造を電場印加によって均一で理想的な系に近づけることによって、通常の均一系の現象として理解することを試みる。その鍵を握るのが MPB 近傍の異方性の問題や電場誘起効果である。

実際に、このような強誘電体の異方性に着目した研究は、近年、国外の研究者によって、Phys. Rev. 等で活発に発表され脚光を浴びているが、国内ではこのような観点での研究の展開は、残念ながら充分とは言えないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、外場の効果と異方性の問題を実験によって定量的に解明し、巨大誘電率電応答の本質に迫り巨大応答の学理を構築し、材料開発の基礎を築くことを目的とする。実用上価値のある材料の基礎研究では、現象の本質を短時間のうちに明らかにし、材料の探索に迅速にフィードバックすることが重要であり、このような観点から、GL 理論は有効である。

3. 研究の方法

本研究の具体的な目的は、PZN-PT 混晶の平均構造としての安定相を明らかにすることである。

本研究では、PZN- x PT ($x = 4.5, 8, 9\%$) 混晶の [001]-, [011]-, [111]-方向に垂直な結晶板 ($3 \times 3 \times 0.2 \text{ mm}^3$) に金電極を蒸着したものをコンデンサ試料として準備した。

本研究では、誘電体のコンデンサ試料に DC バイアス電圧 800 V を印加した状態で 100 Hz-1 MHz の誘電分散が測定できる装置を立ち上げた。装置のブロック図を図 1 に示す。測定装置には、NF 回路ブロック設計社製の

ゲインフェースアナライザ ZGA5900 を使用し、コンデンサーにより、DC 電流が測定装置に流れないようにした。測定には、オープン・ショート補正およびロード補正を行って、100 Hz - 1 MHz の範囲で正確な測定が出来るように設定した。

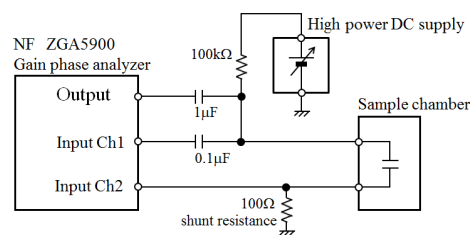


図 2. DC 電場印加誘電率測定装置。

本研究では、[001]-, [011]-, [111]-方向に垂直な結晶板を用いて、それぞれの方向の DC 電場下における誘電率の温度依存性、および温度一定条件下での誘電率の電場依存性の測定を行った。測定結果を基に、温度電場相図を明らかにした。

3 方向の温度電場相図を評価することのメリットは、それぞれの相の安定な自発分極の方向を結晶全体の平均構造として同定できる点である。本研究で扱った PZN- x PT は、不均一構造が存在するために局所構造の評価がなされてきたが、それぞれの温度における最安定相の対称性は不明のままである。本研究の方法は平均構造を明らかにするという観点から意味があると思われる。更に、DC 電場を印加するということは試料内部の分域構造を消して均一系の性質を調べると言う観点からもメリットがある。

4. 研究成果

図 3 は、PZN-8%PT の [001] 方向の DC 電場下における誘電率の温度依存性である。電場の大きさが大きくなるに従って高温側の誘電率のピークはシャープになり、約 1.5 kV/cm あたりでピークは発散的傾向を示す。これは跳びを示す一次相転移が二次相転移に変化し、臨界点 CEP (critical end point) が現れたことを示している。1.5 kV/cm 以上の電場下では散漫なピークに変化する。

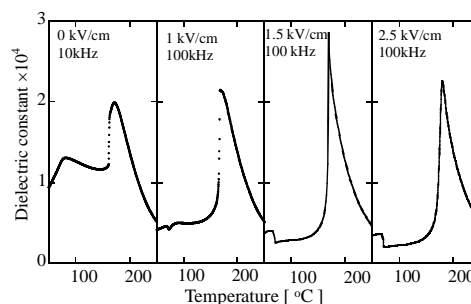


図 3. [001] 方向の PZN-8%PT の誘電率。

図4は、PZN-8%PTにおける図3の結果を温度電場相図にまとめた結果である。臨界点は、170°C、1.5 kV/cm に存在することが分かった。この臨界電場の値は、他の強誘電体に比べて、著しく小さいことが分かった。このことは、PZN-8%PTの常誘電相から強誘電相への相転移が非常に二次に近い一次転移であることを意味している。

図5, 6は、PZN-8%PTにおける[011]と[111]方向の温度電場相図である。温度依存性と電場依存性の両方の測定より相図は決定された。相図には分極反転に関する抗電場も示してある。これらの相図から、正方晶(T)相の低温側には斜方晶(O)相が存在することが分かった。また、[011]と[111]方向の電場下では、およそ10 kV/cm以上の電場で正方晶(T)相は消滅することが分かった。さらに、[111]方向の相図では相境界が大きな履歴を示すことがわかった。

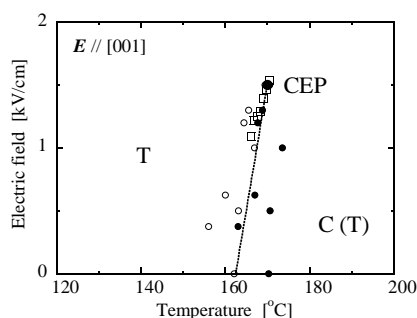


図4. [001] 方向の PZN-8%PT の温度電場相図。

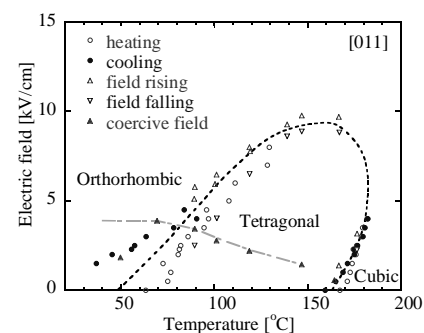


図5. [011] 方向の PZN-8%PT の温度電場相図。

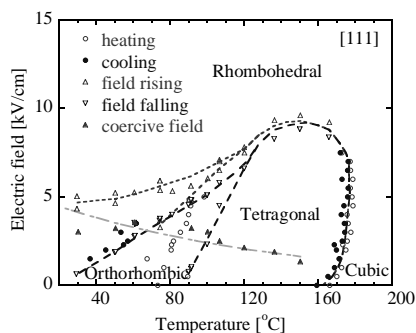


図6. [111] 方向の PZN-8%PT の温度電場相図。

図7-9は、PZN-4.5%PTにおける[001], [011], [111]方向の温度電場相図である。温度依存性と電場依存性の両方の測定より相図は決定された。図7より、PZN-4.5%PTには電場ゼロでも正方晶(T)相が存在することが明らかになった。図8より、電場誘起の斜方晶(O)相が存在することが分かった。

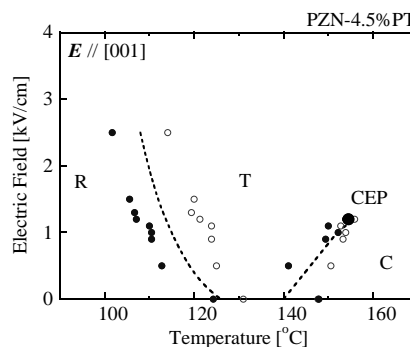


図7. [001] 方向の PZN-4.5%PT の温度電場相図。

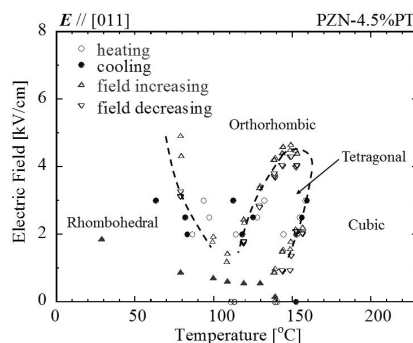


図8. [011] 方向の PZN-4.5%PT の温度電場相図。

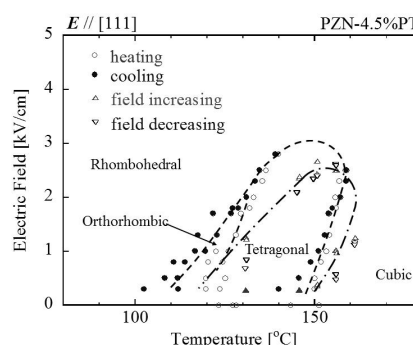


図9. [111] 方向の PZN-4.5%PT の温度電場相図。

本研究では、これらのデータの解析を行って、以下のようなことを明らかにした。

(1) Landau-Devonshire の自由エネルギーを基に、温度電場相図を計算し、実験で得られた相図が定性的に妥当なものであることを示した。

(2) 常誘電相と強誘電相の間の CEP 近傍の相境界の傾きから転移におけるエントロ

ピーの跳びを見積もった。その結果、PZN-PTにおけるエントロピーの跳びは、典型的な強誘電体である BaTiO₃ よりおよそ1桁小さいことを示した。これはPZN-PTの相転移が著しく二次に近い一次転移であることを意味している。

(3) 常誘電相と強誘電相の相境界の電場ゼロでの傾きの方向依存性が電場の射影成分で与えられることを示して実験値がそれを満たしていることを確認した。

本研究では、実用材料として重要なPZN-xPTの電場下での誘電率の測定を行った。この系は、特にPT濃度の低い側で不均一性が強く、相転移が散漫になり、リラクサと呼ばれている。リラクサの誘電率のピークより高温側では常誘電体のマトリックスの中にナノオーダーの強誘電性領域(PNR: polar nano-region)が存在する。もしこのPNRの自発極の熱揺動がないとすると、DC電場でPNRを除去して均一な状態を作ることが出来るはずである。本研究における試料への電場印加は、PNRのような不均一性を減らす効果があると考えられる。研究の結果、電場印加下で平均構造としてのPZN-PTは通常の強誘電体と同様な振る舞いをすることを明らかにすることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 32 件)

- ① M. Iwata, N. Iijima, and Y. Ishibashi, "Field-Induced Phase Transition between Tetragonal and Rhombohedral Phases in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-8%PbTiO₃", Jpn. J. Appl. Phys. 査読有、**49** (2010) 09ME01/1-3. DOI: 10.1143/JJAP.49.09ME01
- ② Y. Ishibashi and M. Iwata, "Structural and Elastic Aspects in Phase Transitions of Superconducting Pyrochlore Oxide Cd₂Re₂O₇", J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**79** (2010) 044604/1-5. DOI: 10.1143/JPSJ.79.044604
- ③ M. Iwata and Y. Ishibashi, "Lattice Vibrations in Finite Systems with the Boundary Conditions Given with the Extrapolation Length II. Discrete Model", J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**79** (2010) 074709/1-7. DOI: 10.1143/JPSJ.79.074709
- ④ M. Iwata, H. Itoh, R. Aoyagi, M. Maeda, and Y. Ishibashi, "Observation of Cleavage Surface in Tri-Glycine Sulfate by Atomic Force Microscopy", Ferroelectrics 査読有、**400** (2010) 195-203. DOI:10.1080/00150193.2010.505537
- ⑤ M. Iwata, K. Sakakibara, R. Aoyagi, M. Maeda, and Y. Ishibashi, "Phase Diagram in Poled Samples of Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃ Mixed

Crystals", Ferroelectrics 査読有、**405** (2010) 39-44. DOI:10.1080/00150193.2010.482886

⑥ K.-H. Chew, L.-H. Ong and M. Iwata, "Switching Dynamics in Ferroelectric Superlattices", Current Appl. Phys. 査読有、**11** (2011) 755-761.

DOI:10.1016/j.cap.2010.11.058

⑦ Y. Ishibashi, M. Iwata, and R. Blinc, "The Eight-Pseudo-Spin Model of KH₂PO₄-Type Crystal", J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**80** (2011) 024602. DOI: 10.1143/JPSJ.80.024602

⑧ M. Iwata and Y. Ishibashi, "Indicatrix Rotation in Domains Far from the 90° Wall in Ferroelectrics", Trans. Mater. Res. Soc. Jpn. 査読有、**36** (2011) 31-34. DOI: 無し

⑨ M. Iwata, Z. Kutonjak, Y. Ishibashi, and R. Blinc, "The Phase Front near the Critical End Point as the Boundary of the Polar Nano-Regions in Relaxor Ferroelectrics", J. Phys. Soc. Jpn **80** (2011) 044702/1-4.

DOI: 10.1143/JPSJ.80.044702

⑩ Y. Ishibashi, M. Iwata, and R. Blinc, "The Eight Pseudo-Spin Model of KH₂PO₄-Type Crystals II. Phase Transitions and Dielectric Susceptibility", J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**80** (2011) 054703/1-5.

DOI: 10.1143/JPSJ.80.054703

⑪ M. Iwata, S. Kato, and Y. Ishibashi, "The Critical End Point in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-8%PbTiO₃", Ferroelectrics 査読有、**415** (2011) 20-23. DOI: 10.1080/00150193.2011.577363

⑫ M. Iwata and Y. Ishibashi, "Field Induced Transition and Behavior of the Phase Front in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-8%PbTiO₃", Phase Transition 査読有、**84** (2011) 753-759.

DOI: 10.1080/01411594.2011.558266

⑬ M. Iwata, T. Inohara, and Y. Ishibashi, "Phase Diagram in Bi_{4-x}Gd_xTi₃O₁₂", Jpn. J. Appl. Phys. 査読有、**50** (2011) 09NE09/1-3.

DOI: 10.1143/JJAP.50.09NE09

⑭ M. Iwata, S. Kato, and Y. Ishibashi, "Phase Diagram in (Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-8%PbTiO₃ under an Electric Field", J. Korean. Phys. Soc. 査読有、**59** (2011) 2449-2451. DOI:10.3938/jkps.59.2449

⑮ N. Yasuda, N. Miyazono, H. Ohwa, Y. Tachi, Y. Yamashita, K. Fujita, M. Iwata, and Y. Ishibashi, "The Effect of Pressure on the Poling Condition in Lead-based Relaxor Ferroelectric Solid Solutions", J. Korean. Phys. Soc. 査読有、**59** (2011) 2468-2491. DOI: 10.3938/jkps.59.2486

⑯ M. Iwata, S. Kato, and Y. Ishibashi, "Field Induced Phase Transition in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-8%PbTiO₃", Current Appl. Phys. 査読有、**11** (2011) S42-S44. DOI:10.1016/j.cap.2011.03.007

⑰ K.-H. Chew, L.-H. Ong, and M. Iwata, "Influence of Dielectric Stiffness, Interface and Layer Thickness on Hysteresis Loops of

Ferroelectric Superlattices”, J. Appl. Phys. 査読有、**110** (2011) 054108/1-8.

DOI:10.1063/1.3630016

⑮ M. Iwata and Y. Ishibashi, “Possible Commensurate Phases in LuFe_2O_4 ”, J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**81** (2012) 035003/1-2.

DOI: 10.1143/JPSJ.81.035003

⑯ Y. Ishibashi, M. Iwata, and R. Blinc, “On the Eight Pseudo-Spin Model of KH_2PO_4 -Type Crystals”, Ferroelectrics 査読有、**427** (2012) 56-62. DOI: 10.1080/00150193.2012.673921

⑰ M. Iwata, N. Iijima, and Y. Ishibashi, “Temperature-Field Phase Diagrams in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -4.5% PbTiO_3 ”, Ferroelectrics 査読有、**428** (2012) 1-7.

DOI: 10.1080/00150193.2012.675251

⑱ K.-G. Lim, K.-H. Chew, L.-H. Ong, and M. Iwata, “Electrostatic Coupling and Interface Intermixing in Ferroelectric Superlattices”, Euro. Phys. Lett. 査読有、**99** (2012) 46001/1-6.

DOI: 10.1209/0295-5075/99/46004

⑳ M. Iwata and Y. Ishibashi, “Lattice Vibrations in Finite Discrete Systems with Symmetric and Asymmetric Boundary Conditions”, Ferroelectrics 査読有、**433** (2012) 12-21.

DOI: 10.1080/00150193.2012.678099

㉑ Y. Ishibashi and M. Iwata, “The Grain-restricted Switching Model”, Ferroelectrics 査読有、**433** (2012) 41-44.

DOI: 10.1080/00150193.2012.678107

㉒ I. Kusunoki, Y. Tsujimi, and M. Iwata, “Low frequency optical phonons in $\text{Bi}_{4-x}\text{Sm}_x\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ”, Ferroelectrics 査読有、**433** (2012) 34-40.

DOI: 10.1080/00150193.2012.678104

㉓ M. Iwata and Y. Ishibashi, “Coexistence State near the Morphotropic Phase Boundary”, Jpn. J. Appl. Phys. 査読有、**51** (2012) 09LE03/1-5.

DOI: 10.1143/JJAP.51.09LE03

㉔ M. Iwata and Y. Ishibashi, “Lattice Vibrations and Dispersion Relations near the Conical Points”, J. Phys. Soc. Jpn. **81** (2012) 114703/1-6.

DOI: 10.1143/JPSJ.81.114703

㉕ M. Iwata, K. Tanaka, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Detailed Investigation of Temperature-Field Phase Diagrams in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -9% PbTiO_3 ”, Ferroelectrics 査読有、**440** (2012) 67-74.

DOI: 10.1080/00150193.2012.678104

㉖ M. Iwata, K. Ando, M. Maeda, and Y. Ishibashi: “Structural Phase Transition and Symmetry Change in $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ ”, J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**82** (2013) 025001/1-2.

DOI: 10.7566/JPSJ.82.025001

㉗ Y. Ishibashi and M. Iwata, “A New Type of Incommensurate Phase Transition Caused by Parabolic Splitting of the Degenerate Modes”, J. Phys. Soc. Jpn. 査読有、**82** (2013) 044703/1-5.

DOI: 10.7566/JPSJ.82.044703

⑳ M. Iwata, N. Iijima, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Temperature-field phase diagrams in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -4.5% PbTiO_3 IP”, Ceram. Inter. 査読有、**39** (2013) S75-S79.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.10.038

㉑ K.-G. Lim, K.-H. Chew, L.-H. Ong, and M. Iwata: “Modulated internal electric field, dielectric susceptibility and polarization in ferroelectric superlattices”, Ceram. Inter. 査読有、**39** (2013) S307-S310.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.10.083

㉒ K.-H. Chew, K.-G. Lim, L.-H. Ong, M. Iwata, “Influence of interface intermixing and periodicity on internal electric field and polarization in ferroelectric superlattices”, Ceram. Inter. 査読有、**39** (2013) S301-S305.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.10.082

〔学会発表〕 (計22件)

① 岩田 真、飯島直也、青柳倫太郎、前田雅輝、石橋善弘、「 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 の電場誘起相転移」、強誘電体応用会議 (FMA) 2010年5月26-29日 (京都).

② 岩田 真、「強誘電体 MPB近傍の電場誘起効果」、MPB 研究会, 招待講演, 2010年6月1日 (物質・材料研究機構, 筑波).

③ M. Iwata, S. Kato, A. Rintaro, and M. Maeda, Y. Ishibashi, “The Critical End Point in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ”, RCBJSF-10, 2010年6月20-24日 (Yokohama).

④ M. Iwata, S. Kato, A. Rintaro, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Field Induced Phase Transition in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ”, AMF-AMEC-2010, 2010年6月27日-7月1日 (Jeju island, Korea).

⑤ M. Iwata, S. Kato, A. Rintaro, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Phase Diagram under the Electric Field in $(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ”, The 8-th Japan-Korea Conference on Ferroelectrics, 2010年8月3-6日 (Himeji).

⑥ M. Iwata and Y. Ishibashi, “Field Induced Transition and Behavior of the Phase Front in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ”, 10-th International Symposium on Ferroic Domains and Micro- to Nanoscopic Structures, 2010年9月20-24日 (Prague, Czech Republic)

⑦ 岩田 真、「 $(\text{Ca},\text{Ba})\text{TiO}_3$ 混晶の相図へのコメント」日本物理学会 (シンポジウム: 強誘電体に潜む新しい秩序), 2010年9月23-26日 (大阪府立大学).

⑧ M. Iwata, S. Kato, A. Rintaro, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Field Induced Effect in $(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ”, 3rd International Congress of Ceramics, 招待講演, 2010年11月14-18日, (Osaka International Convention Center).

⑨ 岩田 真, 石橋善弘, 「90°ドメイン壁か

ら離れた位置でのインディカトリックスの回転」, 20回日本MRS学術シンポジウム セッションG, 2010年12月20-21日 (横浜).

⑩M. Iwata, K. Tanaka, and Y. Ishibashi, "Dielectric Constant under Biasing Field in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -9% PbTiO_3 ", 3rd International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (NANO-SciTech 2011), 2011年3月2-4日 (Malaysia).

⑪岩田 真, 井ノ原智士, 石橋善弘, 「 $\text{Bi}_{4-x}\text{Gd}_x\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ の相転移」, 強誘電体応用会議 (FMA), 2011年5月25-28日 (京都).

⑫M. Iwata, K. Tanaka, and Y. Ishibashi, "Temperature-Field Phase Diagrams in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 ", European Meeting of Ferroelectricity (EMF), 2011年6月26日-7月2日 (Bordeaux, France).

⑬岩田 真, 飯島直也, 石橋善弘, 「 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 混晶の相図」, 日本物理学会, 2011年9月21-24日, (富山大学).

⑭岩田 真, 石橋善弘, 「 LuFe_2O_4 のコメント相」, 東北大学金研研究会「電子自由度による強誘電体最前線」, 2011年11月2日 (東北大学).

⑮岩田 真, 石橋善弘, 「モルフォトロピック相境界近傍の共存状態」, 日本物理学会, 2012年3月24-27日 (関西学院大学).

⑯岩田 真, 石橋善弘, 「モルフォトロピック相境界近傍の相共存状態」, 強誘電体応用会議 (FMA), 2012年5月23-26日 (京都).

⑰M. Iwata, N. Iijima, and Y. Ishibashi, "Temperature-Field Phase Diagrams along [011]- and [111]-directions in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -4.5% PbTiO_3 ", The 8th Asian Meeting on Electroceramics 2012 (AMEC-8), 招待講演, 2012年7月1-5日 (Penang, Malaysia).

⑱M. Iwata, S. Kato, K. Tanaka, M. Maeda, and Y. Ishibashi, "Temperature-Field Phase Diagrams in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ", The Korea-Japan Conference on Ferroelectrics, 2012年8月7-10日 (Ulsan, Korea).

⑲M. Iwata, K. Tanaka, M. Maeda, and Y. Ishibashi, "Temperature-Field Phase Diagrams in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -9% PbTiO_3 ", The Joint Symposium of the 11th International Symposium on Ferroic Domains and Micro- to Nanoscopic Structures (ISFD) and the 11th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity (RCBJSF), 招待講演, 2012年8月20-24日 (Ekaterinburg, Rossiya).

⑳岩田 真, 飯島直也, 前田雅輝, 石橋善弘,

「 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 混晶の相図 II」, 日本物理学会, 2012年9月18-21日 (横浜国立大学)

㉑岩田 真, 安藤兼一郎, 前田雅輝, 石橋善弘, 「 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ の相転移と対称性」, 日本物理学会年会, 2013年3月26-29日 (広島大学).

㉒岩田 真, 石橋善弘, 「モルフォトロピック相境界近傍の相共存状態 II」, 強誘電体応用会議 (FMA), 2013年5月23-26日 (京都).

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: チューナブルキャパシタ

発明者: 岩田 真, 前田雅輝, 田中数機

権利者: 名古屋工業大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-1744803

出願年月日: 2012年8月7日

国内外の別: 国内

[その他]

研究代表者ホームページ

http://researcher.nitech.ac.jp/html/39_ja.html?l=j&k=iwata+&o=title-a&p=1

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩田 真 (MAKOTO IWATA)

名古屋工業大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 40262886

(2)研究分担者

前田雅輝 (MASAKI MAEDA)

名古屋工業大学・工学研究科・教授

研究者番号: 10091745

(3)研究協力者

石橋善弘 (YOSHIHIRO ISHIBASHI)

名古屋大学・名誉教授

飯島直也 (IIJIMA NAOYA)

名古屋工業大学・工学研究科・大学院生

加藤貞治 (YOSHIHIRO ISHIBASHI)

名古屋工業大学・工学研究科・大学院生

前川直紀 (NAOKI MAEKAWA)

名古屋工業大学・工学研究科・大学院生

田中数機 (KAZUKI TANAKA)

名古屋工業大学・工学研究科・大学院生

安藤兼一郎 (KENICHIRO ANDO)

名古屋工業大学・工学研究科・大学院生

横井隆太 (RYUTA YOKOI)

名古屋工業大学・工学研究科・大学院生