

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 3 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25400323

研究課題名(和文)ペロブスカイト型強誘電体モルフォトロピック相境界近傍物質の温度電場相図

研究課題名(英文) Temperature-field phase diagrams near the morphotropic phase boundary in perovskite-type ferroelectrics

研究代表者

岩田 真 (Iwata, Makoto)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：40262886

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、モルフォトロピック相境界(MPB)近傍のペロブスカイト型酸化物強誘電体 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-xPbTiO}_3$ (PZN-xPT) 混晶における電場に対する分極の応答を明らかにすることである。本研究では、PZN-xPT 混晶系の温度-濃度-電場相図を実験的に明らかにすることができた。[001]-方向の電場を印加すると相図上に臨界終点が存在すること、ゼロ電場で安定な斜方晶相が存在することを明らかにした。更に、PZN-xPT の常誘電相で、3次の非線型誘電率が正の値をとる理由は、ゼロ電場下における相転移が1次転移であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of our study is to clarify responses of the polarization under the electric field near the morphotropic phase boundary in the perovskite-type ferroelectric $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PZN-PT) mixed crystal system. In the present study, we experimentally clarified the temperature-concentration-field phase diagram in PZN-PT. It was found that on the phase diagram, the critical endpoint exists under the electric field along the [001]-direction, and the stable orthorhombic phase exists under zero field. The Curie-Weiss constant in PZN-8%PT can be determined by using our results of the dielectric constant in the high temperature range and T_0 obtained from the temperature-field phase diagram. Furthermore, it was clarified that the reason why the third-order dielectric susceptibility takes positive value in the paraelectric phase is that the phase transition under zero field is of the first-order.

研究分野：物性 I

キーワード：強誘電体 電場誘起相転移 構造相転移 モルフォトロピック相境界 電場相図 臨界点 ペロブスカイト 誘電率

1. 研究開始当初の背景

Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃ (PZN-PT) 混晶は、ペロブスカイト型構造を示す強誘電体である。現在知られている強誘電体中で最も高い電気機械結合係数 (90% 以上) を示すことも知られている。実際に、PZN-PT 混晶は、超音波画像診断用の超音波発信材料など、圧電材料として使用されている。このような実用材料の特性を解明することは、物性物理学だけでなく、物性工学の観点からも重要である。しかしながら、これまでの PZN-PT 結晶の基礎研究は、リラクサー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、実用材料として重要な特性 (大きな誘電率や電気機械結合係数) に対する現象の本質的な理解が不明のままであったように思われる。

1998 年に、Ishibashi と Iwata は、モルフォトピック相境界 (MPB; Morphotropic Phase Boundary) 近傍の大きな誘電・圧電応答の原因は分極の異方性エネルギー (自由エネルギーの異方性) が MPB 近傍で著しく小さくなることであると提案した (図 1 参照)。これによって異相間や分域間のエネルギー障壁が著しく小さくなること、および自発分極ベクトルに垂直方向の応答が大きくなる事が説明できる。2000 年には、Fu と Cohen が第一原理計算結果を基に同様の機構を提案している。

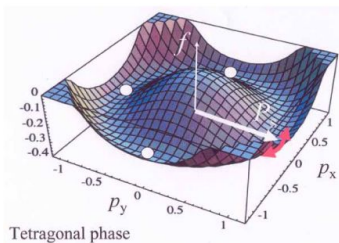


図1 MPB近傍の自由エネルギー

分極の異方性エネルギーが MPB 近傍で著しく小さくなり、大きな応答が現れる。

一方、Kutnjak らは、Nature で、PZN-PT の同族物質である Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃ (PMN-PT) が電場印加により臨界点を示すことを報告した。この報告は、PMN-PT の特性が (リラクサーではなく) 通常の強誘電体として理解可能であることを示しており、この系の物性の大枠を理解する上で画期的であった。

本申請研究では、従来リラクサーと呼ばれて不均一構造を有する強誘電体の誘電・圧電応答を、DC 電場印加によって一様で理想的な系に近づけることによって、通常の強誘電体の現象として理解することを試みた。古典的な方法ではあるが、物理現象の本質の解明と、実用材料における物性の理解という観点からは意味があり、応用分野への波及効果も期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、MPB 近傍のペロブスカ

イト型酸化物強誘電体 PZN-PT 混晶における電場に対する分極の応答を明らかにすることである。このような研究は、実用材料である PZN-PT 混晶系の物性をマクロな視点から理解するための大枠を確立することができ、物質探索と強誘電体材料開発の指針として役立つものと考えられる。

3. 研究の方法

3.1 試料と誘電率測定

本研究では、PZN-*x*PT (*x* = 4.5-9%) 混晶の [001]-, [011]-, [111]-方向に垂直な結晶板 (3 × 3 × 0.2 mm³) を試料として用いた。試料の表面を研磨し、両面に電極として金蒸着を施し、コンデンサ試料として準備した。

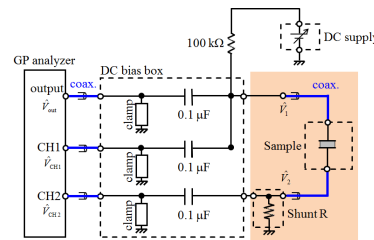


図2 DC 電場印加誘電率測定装置

本研究で、測定可能周波数帯域を 100 Hz - 1 MHz から、10 Hz - 10 MHz に向上させた。

DC 電場下で誘電率を測定するために、研究室現有の装置を用いた。この装置では、DC 電圧 800 V を試料に印加した状態で線形誘電率の測定が可能である。本研究では、この装置を改良して研究に使用した。装置のブロック図を図 2 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ズアナライザー ZGA 5900 を使用し、フィルター用のコンデンサで試料に印加している電圧が装置に掛からないようにした。本研究では、10 Hz から 10 MHz の測定が出来るように、フィルター回路と補正プログラムの改良を行った。

4. 研究成果

4.1 温度濃度電場相図

本研究では、PZN-*x*PT (*x* = 4.5-9%) の濃度温度電場の 3 次元相図を明らかにすることを目的に、DC 電場下における誘電率測定を行った。典型的な場合として、図 3 に PZN-4.5%PT の (a) [001]- と (b) [011]- 方向に電場を印加した時の電場相図を示す。これらの相図から、[001]-方向では正方晶相の、[011]-方向では斜方晶相の安定領域が電場の増加と共に広がっていることがわかる。このことから、それらの領域が正方晶相または斜方晶相の対称生を示していると同定することができる。

図 4 は本研究で明らかにされた平均構造としての濃度温度電場相図の結果である。正方晶相と菱面体晶相の間に、安定な斜方晶相が存在し、相図上にこれら 3 つの相の 3 重

点が存在することがわかった。

図 5 は臨界電場、臨界温度 T_{cep} 、相転移温度 T_c 、および T_0 の濃度依存性である。それらの値は、いずれもほぼ濃度の変化に直線的で有ることがわかった。

以上の結果は、平均構造に関する相転移を議論するためのランダウ自由エネルギーの展開係数を決定するために重要である。

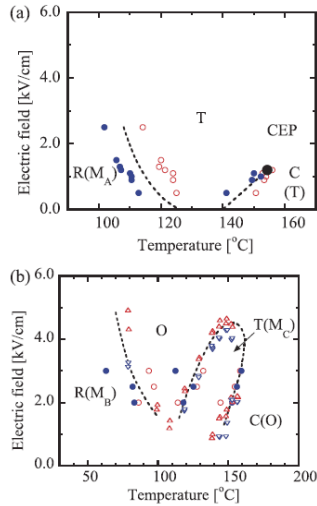


図 3 PZN-4.5%PT の温度電場相図

(a) [001]- と (b) [011]- 方向に電場を印加した時の電場相図。

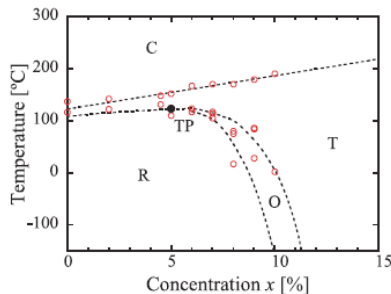


図 4 PZN-PT の濃度温度電場相図

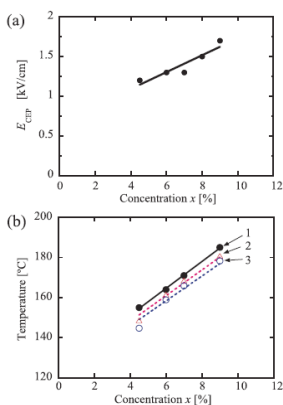


図 5 (a) 臨界電場と (b) 臨界温度の濃度依存性。

(b) の 1, 2, 3 は臨界温度 T_{cep} 、相転移温度 T_c 、 T_0 である。

4.2 キュリーワイス定数

リラクサーと呼ばれる物質は、相転移温度

近傍で誘電率のピークがブロードになり、キュリーワイスの法則に従わないことが知られている。しかし、前節の結果を発展させてランダウの自由エネルギーの展開係数を決定するために、キュリーワイス定数の決定が必要になる。(2 次項の係数の逆数はキュリーワイス定数に比例する。)

本研究では、誘電体の特徴が広い温度範囲で平均場近似によく従うという性質を利用して、高温の誘電率からキュリーワイス定数を決定することを試みた。ここでは、極性微小領域 (PNR) とよばれる不均一構造が消滅する温度以上での測定が必要となる。本実験では、高温での導電性の寄与を避けるために、高い周波数 (1 MHz) で誘電率測定を行った。

図 6 は PZN-8%PT の誘電率の逆数プロットである。別の実験から、1 MHz の誘電率は 650 でも導電性の影響を受けないことを確認している。図中の直線がキュリーワイスの法則を示している。 T_0 の値は前節の温度電場相図から決めた値を用いている。この図から、高温領域でキュリーワイスの法則に漸近していく様子が分かる。

本研究では、図 6 から決定されてキュリーワイス定数を用いて、ランダウの自由エネルギーの 4 次と 6 次の係数を決定した。

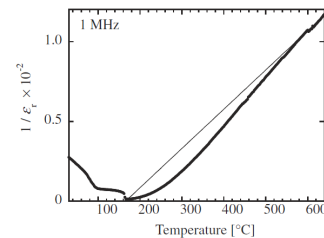


図 6 PZN-8%PT の誘電率の逆数プロット

4.3 非線型誘電率

本研究では、線形誘電率の DC 電場依存性の測定から 3 次の非線型誘電率の値を決定した。図 7 は、PZN-8%PT の誘電率の電場依存性である。測定温度は $T = 178$ (臨界点近傍)、1, 2, 3 は、測定周波数 1, 10, and 10^2 kHz を示す。この図から、誘電率は臨界電場に近づくにつれて大きくなっていることが分かる。ピークがシャープに発散しないのはリラクサーの不均一性によって相転移が散漫になっていると考えられる。

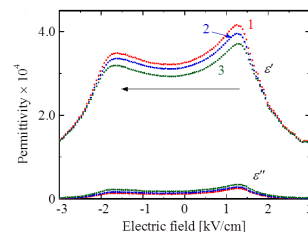


図 7 PZN-8%PT の誘電率の電場依存性。

温度は $T = 178$ (臨界点近傍)。1, 2, 3 は、測定周波数 1, 10, and 10^2 kHz を示す。

線形誘電率の電場依存性から決定された 3 次

図 8 の非線型誘電率の温度依存性を示す。赤は実部、青は虚部を示す。測定周波数は、100 kHz である。この図から、PZN-8%PT の常誘電相の非線型誘電率は転移点近傍で正であることが分かる。また 200 くらいで非線型誘電率は符号を変えることも分かった。

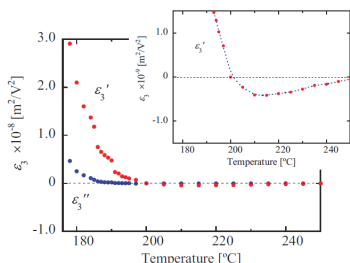


図 8 PZN-8%PT の非線形誘電率。

赤は実部、青は虚部を示す。測定周波数は、100 kHz。

本研究では、ランダウ理論を基に、非線形誘電率の値が転移点近傍で正になる理由を考察した。通常の相転移と同じように分極 p で展開したランダウの自由エネルギー f を次のように定義する。

$$f = \frac{\alpha}{2} p^2 + \frac{\beta}{4} p^4 + \frac{\gamma}{6} p^6$$

ここで、 $\alpha = a(T - T_0)$, $a > 0$, $\beta < 0$, $\gamma > 0$ とする。この自由エネルギーから、常誘電相で、線形誘電率と 3 次の非線型誘電率は、以下の用い与えられる。

$$\epsilon_1 = \frac{1}{\alpha}, \quad \epsilon_3 = \frac{-\beta}{\alpha^4}$$

これより、ゼロ電場下の相転移相転移が 1 次であれば $\beta < 0$ なので、3 次の誘電率が正であることが説明出来る。

本研究では、以下のことを明らかにすることができた。

(1) 温度濃度電場相図

PZN- x PT の温度濃度電場の 3 次元相図を実験的に明らかにした。ランダウ理論のから導かれる関係式を用いて、臨界温度 T_{cep} と相転移温度 T_c から、予測される 2 次相転移温度 T_0 の濃度依存性を明らかにできた。

(2) キュリーワイス定数

PZN-8%PT の高温の誘電率測定の結果と温度電場相図から決定された T_0 の値を用いることによって、キュリーワイス定数を決定することができた。高温領域でキュリーワイス則に従う温度を誘電率で見たバーンズ温度と考えることができる。

(3) 非線型誘電率

リラクサー-PZN- x PT の常誘電相で 3 次の非線型誘電率が正である理由は、PZN- x PT のゼロ電場下の相転移が 1 次であることを明らかにできた。

本研究では、リラクサーと呼ばれている

PZN- x PT の相転移について、DC 電場下の誘電率測定を行った。この物質は、電気機械結合係数が大きいことから、実用材料としても重要な物質である。これまでこの系の相転移に関しては、この物質の示す不均一性に関する研究に集中しすぎていたように思われる。本研究では、この物質に DC 電場を印加した状態で誘電率の測定を行ったが、この DC 電場には、分極の不均一性を減少させる効果があり、結果的に、平均構造としての相転移の性質が明らかにできた。以上の結果から、PZN- x PT は、DC 電場を印加して分極の不均一構造を減少させると、平均場近似に従う良く知られた強誘電体と同様の振る舞いをすることを明らかにできた。

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 24 件)

Y. Ishibashi and M. Iwata, “A New Type of Incommensurate Phase Transition Caused by Parabolic Splitting of the Degenerate Modes”, *Journal of the Physical Society of Japan* **82** (2013) 044703/1-5.

DOI: 10.7566/JPSJ.82.044703

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 II”, *Ceramics International* **39** (2013) S75-S79.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.10.038

K.-G. Lim, K.-H. Chew, L.-H. Ong, and M. Iwata, “Modulated internal electric field, dielectric susceptibility and polarization in ferroelectric superlattices”, *Ceramics International* **39** (2013) S307-S310.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.10.083

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”, *Ceramics International* **39** (2013) S301-S305.

DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.10.082

N. Yasuda, N. Hidayah, H. Ohwa, Y. Tachi, Y. Yamashita, J. Hlinka, M. Iwata, H. Terauchi, Y. Ishibashi, “Ferroelastic Behavior in Relaxor $24\text{Pb}(\text{In}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ -46 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -30 PbTiO_3 under Shear Stresses along the [001] Direction”, *Journal of the Physical Society of Japan* **82** (2013) 054712/1-5.

DOI: 10.7566/JPSJ.82.054712

M. Iwata and Y. Ishibashi, “Coexistence States near the Morphotropic Phase Boundary: II. The Scaling of the Free Energy in $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$ ”, *Japanese Journal of Applied Physics* **52** (2013) 09KF07/1-5.

DOI: 10.7567/JJAP.52.09KF07

M. Iwata, S. Kato, K. Tanaka, M. Masaki, and Y. Ishibashi, “Temperature-Field Phase Diagram in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 II”, *J. Korean Phys. Soc.* **62** (2013) 991-994.

DOI: 10.3938/jkps.62.991

K.-H. Chew, Y. Zhou, L.-H. Ong and M. Iwata, “A Dipole Lattice Model of Switching Characteristics in Ferroelectric Superlattices”, *Journal of Applied Physics* **114** (2014) 224108/1-6.

DOI:10.1063/1.4846797

Y. Ishibashi and M. Iwata, “Dispersion Relations near the Conical Point in Some Hexagonal Lattices”, *Ferroelectrics* **459** (2014) 107-111.

DOI: 10.1080/00150193.2013.849172

M. Iwata, K. Tanaka, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Dielectric Tunability near the Critical End Point in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -9% PbTiO_3 ”, *Japanese Journal of Applied Physics* **53** (2014) 038004/1-3.

DOI:10.7567/JJAP.53.038004

M. Iwata and R. Yokoi, Y. Sugiyama, M. Maeda, Y. Tchi, and Y. Ishibashi, “Temperature-field phase diagrams in $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -29.5% PbTiO_3 ”, *Ferroelectrics* **462** (2014) 19-27.

DOI:10.1080/00150193.2014.890500

Y. Ishibashi and M. Iwata, “A New Mechanism of the Incommensurate Phase Transition”, *Ferroelectrics* **461** (2014) 1-9.

DOI:10.1080/00150193.2014.889521

N. Hidayah, N. Yasuda, H. Ohwa, Y. Tachi, Y. Yamashita, and M. Iwata, “Pressure-induced suppression of piezoelectric response in a $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $0.5\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$ ceramic near a morphotropic phase boundary”, *Ferroelectrics* **467** (2014) 173-180.

DOI: 10.1080/00150193.2014.932634

K.-H. Chew, K.-G. Lim, L.-H. Ong, and M. Iwata, “Effect of Composition and Interface Intermixing on Polarization Behaviors of $\text{BaTiO}_3/(\text{Ba},\text{Sr})\text{TiO}_3$ Superlattices”, *Physica Status Solidi A* **211** (2014) 1698-1703.

DOI 10.1002/pssa.201330457

M. Iwata, T. Ido, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Curie Constant in Relaxor Ferroelectrics $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 ”, *Japanese Journal of Applied Physics* **53** (2014) 09PD05/1-4.

DOI:10.7567/JJAP.53.09PD05

K.-G. Lim, K.-H. Chew, D. Y. Wang, L.-H. Ong and M. Iwata, “Charge compensation phenomena for polarization discontinuities in ferroelectric superlattices”, *Euro Physics Letters* **108** (2014) 67011/1-6.

DOI:10.1209/0295-5075/108/67011

M. Iwata, K. Ando, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “In-Situ Observations of Engineered Domain Wall Structures in BaTiO_3 ”, *Japanese Journal of Applied Physics* **54** (2015) 021502/1-5.

DOI: 10.7567/JJAP.54.021502

M. Iwata, R. Nagahashi, and M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Stable ferroelectric phases as average structures in a relaxor solid solution system $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $x\text{PbTiO}_3$ ”, *Phase Transitions* **88**

(2015) 306-319.

DOI:10.1080/01411594.2014.974602

M. Iwata, K. Ando, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Temperature-field phase diagram under the electric field along $[111]_c$ direction in BaTiO_3 ”, *Japanese Journal of Applied Physics* **54** (2015) 051501/1-4.

DOI: 10.7567/JJAP.54.051501

M. Iwata, R. Nagahashi, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Temperature-field phase diagram in $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 – Concentration Dependence of the Critical Endpoint –”, *Journal of Korean Physical Society* **66** (2015) 1327-1333.

DOI:10.3938/jkps.66.1327

② Y. Ishibashi and M. Iwata, “Reconsideration of the Morphotropic Phase Boundary – On the Order of the Ferroelectric Phase Transition –”, *Journal of Korean Physical Society* **66** (2015) 1334-1338.

DOI: 10.3938/jkps.66.1334

③ Y. Ishibashi and M. Iwata, “Conical Point Crossing in Orthorhombic and Monoclinic Lattices”, *Journal of the Physical Society of Japan* **84** (2015) 064705/1-7.

DOI: 10.7566/JPSJ.84.064705

④ S. Aoyagi, H. Osawa, K. Sugimoto, M. Iwata, S. Takeda, C. Moriyoshi, Y. Kuroiwa, “Crystal Structure Analysis of LiTaO_3 under Electric Field”, *Japanese Journal of Applied Physics* **54** (2015) 10NB03/1-5.

DOI: 10.7567/JJAP.54.10NB03

⑤ Y. Ishibashi and M. Iwata, “On the conical point crossing: the case of the orthorhombic lattice”, *Ferroelectrics* **483** (2015) 13-19.

DOI: 10.1080/00150193.2015.1058664

〔学会発表〕(計 24 件)

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) 2013 年 5 月 23-26 日 (京都).

M. Iwata, R. Yokoi, Y. Sugiyama, M. Maeda, Y. Tachi, and Y. Ishibashi, “Temperature-field Phase Diagrams in $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -29.5% PbTiO_3 ”, The 13th International Meeting on Ferroelectricity (IMF-13) 2013 年 9 月 2-6 日 (Kraków, Poland).

Y. Ishibashi and M. Iwata, “A New Type of the Incommensurate Phase Transition” (*invited*), The 13th International Meeting on Ferroelectricity (IMF-13) 2013 年 9 月 2-6 日 (Kraków, Poland).

岩田 真, 長橋 諒, 前田雅輝, 石橋善弘, 「 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - $x\text{PbTiO}_3$ 混晶の温度電場濃度相図」, 日本物理学会 2013 年 9 月 25-28 日 (徳島大学).

杉山佑太, 岩田 真, 前田雅輝, 石橋善弘, 「 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -11% PbTiO_3 の相転移」, 日本物理学会 2013 年 9 月 25-28 日 (徳島大学).

長橋 諒, 岩田 真, 前田雅輝, 石橋善弘, 「 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -6% PbTiO_3 の温度電場相図」, 日本物理学会 2013 年 9 月 25-28 日 (徳島大学).

岩田 真, 井戸智哉, 前田雅輝, 石橋善弘, 「 $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ -8% PbTiO_3 のキュリー定

数」,日本物理学会 2014年3月27-30日(東海大学).

岩田 真,井戸智哉,前田雅輝,石橋善弘,「92%Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-8%PbTiO₃のキュリー定数と相転移」,強誘電体応用会議(FMA)2014年5月28-31日(京都).

M. Iwata, R. Nagahashi, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Temperature field phase diagram including the orthorhombic phase in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-6%PbTiO₃”, The Japan-Korea Conference on Ferroelectrics 2014年8月17-20日(Hiroshima).

Y. Ishibashi and M. Iwata, “Reconsideration of the Morphotropic Phase Boundary---The order of the ferroelectric phase transition---”, The Japan-Korea Conference on Ferroelectrics 2014年8月17-20日(Hiroshima).

M. Iwata, R. Nagahashi, K. Tanaka, M. Maeda, and Yoshihiro Ishibashi, “Orthorhombic Phase as Average Structure in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-9%PbTiO₃”(invited), The 15th IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014) 2014年8月24-28日(Fukuoka University, Fukuoka).

岩田 真,安藤兼一郎,前田雅輝,石橋善弘,「エンジニアードメイン配置下のBaTiO₃のその場観察」,日本物理学会 2014年9月7-10日(中部大学).

M. Iwata, A. Amano, R. Nagahashi, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Electric Field Effects in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-7%PbTiO₃ Solid Solutions”(invited), The joint event 12th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity and 9th International conference on Functional Materials and Nanotechnologies – RCBJSF-2014-FM&NT 2014年9月29-10月2日(Riga, Latvia).

Y. Ishibashi and M. Iwata, “On the Conical Point Crossing”, The joint event 12th Russia/CIS/Baltic/Japan Symposium on Ferroelectricity and 9th International conference on Functional Materials and Nanotechnologies – RCBJSF-2014-FM&NT 2014年9月29-10月2日(Riga, Latvia).

M. Iwata, R. Nagahashi, K. Tanaka, M. Maeda, and Y. Ishibashi, “Stable Orthorhombic Phase in Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-xPbTiO₃ Mixed Crystal System”, International Workshop on Structure-Property Relations in Relaxor Ferroelectrics 2014年10月12-16日(Stirin, Czech).

岩田 真,安藤兼一郎,前田雅輝,石橋善弘,「BaTiO₃の温度電場相図」,日本物理学会 2015年3月21-24日(早稲田大学).

岩田 真,石橋善弘,「三安定状態を利用した誘電チューナブル材料のLandau理論」,強誘電体応用会議(FMA) 2015年5月20-23日(京都).

青柳忍,大沢仁志,杉本邦久,岩田 真,竹田翔一,森吉千佳子,黒岩芳弘,「LiTaO₃の電場下結晶構造解析」強誘電体応用会議

(FMA) 2015年5月20-23日(京都).

M. Iwata, T. Ido, R. Nagahashi, and Y. Ishibashi, “Nonlinear dielectric susceptibility in relaxor ferroelectrics Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃”, 13th European Meeting on Ferroelectricity 2015年6月28日-7月3日(Porto Portugal).

岩田 真,井戸智哉,長橋諒,石橋善弘,「Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃の非線型誘電率」,日本物理学会 2015年9月16日-19日(関西大学).

②鈴木俊介,辻見裕史,岩田 真,「ピスマス層状構造酸化物強誘電体 Bi₃Ti₄O₁₂の相転移メカニズムの解明」,日本物理学会 2015年9月16日-19日(関西大学).

②漆原大典,駒淵舞,岩田 真,福田功一郎,浅香 透,「層状ペロブスカイト強誘電体 Bi₄Ti₃O₁₂の結晶構造解析」,日本結晶学会 2015年10月17-18日(大阪府立大学).

③岩田 真,長橋 諒,石橋善弘,「Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃の非線型誘電率 II」,日本物理学会 2015年3月19-22日(東北学院大学).

④青柳 忍,青柳鮎美,大沢仁志,杉本邦久,武田翔一,森吉千佳子,黒岩芳弘,岩田 真,「Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃の交流電場下の時分割 X線回折」,日本物理学会 2015年3月19-22日(東北学院大学).

〔その他〕
研究代表者のホームページ
<http://diele.web.nitech.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩田 真(MAKOTO IWATA)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・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・大学院工学研究科・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
安藤兼一郎(KENICHIROU ANDO)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・大学院
生
横井隆太(RYUTA YOKOI)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・大学院
生
杉山佑太(YUTA SUGIYAMA)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・大学院
生
長橋 諒(RYO NAGAHASHI)
名古屋工業大学・大学院工学研究科・大学院
生