

機関番号：12608
研究種目：基盤研究(A)
研究期間：2008～2010
課題番号：20246098
研究課題名(和文)ペロブスカイトエンジニアリング：化学結合制御による新規非鉛強誘電体の設計
研究課題名(英文) Perovskite engineering: design of novel lead-free ferroelectric by the control of the chemical bonds
研究代表者
伊藤 満 (ITO MITSURU)
東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授
研究者番号：30151541

研究成果の概要(和文)：

トレランスファクターに基づく従来の新物質探索でなく、トレランスファクターが1よりも小さな物質群も対象にした新しい指針に基づいて新物質を探索した。その結果、強誘電性の発現でペロブスカイトのAサイトイオンが重要な役割を果たす物質群を複数個見出すとともにいくつかの既知の化合物について全く新しい強誘電性発現に関する描像を提案した。また薄膜作製により、従来の枠組みを超えた全く新しい物質合成の手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：

Strategy for lead-free ferroelectric and piezoelectric materials with perovskite-type structure was obtained based on the new idea based on the chemical bonds and crystal structures. As a result, many candidate materials were found out as well as new interpretation on the mechanism for the evolution of known ferroelectric materials. Thin films of novel compounds, which are not available by the conventional solid state technique, were also successfully obtained by the pulsed laser deposition technique.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	26,100,000	7,830,000	33,930,000
2009年度	9,200,000	2,760,000	11,960,000
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
年度			
年度			
総計	37,600,000	11,280,000	48,880,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・無機材料・物性

キーワード：誘電体、磁性誘電体

1. 研究開始当初の背景

圧電体・強誘電体を含む化合物から非鉛化する動きは、産業界も含めて大きな潮流となっている。これまでの多くの研究が非鉛化を目指すも、Bi系にシフトすることが研究の流れとなっており、この状況は現在も続いている。3年前に我々が提案したコンセプトは、非鉛イコールBi系へのシフトという細いルートのみならず、ペロブスカイトという物質

群の中で各々の化合物が物質科学の中でどこに位置付けられるかを強く意識しながら物質探索する、つまり、ペロブスカイトエンジニアリングにより新しい化合物を見つけ出すことがなければ、強誘電体・圧電体の研究が収束してしまうという強い危機感から始まったものである。元素の組み合わせが構造と誘電性に如何なる変化をもたらすかを定量的に把握することにより、強誘電体・圧

電体ファミリーに属する物質数を増やし、材料提案を効率的に行うための指針を得ることが重要であると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、従来のペロブスカイト型強誘電性酸化物の基本設計指針、つまりトレランスファクターの大きな変位型強誘電体を探索するのではなく、トレランスファクターの小さな物質までも含めて全てのペロブスカイト型酸化物を対象とした強誘電・圧電特性の高い物質を探索することにある。この目的を達成するためには、ペロブスカイト型構造を構成する A サイト、B サイト元素と酸素との化学結合および、格子振動を同時に考え合わせるにより様々な物質群を合成し、その強誘電・圧電性を検証し、基本設計指針にフィードバックしながら新しい強誘電・圧電体の物質科学を構築する。

3. 研究の方法

ペロブスカイト型酸化物に対するトレランスファクターダイアグラムに基づいて元素を選び出し、実際に合成を行った。対象とした化合物は BaTiO_3 , SrTiO_3 , CaTiO_3 , LiNbO_3 , LiTaO_3 , NaNbO_3 , KNbO_3 , AgNbO_3 , AgTaO_3 , $(\text{BiMn}_3)\text{Mn}_4\text{O}_{12}$, $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$, $(\text{La, Na})\text{TiO}_3$, BiFeO_3 , MnTiO_3 およびこれらの固溶体である。試料は、セラミックス、単結晶、エピタキシャル薄膜の形状で作製した。試料の評価は、誘電測定、焦電測定、D-E ループ測定、ラマンスペクトル測定および第一原理計算（電子およびフォノン）であり、これらの結果を統合して考察を行った。

4. 研究成果

(1) 酸素同位体置換した SrTiO_3 の強誘電性の起源

我々のグループが 1999 年に報告した酸素同位体置換した SrTiO_3 の強誘電性に関してはその後 260 編以上の論文に引用され、その強誘電性発現のメカニズムに関して議論が繰り広げられてきた。1 つは電気分極の長距離オーダーが無いいわゆるリサクサー的強誘電体、もう一方はソフトモードが凍結する展型的強誘電体である。本研究では、超音波吸収法により kHz レンジまで弾性定数を測定することにより、本系における強誘電性の本質の理解に挑んだ。その結果、Takesada らの報告の通り、本系のソフトモードは kHz レンジまでも周波数を減らし続け、本系はソフトモードが完全に凍結する系であることを再確認した。一方、70 K 近傍から秩序-無秩序成分が顕著に観測され、これは Blinc らの NMR の結果と一致する。つまり本系は、 $\text{Pb}(\text{Mg}_{2/3}\text{Nb}_{1/3})\text{O}_3$ （後述）と同様、完全に整合する長距離は有さないが、数十ナノメートル

程度の分域がモザイク的に寄り集まったドメイン構造を有することが判明した。

(2) 原子のオフセンターにより誘起する BaTiO_3 特異な強誘電性

1960 年代から研究されている $(1-x)\text{BaTiO}_3-x\text{CaTiO}_3$ 系固溶体の特徴は、Ca 置換に伴って T_c がほとんど低下しないことである。一方、低温側の正方晶-斜方晶、斜方晶-菱面体晶転移点はほぼ直線的に低下する。本研究では本固溶体単結晶を作製し、その強誘電性転移温度不変のメカニズムについて考察した。単結晶は Ca 33 %まで作製可能で有り、 P_s の値は T_c の傾向と同様に、Ca 量の増加に伴ってほとんど低下しないことを確かめた。この原因について第一原理計算の結果は、Ca の A サイトでの変位が Ti の分極を促進し、オフセンター効果もまた全分極に寄与することを確かめた。また正方晶比 c/a が Ca 33 %までほぼ一定 (1.008)であることを報告した 2010 年の Journal of Physics: Condensed Matter の論文は、同誌のハイライト論文に選ばれ、過去 1 年のダウンロード数は 800 回を越え、強誘電体の世界ではランドマーク的位置付けがされている。

(3) 常誘電体相で観測する PbTiO_3 のソフトモード

アンダーダンプな強誘電体として知られている PbTiO_3 のソフトモードは T_c 以上では観察できないという常識に対して、共焦点ラマン測定法によりソフトモードが観察された。これはラマン活性領域の大きさが 780 nm 以上あることを示しており、これは欠陥誘起領域を通して・点に投影されるソフトモードではなく、elasto-optic 結合の結果ラマンスペクトルの測定が可能になることを証明するものである。この結果は、マイクロラマン測定法を使うことで大きな良質単結晶の育成の必要性を排除するという科学的に重要な結論をもたらした。ソフトモードの直接測定は、中心対称性の立方晶 PbTiO_3 では一次ラマン散乱が生じないという従来の思い込みを否定するとともに、一次ラマンスペクトルが常誘電体中で巨視的サイズのラマン活性領域に由来するものであることを見出したことは、以前は否定されていた中心対称相中でラマン散乱を観測する方向性が大幅に修正され、むしろ積極的に観測する必要があることを示している。

(4) リラクサー $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ の異常な誘電特性の起源の解明

1950 年代にロシアの Smolensky により発見されたリラクサー $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ の‘リラクサー性’つまり非常に幅広い誘電率の周波数分散の原因について、これまで主に 2 つの

考え、つまり微結晶モデルおよび双極子ガラスモデルが相反するモデルであった。我々はこの混沌とした状態に決着をつけるべく、誘電測定、D-E ループの再測定、電顕による組織の温度依存性のその場観察およびラマンスペクトルの各測定を現状では世界最高レベルで行って、矛盾の無い結論を導いた。(a) 広い温度範囲における誘電分散の原因は、結晶中の分極の再配向による。(b) PMN は基本的にナノサイズの強誘電体であり、ドメイン構造に多重不均一性を有すること。これらは従来議論されてきた化学組成と局所的対称性の不均一に加えるべき新しい因子である。これらの結果は Physical Review Letters での印刷後、日本物理学会誌で解説が紹介され、過去 50 年の議論が収束しつつあるという意見が世界中から寄せられている。

(5) AgNbO₃ と AgTaO₃ をベースとする新しい強誘電体

既知化合物 AgNbO₃ および AgTaO₃ については、誘電性に関する報告に関して矛盾するものが多かったのが実情である。その中でも AgNbO₃ については、弱い強誘電性成分が観察されること、AgTaO₃ については、140 K 付近に T_c が存在すること等が報告されてきた。本研究では、これら 2 つの化合物をベースとする固溶体の性質を再調査し、基礎科学の観点から、極めて重要な結果を得た。AgNbO₃ については、単結晶およびセラミックスを合成してその強誘電性を調べた。その結果、AgNbO₃ は 300 kV/cm 程度の電場を印加すると、弱電場下での弱強誘電性のみならず、強電場下では、 $60 \text{ } \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 程度の分極をもつ強誘電体へと変化することが判明した。この臨界電場以上の電場下では構造が変化する。さらに AgNbO₃ に Ag→Li の置換を行うことにより、系の対称性が斜方晶から菱面体晶へと変化し、強誘電性が現れることも判明した。分極の大きさも $40 \text{ } \mu\text{C}/\text{cm}^2$ 程度と大きく、Ag_{1-x}Li_xNbO₃ の構造変化をミクロスコピックに調べることが示唆される。なお Ag→Li のみならず、Ag→Na, Ag→K の置換も成功しており、特に Na 系については全域固溶体が得られ、AgNbO₃ のフェリ誘電性から NaNbO₃ の強誘電性まで相変化と構造の関連性を定量的に評価した。なお AgNbO₃ の構造については東北大学多元研津田准教授、東工大八島教授と共同で構造解析に成功するとともに、弱強誘電性の原因を解明した。その結果、AgNbO₃ は Ag および Nb 両イオンとも結晶学的に複数のサイトを占有し、各イオンが逆方向に変位して、Ag および Nb 同士が互いに分極をキャンセルしつつ、全体としては一方向に小さな正味の分極が現れる、フェリ誘電体であることが判明した。この結果は、東工大、東北大、および静

岡大でプレスリリースして数紙の新聞で内容が紹介された。

AgTaO₃ に関しては、高圧酸素下で良質なセラミックスを焼成することに成功し、誘電測定とラマン測定を行った。その結果、AgTaO₃ では室温から 2 K まで巨視的な相転移は観測されず、量子常誘電性が現れることが判明した。従来考えられてきた 140 K 付近での強誘電相への相転移は存在せず、これは、格子欠陥に起因する対称性破れの結果生ずる PNR に相当するスペクトルであることも判明した。また本系に対して Ag→Li 置換を行うと、1~2% で巨視的に相転移して強誘電相に変化することを見出した。また Li 置換で最大 250 K の T_c を持つことを見出した。なお強誘電性は D-E ループにより確認している。

(6) Aurevillious 型層状酸化物の元素置換による T_c の大幅上昇

層状ペロブスカイトの 1 つ Aurevillious 型相の 1 つである Bi₂Sr₁Ta₂O₉ および Bi₂Sr₁Nb₂O₉ の T_c 制御を Ta, Nb→Sc 置換で試みた。ここで相制御は置換により新たな欠陥が導入されないよう、電気的中性を保つため、Bi_{2+2x}Sr_{1-2x}Ta_{2-x}Sc_xO₉ および Bi_{2+2x}Sr_{1-2x}Nb_{2-x}Sc_xO₉ なる組成で試料を作製した。その結果、Ta 系の T_c は $x = 0$ の $T_c = 323 \text{ } ^\circ\text{C}$ から $x = 0.10$ の $T_c = 395 \text{ } ^\circ\text{C}$ まで上昇した。また Nb 系でこの効果は顕著であり、 $x = 0$ の $T_c = 300 \text{ } ^\circ\text{C}$ から $x = 0.20$ の $T_c = 731 \text{ } ^\circ\text{C}$ まで上昇した。なお欠陥制御しない系と比較して、欠陥制御した系の T_c の変化は逆であり、Ta, Nb→Sc の置換が本質的に T_c を上昇させるとともに欠陥濃度と反比例することが明らかとなった。Nb 系の試料の T_c は Sc 置換で約 430 °C まで上昇し、本系が高濃動作用圧電体にも応用できる可能性を示唆している。

(7) 強磁性体/強誘電体界面の歪みを利用した磁気異方性の制御

いわゆるマルチフェロイクスの化合物群の多くが極低温で磁方相転移に伴ってナノクーロン程度の電気分極が現れるのに対して、強磁性/強誘電体の組み合わせでは強誘電体の巨視的な相転移に伴う格子変形によって Fe 格子がマクロに変形し、磁気対称性が変わる。これらの結果が磁気歪結合効果によるものであることが明らかになった。

(8) 各種化合物の(強)誘電性評価

現段階でその(強)誘電性が注目されている各種化合物の誘電性および磁気誘起効果を調べた。

NaNbO₃: これまでの結果では、反強誘電体あるいは強誘電体であるかが結着がついていない。本研究では、Na の化学量論性を厳密に制御しながら D-E ル

ープを測定した。その結果、Na 量が 1.00 に近い試料は分極が大きく、展型的な強誘電体となることが判明した。

BiFeO₃: あらゆる誘電特性が優れている BiFeO₃ 単結晶のラマンスペクトルを測定した。その結果、高温で相転移が提案されている温度域では相転移は存在せず、ラマン光による熱分解がゴーストピークを出現させることが判明した。

(La, Na)TiO₃: 本化合物は 1992 年に筆者らのグループで見いだされた量子常誘電体であるが、本研究では初めて単結晶を合成してその誘電性を調べた。この結果、その誘電性はセラミックスあるいは単結晶薄膜同様、低温で飽和する傾向を示し、本系における量子常誘電性が欠陥や粒界における局所歪みによって誘起されるものではないことが判明した。

Cd₂Nb₂O₇: パイロクロア型の本化合物が 70 K 近傍で強誘電相に転移するが、本系ではソフトモードが存在し、このソフトモードが T_c で完全にソフト化する展型物質であることが判明した。

(BiMn₃)Mn₄O₁₂: 本化合物は高温高压下で合成された新化合物であり、A サイトが 1:3 に秩序化し、59 K で強誘電体、28 K で反強磁性体に転移するが、2 つの転移点近傍で 2% 程度の負のマグネトキャパシタンスを示すことを確認した。このマグネトキャパシタンスの値は、酸化物の中でも最も大きいグループに分類される。

(9) PLD 法による高压安定相の安定化

本研究予算で導入した PLD 装置を用いて種々の既知化合物および新しい化合物の単結晶薄膜を合成した。BaTiO₃ の (100), (110), (111) 薄膜の強誘電性 130 K から 500 K まで評価するとともに、P_s の方向依存性を確かめた。また、従来高温高压下でのみ合成可能な相、例えば LiNbO₃ 型 MgTiO₃, FeTiO₃, MnSnO₃ 等を PLD で堆積することに成功した。PLD 法が単なる薄膜成長のみならず、地球科学的研究にも応用できることを確認した。

本研究結果を要約すると、セラミックスの世界では従来、B サイトにのみ注目して研究を進めてきたが、視野を広げ A サイトの役割も同時に考察することによって、BiFeO₃ をはじめとする巨大な電気分極を有する強誘電体の分極の起源を理解することができるということである。この概念を受け入れれば、元素置換が母物質の何を変えるのか？つまり、化学結合と結晶構造・フォノン構造のど

こを変化させているのかを定量的に考えることができることである。本研究を 3 年間強力に遂行した結果、A, B サイト金属イオンと酸素との化学結合の変化を定量的に評価し、体系化の緒につくことができた。この成果をもとに、新しい物質をいくつか合成することができ、さらに得られた研究指針をもとに本研究は 23 年度からの基盤研究 (A)、「スピン・分極空間創発による複合酸化物の電気・磁気・光機能開拓」に結びついている。

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 51 件)

① Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, and Desheng Fu, **Raman Scattering Study on the Soft Mode in Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃**, Journal of Raman Spectroscopy, vol. 42, pp706-714, 2011, 査読有.

② Masatomo Yashima, Shota Matsuyama, Rikiya Sano, Mitsuru Itoh, Kenji Tsuda, and Desheng Fu, **Structure of Ferroelectric Silver Niobate AgNbO₃**, Chemistry of Materials, vol. 23, pp1643-1645, 2011, 査読有.

③ R. Haumont, R. Saint-Martin, J. Chaigneau, M. Devant, J. Hermet, B. Neela Sekhar, Y. Uesu, M. Itoh, and J. M. Kiat, **Growth of Quantum Paraelectric La_{1/2}Na_{1/2}TiO₃ Single Crystals Using Optical Floating Zone Technique**, Journal of Crystal Growth, vol. 321, pp36-39, 2011, 査読有.

④ J. F. Scott, J. Bryson, M. A. Carpenter, J. Herrero-Albillos, and M. Itoh, **Elastic and Anelastic Properties of Ferroelectric SrTi¹⁸O₃ in the kHz-MHz Regime**, Physical Review Letters, vol. 106, pp105502 1-4, 2011, 査読有.

⑤ Thathan Sivakumar and Mitsuru Itoh, **New Ferroelectric Aurivillius Oxides: Incorporation of Sc³⁺ in Stoichiometric Compositions**, Chemistry of Materials, vol. 23, pp129-131, 2010, 査読有.

⑥ Hwee Ping Soon, Hiroki Taniguchi, and Mitsuru Itoh, **Dielectric and Soft-mode Behaviors of AgTaO₃**, Physical Review B, vol. 81, pp104105 1-7, 2010, 査読有.

⑦ Desheng Fu, Mitsuru Itoh, and Shin-ya Koshihara, **Invariant Lattice Strain and Polarization in BaTiO₃-CaTiO₃ Ferroelectric Alloys**, Journal of Physics: Condensed Matter, vol. 22, pp052204 1-4, 2010, 査読有.

⑧ Hwee Ping Soon, Hiroki Taniguchi, and

Mitsuru Itoh, **Ferroelectricity Triggered in the Quantum Paraelectric AgTaO₃ by Li-substitution**, Applied Physics Letters, vol.95, pp242904 1-3, 2009, 査読有.

⑨ Desheng Fu, Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, Shin-ya Koshihara, N. Yamamoto, and Shigeo Mori, **Relaxor Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃: A Ferroelectric with Multiple Inhomogeneities**, Physical Review Letters, vol.103, pp207601 1-4, 2009, 査読有.

⑩ Hiroshi Takashima, Kohei Shimada, Noboru Miura, Tetsuhiro Katsumata, Yoshiyuki Inaguma, Kazushige Ueda and Mitsuru Itoh, **Low-Driving-Voltage Electroluminescence in Perovskite Films**, Advanced Materials, vol.21, pp3699-3702, 2009, 査読有.

⑪ Hwee Ping Soon, Hiroki Taniguchi, Yasuhiro Fujii, Mitsuru Itoh, and Makoto Tachibana, **Direct Observation of the Soft Mode in the Paraelectric Phase of PbTiO₃ by Confocal Micro-Raman Scattering**, Physical Review B, vol.78, pp172103 1-4, 2008, 査読有.

⑫ Robert Blinc, Valentin V. Laguta, Boštjan Zalar, Blaž Zupančič, and Mitsuru Itoh, **¹⁷O and ⁹³Nb NMR Investigation of Magnetoelectric Effect in Pb(Fe_{1/2}Nb_{1/2})O₃**, Journal of Applied Physics, vol.104, pp084105 1-4, 2008, 査読有.

⑬ Naoki Imamura, Maarit Karppinen, Teruki Motohashi, Desheng Fu, Mitsuru Itoh, and Hisao Yamauchi, **Positive and Negative Magnetodielectric Effects in A-Site Ordered (BiMn₃)Mn₄O₁₂ Perovskite**, Journal of the American Chemical Society, vol.130, pp14948-14949, 2008, 査読有.

⑭ Desheng Fu, Mitsuru Itoh, and Shin-ya Koshihara, **Crystal Growth and Piezoelectricity of BaTiO₃-CaTiO₃ Solid Solution**, Applied Physics Letters, vol.93, pp012904 1-3, 2008, 査読有.

⑮ Hiroki Taniguchi, Takao Shimizu, Hitoshi Kawaji, Tooru Atake, Mitsuru Itoh, and Makoto Tachibana, **Ferroelectric Phase Transition of Cd₂Nb₂O₇ Studied by Raman Scattering**, Physical Review B, vol.77, pp224104 1-5, 2008, 査読有.

⑯ Desheng Fu, Mitsuru Itoh, Shin-ya Koshihara, Taichi Kosuge, and Shinji Tsuneyuki, **Anomalous Phase Diagram of Ferroelectric (Ba, Ca)TiO₃ Single Crystals with Giant Electromechanical Response**, Physical Review Letters, vol.100, pp227601 1-4, 2008, 査読有.

⑰ Desheng Fu, Makoto Endo, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, Shin-ya

Koshihara, and Mitsuru Itoh, **Piezoelectric Properties of Lithium Modified Silver Niobate Perovskite Single Crystals**, Applied Physics Letters, vol.92, pp172905 1-3, 2008, 査読有.

⑱ T. Taniyama, T. Mori, K. Watanabe, E. Wada, M. Itoh, and H. Yanagihara, **Optically Spin Oriented Electron Transmission across fully Epitaxial Fe₃O₄/GaAs001 Interfaces**, Journal of Applied Physics, vol.103, pp07D705 1-4, 2008, 査読有.

⑲ Desheng Fu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, Mitsuru Itoh, and Shin-ya Koshihara, **Origin of Giant Dielectric Response in Nonferroelectric CaCu₃Ti₄O₁₂: Inhomogeneous Conduction Nature Probed by Atomic Force Microscopy**, Chemistry of Materials, vol.20, pp1694-1698, 2008, 査読有.

[学会発表] (計 137 件)

① 津田 健治, 佐野 力也, 符 徳勝, 伊藤 満, **収束電子回析法による強誘電体 AgNbO₃ および(Ag, Li)NbO₃ の構造の研究**, 日本電子顕微鏡学会第 67 回学術講演会, 2011/5/16, 福岡.

② 谷口 博基, 森分 博紀, 伊藤 満, **擬一次元鎖状ペロブスカイト K₂(NbO)₂Si₄O₁₂ の合成と物性評価**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

③ 清水 荘雄, 符 徳勝, 谷口 博基, 谷山 智康, 伊藤 満, **強誘電体 Ba_{1-x}Ca_xTiO₃ における相転移機構**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

④ 内藤 朋之, 伊藤 満, 谷山 智康, **強誘電体 BaTiO₃ 上の Fe/Cu/Co 構造の磁気抵抗特性**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

⑤ 符 徳勝, 深町 浩平, 坂本 尚紀, 脇谷 尚樹, 鈴木 久男, 伊藤 満, 西山 毅, **負圧効果による BaTiO₃ の強誘電相転移温度の巨大増加**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

⑥ 符 徳勝, 深町 浩平, 坂本 尚紀, 脇谷 尚樹, 鈴木 久男, 伊藤 満, **高い T_c をもつ (Ba, Ca)TiO₃ 膜**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

⑦ 藤井 康裕, 能重 昌嗣, 西尾 泉, 谷口 博基, 伊藤 満, **酸化物強誘電体の偏光ラマン分光**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

⑧ 是枝 聡肇, 齊官 清四郎, 谷口 博基, 伊藤 満, 森 茂生, **リラクサー Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ の低周波数領域光散乱分光 (III)**, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.

- ⑨ 佐野 力也, 津田 健治, 符 徳勝, 伊藤 満, 収束電子回析法による (Ag, Li)NbO₃ 室温相の空間群決定, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.
- ⑩ 小山 司, 尾崎 友厚, 森 茂生, 符 徳勝, 清水 荘雄, 谷口 博基, 伊藤 満, (Ba_{1-x}Ca_x)TiO₃ の透過型電子顕微鏡における微細構造評価, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011/3/25, 新潟.
- ⑪ 趙 明姫, 谷山 智康, 谷口 博基, 伊藤 満, 高島 浩, PLD 法による CaMoO₄:Eu 薄膜作成と蛍光特性, 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2011/3/24, 厚木.
- ⑫ 星野 晃大, 清水 荘雄, 谷口 博基, 谷山 智康, 阿藤 敏行, 伊藤 満, 稲熊 宜之, PLD 法による MnTiO₃ 薄膜作成と構造制御, 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2011/3/24, 厚木.
- ⑬ 有岡 孝祐, 谷口 博基, 谷山 智康, 伊藤 満, Pb(Fe_{2/3}W_{1/3})O₃-PbTiO₃ の光起電力効果に関する研究, 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2011/3/24, 厚木.
- ⑭ Y. Shirahata, T. Nozaki, M. Itoh, and T. Taniyama, Interfacial Strain Induced Magnetic Anisotropy of Epitaxial Fe₃O₄/BaTiO₃ Heterostructures, International Conference of Asian Union of Magnetism Societies (ICAUMS2010), 2010/12/5, Jeju, Korea.
- ⑮ Y. Shirahata, T. Nozaki, H. Taniguchi, M. Itoh, and T. Taniyama, Switching of Magnetic Anisotropy due to Interfacial Strain at Fe/BaTiO₃, 55th Annual Conference on Magnetism & Magnetic Materials (MMM2010), 2010/11/14, Atlanta, Georgia, USA.
- ⑯ 有岡 孝祐, 諏訪間 大, 星野 晃大, 清水 荘雄, 谷口 博基, 谷山 智康, 伊藤 満, SrTiO₃(110) 上への BaTiO₃ 薄膜作製と物性評価, 2010 年秋季第 71 回応用物理学会学術講演会, 2010/9/14, 長崎.
- ⑰ 谷口 博基, 伊藤 満, Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ リラクサーにおける局所分極発現機構, 2010 年セラミックス総合研究会, 2010/9/2, 札幌.
- ⑱ H. Takashima, N. Miura, Y. Inaguma, K. Ueda, and M. Itoh, Low-Electric-Field-Driving Electroluminescence in ((Ca_{0.6}Sr_{0.4})_{0.997}Pr_{0.002})TiO₃ and SrTiO₃ Perovskite Films, The 16th International Display Workshops (IDW09), 2009/12/9, Miyazaki, Japan.
- ⑲ 藤原 幸宏, 山下 直飛人, 溝川 貴司, 石川 忠彦, 腰原 伸也, 武貞 正樹, 伊藤 満, 光励起下の SrTiO₃ の電子状態, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009/9/25, 熊本.
- ⑳ Ruiping Wang, Hiroshi Bando, Tetsuhiro

Katsumata, Yoshiyuki Inaguma, and Mitsuru Itoh, A Rhombohedral Phase at Room Temperature in Solid Solution (1-x)Na_{0.5}K_{0.5}NbO₃-xBaZrO₃, 8th Pacific RIM Conference on Ceramic and Glass Technology (PAC RIM-8), 2009/5/31, Vancouver, Canada.

[図書] (計 1 件)

① Desheng Fu and Mitsuru Itoh, InTech, Ferroelectricity in Silver perovskite Oxides (分担), "Ferroelectrics", 2011, in press.

[その他]

ホームページ

<http://www.msl.titech.ac.jp/~itohlab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 満 (ITOH MITSURU)

東京工業大学・応用セラミックス研究所・教授

研究者番号 : 30151541

(3) 連携研究者

谷山 智康 (TANIYAMA TOMOYASU)

東京工業大学・応用セラミックス研究所・准教授

研究者番号 : 10302960

谷口 博基 (TANIGUCHI HIROKI)

東京工業大学・応用セラミックス研究所・助教

研究者番号 : 80422525