

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23246113

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Development of electrical, magnetic, and optical novel properties by the emergence of spin and electric polarization fields

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 38,200,000円、(間接経費) 11,460,000円

研究成果の概要(和文)：強誘電体、強磁性体、発光材料、のうち強誘電性は酸化物が原子部品として工業的に実用化された最も重要な成功例の1つである。最近のマルチフェロイックスの研究には多数の研究者が参加しているにもかかわらず、室温以上で動作するデバイスの報告はきわめて少ない。本研究では、変位型強誘電体の起源を完全解明し、その結果に基づいて、室温以上で転移点を持つユビキタス元素からなる強誘電体、マルチフェロイックスを開発し、さらに低電圧で発光するELデバイスを構成するための基礎的要素の抽出を試した。その結果、従来全く研究の対象とされていなかった物質系を提示し、物性の本質を解析し、新しい物質開発の戦略を提示することに成功した。

研究成果の概要(英文)：This research has intended to develop novel oxide materials with ferroelectricity, ferromagnetism, and luminescent properties based on the emergence of the physics, chemistry, and materials processing. (1)Detailed inspections based on the theory and experimental results on the origin of the ferroelectricity in displacive-type ferroelectrics. We could succeed in proposing a new model for quantum paraelectrics beyond the critical parameters for quantum critical limit.(2)Based on the project searching for new ferroelectric with tetrahedral structural components, ferroelectric Bi₂SiO₅ was synthesized and investigated in detail. This material convinced us that even SiO₄ tetrahedron can be deformed to have electric polarization. Detailed structural analysis revealed that this material belongs to a kind of ferroelectric category. (3)New multiferroics composed of only ubiquitous elements such as O, Al, Fe could be obtained.

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：強誘電体 強磁性体 マルチフェロイック 熱伝導 量子常誘電体 量子臨界点

1. 研究開始当初の背景

極低温でしか動作しないマルチフェロイックスの研究、既存の物質を化学的修飾で特性を少し向上させる強誘電体研究、最終目的が不明確な薄膜研究等、酸化物の研究には決定的なブレークスルーとなる研究が必要であった。本研究では既存の研究室や研究体制では期待できないマイルストーンとなる研究を目指しこれを提示することで世界をリードする必要があった。

2. 研究の目的

本研究では、非平衡過程である高温真空プロセスを定量的に制御することにより磁性体、誘電体のスピン・分極空間を創発(emergence)し、それらを自在に変化させ、組み合わせることにより、室温で大きな分極を示し高い T_c を有する強誘電体、室温で有意な磁気電気効果を示す物質、あるいは低電圧で発光特性を示す全酸化物発光デバイス(EL, LED)を得ることを戦略目標とする。この目標実現のため、従来の真空薄膜作製プロセスにおいて装置や研究者に依存する非定量的パラメータ(経験則)を科学的に理解し、真空薄膜作製プロセスをもちいることでどの範囲で空間制御と創成が可能かを詳らかにし、従来の常識を越えた物質設計・合成を通して新物質・デバイス構築のための端緒を拓くことに傾注して材料設計法の新分野を開拓する。

3. 研究の方法

本研究では、創発化学により従来のプロセスでは実現不能なスピン・分極空間を創成し、これまでの酸化物合成プロセスでは決して手に入れることができなかった、実質的に極めて大きな負の圧力条件に相当する場を作り出す真空プロセス(PLD法)により、ペロブスカイト型酸化物を中心とする複合酸化物を合成して系統的に評価することにより酸化物科学の新しいパラダイムを構築する。数%体積膨張した薄膜の強誘電性を定量的に評価するとともに、作成時に体積増加と同時に導入される極めて高密度な格子欠陥を利用して、新しい強磁性体を作製する。さらに、この格子欠陥を利用した欠陥順位および、格子歪みに起因する結晶場の変化を利用して、フォトルミネッセンス(PL)用新規材料の開拓を行うとともに、界面順位の制御も積極的に取り入れたバンド・エネルギー順位エンジニアリングにより全酸化物 EL デバイス・LEDのプロトタイプを提示する。

4. 研究成果

[1]準安定相 1次元構造を持つ強誘電体 Bi_2SiO_5 に関して、強誘電性の評価、第1原理計算、フォノン構造の光学測定、透過電子顕微鏡観察を行い、本物質が変位型強誘電体であることを確認し論文として報告した。また、詳細な構造解析を行い、本物質

の電気分極の起源であるイオンの変位が2つのブロックから生じており、それらは反平行に配置する反強誘電体であるが、反平行成分がキャンセルしないためフェリ的な強誘電性を示すことが明らかになった。また、本物質の強誘電性は SiO_4 四面体のSi-Oボンドに不均化が生じることで発生する電気分極が起源であることが明らかになった。[2]非中心対称構造を有する準安定相 AlFeO_3 相を薄膜法で単結晶薄膜を作製して磁性と強誘電性を調べた。本物質は強誘電臨界温度が1600 K、電気分極が $25\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 、強磁性(フェリ磁性)臨界温度が300 K付近に存在するマルチフェロイックであることが判明した。また、本物質の電気分極は主に四面体から生じていることも明らかになった。[3]単純酸化物で極性結晶として評価されているウルツァイト構造の分極を全く新しい見地から再評価し、本物質でもキャリアが入らなければ強誘電性の発現が期待できることを明らかにした。[4]熱電変換材料の設計上、重要なパラメータの1つである物質の熱伝導度を定量的に評価するため、6方晶 BaTiO_3 単結晶の熱伝導度を2つの方向で測定・比較し、酸化物における熱伝導度の設計指針を得た。[5]量子臨界点近傍の変位型強誘電体の誘電性に関する全く新しい解釈を提案した。[6]強磁性体と強誘電体のヘテロ接合界面を利用した磁気ドメインの電気制御に成功した。

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](総計46件)

(1) Younghun Kim, Jungeun Kim, Akihiko Fujiwara, Hiroki Taniguchi, Sungwng Kim, Hiroshi Tanaka, Kunihisa Sugimoto, Kenichi Kato, Mitsuru Itoh, Hideo Hosono, and Masaki Takata, **Hierarchical Dielectric Orders in Layered Ferroelectrics Bi_2SiO_5** , IUCrJ, 査読有 vol.1 (2014) pp160-164.

Doi:10.1107/S2052252514008008

(2) Linlin Zhang, Jian Yu, and Mitsuru Itoh, **Structural Phase Transitions of Robust Insulating $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$ Multiferroics**, Journal of Applied Physics, 査読有 vol.115 (2014) pp123523 1-8.

<http://dx.doi.org/10.1063/1.4869743>

(3) S. E. Rowley, L. J. Spalek, R. P. Smith, M. P. M. Dean, M. Itoh, J. F. Scott, G. G. Lonzarich, and S. S. Saxena, **Ferroelectric Quantum Criticality**, Nature Physics, 査読有 (2014) vol.10 (2014) pp367-372.

DOI: 10.1038/nphys2924

(4) Hamdi Ben Yahia, Masahiro Shikano, Tomonari Takeuchi, Hironori Kobayashi, and Mitsuru Itoh, **Crystal Structures of the New Fluorophosphates $\text{Li}_9\text{Mg}_3[\text{PO}_4]_4\text{F}_3$ and**

- $\text{Li}_2\text{Mg}[\text{PO}_4]\text{F}$ and Ionic Conductivities of Selected Compositions**, Journal of Materials Chemistry A, 査読有 vol.2 (2014) pp5858-5869. DOI: 10.1039/c3ta15264b
doi:10.1088/0031-8949/89/04/044002
- (5) Yosuke Hamasaki, Takao Shimizu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, Shintaro Yasui, and Mitsuru Itoh, **Epitaxial Growth of Metastable Multiferroic AlFeO_3 Film on SrTiO_3 (111) Substrate**, Applied Physics Letters, 査読有 vol.104 (2014) pp082906 1-5.
http://dx.doi.org/10.1063/1.4866798
- (6) Yoichi Okimoto, Tsugumi Egawa, Ryo Fukaya, Yoshitaka Matsubara, Yuki Yamada, Nao Yamada, Tadahiko Ishikawa, Ken Onda, Shin-ya Koshihara, Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, Akira Isayama, and Takao Sasagawa, **Ultrafast Real Space Dynamics of Photoexcited State in a Layered Perovskite-Type Spin Crossover Oxide $\text{La}_{1.5}\text{Sr}_{0.5}\text{CoO}_4$** , Journal of the Physical Society of Japan, 査読有 vol.82 (2013) pp074721 1-8.
http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.82.074721
- (7) Hiroki Taniguchi, Akihito Kuwabara, Jungeun Kim, Younghun Kim, Hiroki Moriwake, Sungwng Kim, Takuya Hoshiyama, Tsukasa Koyama, Shigeo Mori, Masaki Takata, Hideo Hosono, Yoshiyuki Inaguma, and Mitsuru Itoh, **Ferroelectricity Driven by Twisting of Silicate Tetrahedral Chains**, Angewandte Chemie International Edition, 査読有 vol.52 (2013) pp8088-8092.
DOI: 10.1002/anie.201302188
- (8) Shojiro Kimura, Koichi Okunishi, Masayuki Hagiwara, Koichi Kindo, Zhangzhen He, Tomoyasu Taniyama, Mitsuru Itoh, Keiichi Koyama, and Kazuo Watanabe, **Collapse of Magnetic Order of the Quasi One-Dimensional Ising-Like Antiferromagnet $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$ in Transverse Fields**, Journal of the Physical Society of Japan, 査読有 vol.82 (2013) pp033706 1-4.
http://dx.doi.org/10.7566/JPSJ.82.033706
- (9) Takao Shimizu, Dai Suwama, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Comparative Study of Phase Transition in BaTiO_3 Thin Film Grown on (001)- and (110)-Oriented SrTiO_3 Substrate**, Journal of Physics: Condensed Matter, 査読有 vol.25 (2013) pp132001 1-5.
doi:10.1088/0953-8984/25/13/132001
- (10) Takao Shimizu, Dai Suwama, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Structural Modification and Domain Structure in a BaTiO_3 Film on (110) SrTiO_3** , Applied Physics Express, 査読有 vol.6 (2013) pp015803 1-3.
http://dx.doi.org/10.7567/APEX.6.015803
- (11) Akitoshi Koreeda, Hiroki Taniguchi, Seishiro Saikan, and Mitsuru Itoh, **Fractal Dynamics in a Single Crystal of a Relaxor Ferroelectric**, Physical Review Letters, 査読有 vol.109 (2012) pp197601 1-5.
DOI: 10.1103/PhysRevLett.109.197601
- (12) Yukiichi Ideta, Yu Kawasaki, Yutaka Kishimoto, Takashi Ohno, Yoshitaka Michihiro, Zhangzhen He, Yutaka Ueda, and Mitsuru Itoh, **^{51}V NMR Study of Antiferromagnetic State and Spin Dynamics in Quasi-one-dimensional $\text{BaCo}_2\text{V}_2\text{O}_8$** , Physical Review B, 査読有 vol.86 (2012) pp094433 1-5.
DOI: 10.1103/PhysRevB.86.094433
- (13) S. K. Singh, C. V. Tomy, T. Era, M. Itoh, and H. Ishiwara, **Improved Multiferroic Properties in Sm-doped BiFeO_3 Thin Films Deposited using Chemical Solution Deposition Method**, Journal of Applied Physics, 査読有 vol.111 (2012) pp102801 1-4.
http://dx.doi.org/10.1063/1.4714650
- (14) Takao Shimizu, Desheng Fu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Origin of the Dielectric Response in $\text{Ba}_{0.767}\text{Ca}_{0.233}\text{TiO}_3$** , Applied Physics Letters, 査読有 vol.100 (2012) pp102908 1-4.
http://dx.doi.org/10.1063/1.3693524
- (15) G. Venkataiah, Y. Shirahata, I. Suzuki, M. Itoh, and T. Taniyama, **Strain-induced Reversible and Irreversible Magnetization Switching in Fe/BaTiO_3 Heterostructures**, Journal of Applied Physics, 査読有 vol.111 (2012) pp033921 1-5.
http://dx.doi.org/10.1063/1.3684695
- (16) Shingo Maruyama, Hiroki Taniguchi, Yoko Takeyama, Mitsuru Itoh, **High-throughput CW-IR Laser Deposition and Laser Microscope Imaging of Binary Ionic Liquids in Vacuum**, Science and Technology of Advanced Materials, 査読有 vol.12 (2012) pp054204 1-4.
doi:10.1088/1468-6996/12/5/054204
- (17) Sugata Ray, Yury V. Kolen'ko, Kirill A. Kovnir, Oleg I. Lebedev, Stuart Turner, Tanushree Chakraborty, Rolf Erni, Tomoaki Watanabe, Gustaaf Van Tendeloo, Masahiro Yoshimura, and Mitsuru Itoh, **Defect Controlled Room Temperature Ferromagnetism in Co-doped Barium Titanate Nanocrystals**, Nanotechnology, 査読有 vol.23 (2012) pp025702 1-10.
doi:10.1088/0957-4484/23/2/025702
- (18) Takao Shimizu, Desheng Fu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Origin of the Dielectric Response in $\text{Ba}_{0.767}\text{Ca}_{0.233}\text{TiO}_3$** , Applied Physics Letters, 査読有 vol.100 (2012) pp102908 1-4.
http://dx.doi.org/10.1063/1.3693524
- (19) G. Venkataiah, Y. Shirahata, I. Suzuki, M. Itoh, and T. Taniyama, **Strain-induced Reversible and Irreversible Magnetization Switching in Fe/BaTiO_3 Heterostructures**,

Journal of Applied Physics, 査読有 vol.111 (2012) pp033921 1-5.
http://dx.doi.org/10.1063/1.3684695

(20) Sugata Ray, Yury V. Kolen'ko, Kirill A. Kovnir, Oleg I. Lebedev, Stuart Turner, Tanushree Chakraborty, Rolf Erni, Tomoaki Watanabe, Gustaaf Van Tendeloo, Masahiro Yoshimura, and Mitsuru Itoh, **Defect Controlled Room Temperature Ferromagnetism in Co-doped Barium Titanate Nanocrystals**, Nanotechnology, 査読有 vol.23 (2012) pp025702 1-10.
doi:10.1088/0957-4484/23/2/025702

(21) Thathan Sivakumar and Mitsuru Itoh, **Relaxor Behavior in a New Aurivillius Oxide – $\text{Bi}_2\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Nb}_{1.75}\text{Sc}_{0.25}\text{O}_9$** , European Journal of Inorganic Chemistry, 査読有 vol.201 (2012) pp5343-5346.
DOI: 10.1002/ejic.201100727

(22) Shingo Maruyama, Hiroki Taniguchi, Yoko Takeyama, Mitsuru Itoh, and Yuji Matsumoto, **High-throughput CW-IR Laser Deposition and Laser Microscope Imaging of Binary Ionic Liquids in Vacuum**, Science and Technology of Advanced Materials, 査読有 vol.12 (2011) pp054204 1-4.
doi:10.1088/1468-6996/12/5/054204

(23) Hiroki Taniguchi, Hwee Ping Soon, Takao Shimizu, Hiroki Moriwake, Yue Jin Shan, and Mitsuru Itoh, **Mechanism for Suppression of Ferroelectricity in $\text{Cd}_{1-x}\text{Ca}_x\text{TiO}_3$** , Physical Review B, 査読有 vol.84 (2011) pp174106 1-5.
DOI: 10.1103/PhysRevB.84.174106

(24) Yasuhiro Fujii, Yuki Maeda, Masao Katayama, Hiroki Taniguchi, Hiroshi Takashima, Mitsuru Itoh and Yuji Matsumoto, **Enhancement of Quantum Ferroelectricity in $\text{SrTi}^{18}\text{O}_3$ Thin Film**, Applied Physics Express, 査読有 vol.4 (2011) pp091501 1-3.
DOI: 10.1143/APEX.4.091501

(25) G. Venkataiah, Y. Shirahata, M. Itoh, and T. Taniyama, **Manipulation of Magnetic Coercivity of Fe Film in Fe/BaTiO_3 Heterostructure by Electric Field**, Applied Physics Letters, 査読有 vol.99 (2011) pp102506 1-3.
doi:10.1063/1.3628464

(26) Hiroki Moriwake, Akihito Kuwabata, Craig A. J. Fisher, Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, and Isao Tanaka, **First-principles Calculations of Lattice Dynamics in CdTiO_3 and CaTiO_3 : Phase Stability and Ferroelectricity**, Physical Review B, 査読有 vol.84 (2011) pp104114 1-8.
DOI: 10.1103/PhysRevB.84.104114

(27) Thathan Sivakumar and Mitsuru Itoh, **Ferroelectric Phase Transitions in New Aurivillius Oxides: $\text{Bi}_{2+2x}\text{Sr}_{1-2x}\text{Nb}_{2-x}\text{Sc}_x\text{O}_9$** , Journal of Materials Chemistry, 査読有 vol.21 (2011) pp10865-10870.
DOI: 10.1039/c1jm11297j

(28) Y. Shirahata, T. Nozaki, G. Venkataiah, H. Taniguchi, M. Itoh, and T. Taniyama, **Switching of the Symmetry of Magnetic Anisotropy in Fe/BaTiO_3 Heterostructures**, Applied Physics Letters, 査読有 vol.99 (2011) pp022501 1-3.
doi:10.1063/1.3609237

(29) Desheng Fu, Takahiro Arioka, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Ferroelectricity and Electromechanical Coupling in $(1-x)\text{AgNbO}_3-x\text{NaNbO}_3$ Solid Solutions**, Applied Physics Letters, 査読有 vol.99 (2011) pp012904 1-3.
doi:10.1063/1.3609234

(30) Akihisa Aimi, Tetsuhiro Katsumata, Daisuke Mori, Desheng Fu, Mitsuru Itoh, Toru Kyomen, Ko-ichi Hiraki, Toshihiro Takahashi, and Yoshiyuki Inaguma, **High-pressure Synthesis and Correlation between Structure, Magnetic and Dielectric Properties in LiNbO_3 -Type MnMO_3 ($\text{M} = \text{Ti}, \text{Sn}$)**, Inorganic Chemistry, 査読有 vol.50 (2011) pp6392-6398.
dx.doi.org/10.1021/ic201006q

(31) Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, and Desheng Fu, **Raman Scattering Study on the Soft Mode in $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$** , Journal of Raman Spectroscopy, 査読有 vol.42 (2011) pp706-714.
DOI 10.1002/jrs.2746

(32) Y. Okimoto, M. Kurashima, K. Seko, T. Ishikawa, K. Onda, S. Koshihara, T. Kyomen, and M. Itoh, **Acceleration of Domain Wall Movement by Photoirradiation in Perovskite-type Cobaltite**, Physical Review B, 査読有 vol.83 (2011) pp161101 1-4.
DOI: 10.1103/PhysRevB.83.161101

〔学会発表〕(総計 90 件)

(1) 伊藤 満, 谷口 博基, 森分 博紀, **4 配位型酸化物新規強誘電体の設計指針**, 日本化学会第 94 回春季年会, 2014/3/28, 名古屋大 (名古屋).

(2) 森分 博紀, 小西 綾子, 小川 貴史, 藤村 幸司, A. J. Fisher, Craig, 桑原 彰秀, 清水 荘雄, 安井 伸太郎, 伊藤 満, **ウルツァイト型カルコゲナイドにおける強誘電相転移の第一原理計算**, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014/3/30, 東海大 (平塚市).

(3) 符 徳勝, 趙 偉, 李 国荣, 伊藤 満, **リラクサー強誘電体 $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ - PbTiO_3 の相図**, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014/3/28, 東海大 (平塚市).

(4) 安井 伸太郎, 江原 祥隆, 白石 貴久, 清水 荘雄, 舟窪 浩, 今井 康彦, 田尻 寛男, 坂田 修身, 伊藤 満, Ichiro Takeuchi, **強誘電体・反強誘電体相境界におけるエピタキシャル薄膜の圧電応答挙動**, 日本物理学会第 69 回年次大会, 2014/3/28, 東海大 (平塚市).

(5) 濱崎 容丞, 安井 伸太郎, 谷山 智康, 伊藤 満, **エピタキシャル $\text{Al}_{2-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ 薄膜の強誘電性と磁性**, 日本物理学会第 69 回年次大会,

2014/3/27, 東海大 (平塚市).

(6) Shintaro Yasui, Yoshitaka Ehara, Takahisa Shiraiishi, Takao Shimizu, Hiroshi Funakubo, Mitsuru Itoh, Yasuhiko Imai, Hiroo Tajiri, Osami Sakata, and Ichiro Takeuchi, **Piezoresponse behavior at a Morphotropic Phase Boundary in (Bi,Sm)FeO₃ Films**, Electronic Materials and Applications 2014 (EMA2014), 2014/1/22, Orlando, USA.

(7) Yousuke Hamasaki, Takao Shimizu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Stabilization of Metastable GaFeO₃-Type Al_{1-x}Fe_xO₃ Thin Films under Ambient Pressure**, 2013 MRS Fall Meeting, 2013/12/3, Boston, USA.

(8) Shintaro Yasui, Yoshitaka Ehara, Takahisa Shiraiishi, Takao Shimizu, Hiroshi Funakubo, Mitsuru Itoh, Yasuhiko Imai, Hiroo Tajiri, Osami Sakata, and Ichiro Takeuchi, **Enhanced Piezoresponse in (Bi,Sm)FeO₃ Films at a Morphotropic Phase Boundary for Piezo-MEMS Devices**, 2013 MRS Fall Meeting, 2013/12/3, Boston, USA.

(9) Yousuke Hamasaki, Takao Shimizu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Epitaxial Stabilization of a GaFeO₃-Type AlFeO₃(001) Thin Film on a SrTiO₃(111) Substrate**, The 7th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-7), 2013/6/20, Yokohama, Japan.

(10) Y. Hamasaki, T. Shimizu, H. Taniguchi, T. Taniyama, and M. Itoh, **Phase Control and Ferroelectricity in Al-Fe-O Thin Films Prepared by PLD Technique**, 10th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM 10), 2013/6/7, San Diego, USA.

(11) R. Shiina, I. Purnama, M. Chandra Sekhar, M. Itoh, W. S. Lee, and T. Taniyama, **Polarity Dependent Vortex Core Interaction in Two Nanowire System**, The 8th International Symposium on Metallic Multilayers (MML2013), 2013/5/22, Kyoto, Japan.

(12) E. Wada, Y. Shirahata, M. Itoh, M. Yamaguchi, and T. Taniyama, **Electron Spin Transmission due to Spin-Filtering Effect in Fe₃O₄-based Spin-LED Structure**, 11th International Conference on Ferrites (ICF11), 2013/4/18, Okinawa, Japan.

(13) R. Shiina, I. Suzuki, Y. Shirahata, M. Itoh, and T. Taniyama, **Structural Phase Transition Induced Magnetic Anisotropy of FePd/BaTiO₃**, 11th International Conference on Ferrites (ICF11), 2013/4/16, Okinawa, Japan.

(14) H. Muraoka, Y. Hamasaki, Y. Shirahata, T. Shimizu, M. Itoh, and T. Taniyama, **Electric Field Effect on Magnetic Properties of Fe/BaTiO₃ Thin Films Heterostructures**, The 11th International Conference on Ferrites (ICF11), 2013/4/16, Okinawa, Japan.

(15) Yousuke Hamasaki, Takao Shimizu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Epitaxial Stabilization of a GaFeO₃-type AlFeO₃(001) Thin Film on a SrTiO₃(111) Substrate**, 2012 MRS Fall Meeting, 2012/11/27, Boston, USA.

(16) Yousuke Hamasaki, Takao Shimizu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Growth and Properties of Metastable Lithium Niobate-type Oxide Thin Films**, International Conference of Young Researchers on Advanced Materials (ICYRAM2012), 2012/7/4, Singapore.

(17) Y. Hamasaki, T. Shimizu, H. Taniguchi, T. Taniyama and M. Itoh, **Substrate Dependent Preferential Orientation of GdFeO₃-type CaIrO₃ Epitaxial Film**, The 6th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-6), 2012/6/26, Yokohama, Japan.

(18) Hiroki Taniguchi and Mitsuru Itoh, **Synthesis and Physical Properties of Non-Centrosymmetric Bismuth Silicate**, European Meeting on Ferroelectricity, 2011 / 6 / 28, Bordeaux, France.

(19) Takao Shimizu, Desheng Fu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Soft Mode Dynamics and Phase Transition in Ba_{1-x}Ca_xTiO₃ Studied by Raman Scattering**, European Meeting on Ferroelectricity, 2011 / 6 / 28, Bordeaux, France.

(20) Dai Suwama, Takao Shimizu, Hiroki Taniguchi, Tomoyasu Taniyama, and Mitsuru Itoh, **Fabrication and Characterization of Atomically Flat BaTiO₃ Thin Films on SrTiO₃ Substrates with Various Orientations**, European Meeting on Ferroelectricity, 2011 / 6 / 28, Bordeaux, France.

(21) Akitoshi Koreeda, Seishiro Saikan, Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, and Shigeo Mori, **High Frequency Dynamics of Polar Nanoregions and "Power-Law" Distribution Times in Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃**, European Meeting on Ferroelectricity, 2011 / 6 / 28, Bordeaux, France.

(22) Akitoshi Koreeda, Seishiro Saikan, Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, and Shigeo Mori, **Wide Distribution of Relaxation Times in Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ Measured From Power-Law Quasielastic Light Scattering**, European Meeting on Ferroelectricity, 2011 / 6 / 28, Bordeaux, France.

〔図書〕(計4件)

(1) 伊藤 満、化学便覧(応用化学編)2014、丸善、14.2.1-14.1.2(分担)

(2) Hiroki Taniguchi, Hiroki Moriwake, Toshiro Yagi and Mitsuru Itoh, **Raman Scattering Study on the Phase Transition Dynamics of Ferroelectric Oxides**(分担), "Advances in Ferroelectrics", InTech, pp279-294, 2012.

(3) Desheng Fu, Hiroki Taniguchi, Mitsuru Itoh, and Shigeo Mori, **Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃ (PMN) Relaxor: Dipole Glass or Nano-Domain Ferroelectric?**(分担), “Advances in Ferroelectrics”, InTech, pp51-67, 2012.

(4) Desheng Fu and Mitsuru Itoh, **Ferroelectricity in Silver Perovskite Oxides**(分担), “Ferroelectrics - Material Aspects”, InTech, pp413-442, 2011.

〔産業財産権〕

○出願状況(計3件)

名称：誘電体組成物
発明者：阿満 三四郎, 高橋 哲弘, 伊藤 満, 舟窪 浩, 清水 荘雄, 木村 純一
権利者：TDK 株式会社
種類：特許
番号：特願 2014-041215
出願年月日：2014/3/12
国内外の別： 国内

名称：誘電体組成物
発明者：阿満 三四郎, 高橋 哲弘, 伊藤 満, 舟窪 浩, 清水 荘雄, 木村 純一
権利者：TDK 株式会社
種類：特許
番号：特願 2014-041216
出願年月日：2014/3/12
国内外の別： 国内

名称：誘電体組成物
発明者：阿満 三四郎, 高橋 哲弘, 伊藤 満, 舟窪 浩, 清水 荘雄, 木村 純一
権利者：TDK 株式会社
種類：特許
番号：特願 2014-041217
出願年月日：2014/3/12
国内外の別： 国内

○取得状況(計2件)

名称：酸化物ペロブスカイト薄膜 EL 素子
発明者：高島 浩, 稲熊 宜之, 三浦 登, 植田 和茂, 伊藤 満
権利者：同上
種類：特許
番号：5093694
取得年月日：2012/9/28
国内外の別： 国内

名称：Perovskite Oxide Thin Film EL Element
発明者：Hiroshi Takashima, Yoshiyuki Inaguma, Noboru Miura, Kazushige Ueda, Mitsuru Itoh
権利者：同上
種類：米国特許
番号：US 8,193,704 B2
取得年月日：2012/6/5
国内外の別： 外国

〔その他〕

ホームページ

タイトル：伊藤・谷山研究室ホームページ
<http://www.msl.titech.ac.jp/~itohlab/>

6. 研究組織

(1) 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