

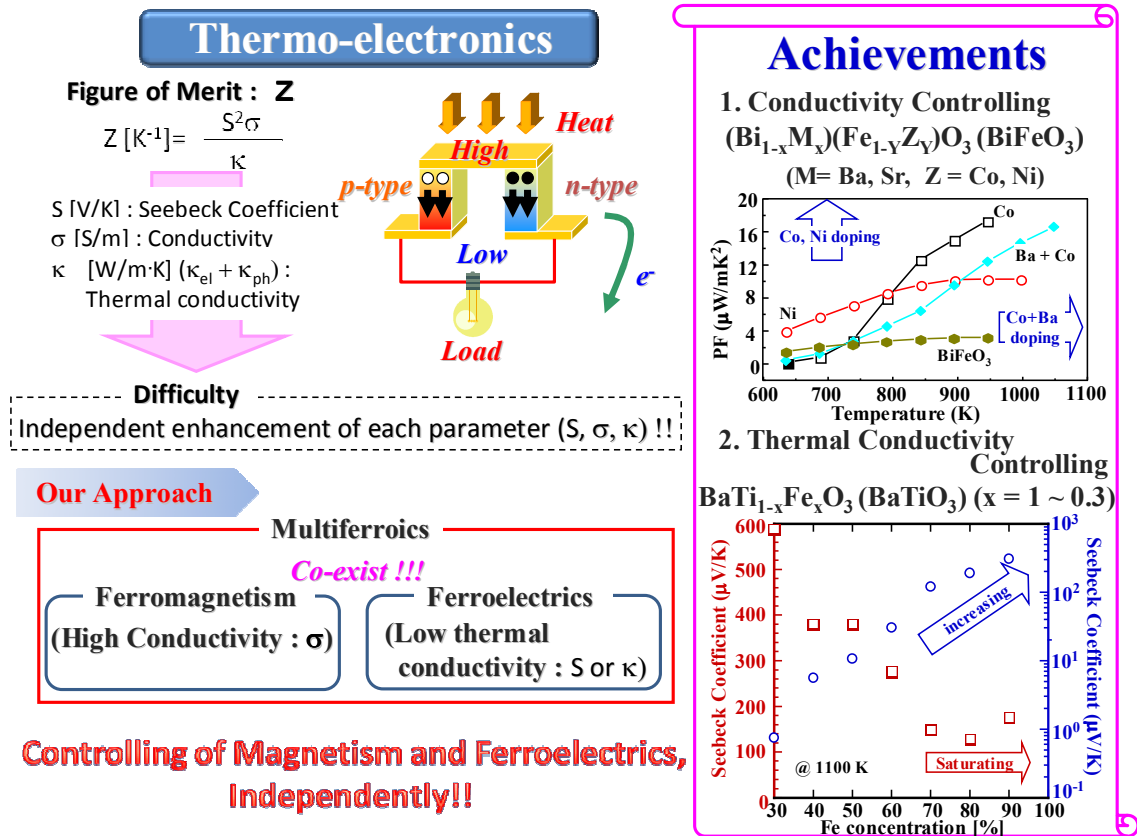
Project2: 磁性・強誘電体ドメイン制御による新規熱電材料

研究代表者: 横田 壮司
 研究分担者: 青柳 倫太郎
 プロジェクト参加学生: ヤン・ジンダン、坪井 康敏、大橋 敬之、井村 廉平、山田 智文、市川 幸治

研究成果の概要:

新規熱電材料の開発を目的として磁性・強誘電性を併せもつマルチフェロイックセラミックスへのドーピングを行い、熱電特性に及ぼす効果を探査した。特に誘電体マトリックス中での磁性元素に起因した電気伝導に着目し、以下に示す成果を得た。

- 1) BiFeO₃において A/B-site 元素の置換効果と熱電特性の関係を明らかにした。B-site においては Co、Ni 置換により高い出力因子を示すことを明らかにした。また、A-site に Ba を共添加することにより高い出力因子を維持したまま使用温度領域を変化させられることを明らかにした。
- 2) Fe 添加 BaTiO₃において Fe 添加量と結晶構造・電気特性・熱電特性の関係を明らかにした。Fe の添加量が 70%以上で Franz 則に寄らない導電性の向上を確認した。
- 3) Bi 層状酸化物 Bi_{m+1}Fe_{m-3}Ti₃O_{3m+3} において n 型の電気伝導を示すことを明らかにした。また、Fe の V 置換により導電率を向上させることに成功した。



雑誌論文(計 14 件)

1. T. Yokota, S. Murata, R. Imura, and M. Gomi “Electric field-induced magnetic changes in $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ thin film using RRAM effect” Appl. Phys. Lett. (Accepted for publication)
2. T. Yokota, S. Kito, R. Imura, and M. Gomi “Multi charge-spin injection properties in Si-MIS capacitor having a magneto-electric gate insulator controlled by a magnetic and electric field” Submitted to App. Phys. Lett.
3. T. Yokota, S. Kito, R. Imura, and M. Gomi “Electric field induced resistance changes in CaFeO_{3-x} thin film” Submitted to App. Phys. Exp.
4. T. Yokota, S. Murata, and M. Gomi “Influence of density of state of ferromagnetic filter layer in charge injection properties of Si-based magneto-electric capacitor” submitted to J. Ceram. Soc.Jpn.
5. T. Yokota, R. Imura, and M. Gomi “Investigation for electrical transport properties of multi-step type magneto-electric capacitor” submitted to J. SPIN
6. T. Yokota, R. Imura, K. Ichikawa, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi and C. J. Brabec “High Temperature thermoelectric properties of BiFeO_3 bulk ceramics” submitted to J. App. Phys.
7. T. Yokota, R. Aoyagi, M. Gomi “Thermoelectric Properties of A and B site doped BiFeO_3 bulk ceramics” submitted to J. Ceram. Soc. Jpn.
8. K. Yamaguchi, M. Gomi, Y. Shimizu, T. Yokota “Sputter-epitaxy and electric properties of multiferroic $\text{Bi}_{m+1}\text{Fe}_{m-3}\text{Ti}_3\text{O}_{3m+3}$ thin films” Thin Solid Films 519 8330-8333
9. Y. Shimizu, M. Gomi, K. Yamaguchi, T. Yokota, K. Mibu “Preparation and magnetic properties of $\text{Bi}_{m+1}\text{Fe}_{m-3}\text{Ti}_3\text{O}_{3m+3}$ thin films with magnetic order above room temperature” Thin Solid Films 519 8334-8337
10. T. Yokota, Y. Tsuboi, R. Imura, S. Kito, and M. Gomi “Magnetic and Dielectric Properties of $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{LiNbO}_3/\text{Cr}_2\text{O}_3$ multi layer” Electroceramics in Japan XIII, Key Engineering Materials 107 421-423
11. T. Tsuboi, T. Yokota, S. Kito, R. Imura, and M. Gomi “Room Temperature Magneto-electric Effect of $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Cr}_2\text{O}_{3+x}/\text{LiNbO}_3/\text{Cr}_2\text{O}_{3+x}/\text{Cr}_2\text{O}_3$ Hetero structure” Materials Science and Engineering 18 092022-1-3
12. T. Yokota, Y. Tsuboi, R. Imura, S. Kito, and M. Gomi “Influence of magneto-electric coefficient for magnetic and electric charge injection properties in magneto-electric MIS capacitors” Materials Science and Engineering 18 092003-1-3
13. Tomofumi Yamada, Rintaro Aoyagi, Takeshi Yokota and Manabu Gomi “High-Temperature Thermoelectric Properties of $\text{Ba}(\text{Fe,Ti})\text{O}_{3-\delta}$ Ceramics” submitted to J. Ceram. Soc.Jpn.
14. Rintaro Aoyagi, Takayuki Ohashi, Masaki Maeda, and Takeshi Yokota “Compositional and Poling Field Dependences of Electrical Properties of $(\text{Li,Na})\text{NbO}_3$ -Based Lead-Free Piezoelectric Ceramics” submitted to J. Ceram. Soc.Jpn.

学会発表(計 37 件)

1. 井村廉平, 横田壮司, 五味学・ BiFeO_3 における熱電特性及びドーピング効果・U3 マテリアルデザインフォーラム・大阪・2012年3月(口頭)
2. 井村廉平, 横田壮司, 青柳倫太郎, 五味学・Bi系鉄酸化物における熱電特性及びドーピング効果・日本セラミックス協会 2012 年年会・京都・2012年3月(ポスター)
3. 山口恭平, 樋田裕二郎, 横田壮司, 五味学・過剰Biがマルチフェロイクス $\text{Bi}_{m+1}\text{Fe}_{m-3}\text{Ti}_3\text{O}_{3m+3}$ 薄膜の電気特性に及ぼす影響・平成 23 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会・愛知県・2011年11月(口頭)
4. Yan J, M. Gomi, T. Tamiya, T. Yokota・Contribution of excess Bi on structural and electrical properties of polycrystalline BiFeO_3 thin films・平成 23 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会・愛知県・2011年11月(口頭)
5. T. Yokota, R. Imura, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi, and C. Brabec・Thermoelectric Properties of Fe-based ferroelectric materials・2nd German-Japanese Seminar on Advanced Ceramic Materials・Germany・2011年11月(口頭)
6. R. Imura, T. Yokota, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi, and C. Brabec・Preparation and thermoelectric properties of BiFeO_3 bulk ceramics・2nd German-Japanese Seminar on Advanced Ceramic Materials・Germany・2011年11月(ポスター)
7. 山口恭平, 樋田裕二郎, 横田壮司, 五味学・高次 Fe 含有 Bi 層状酸化物薄膜における電気特性・

- 第 42 回東海若手セラミスト懇話会 2011 年夏期セミナー・愛知県蒲郡市・2011 年 6 月(ポスター)
8. 坪井康敏, 横田壮司, 井村廉平, 市川幸治・CaMnO₃ 薄膜の電気特性に対する磁気フラストレーション導入の効果・第 42 回東海若手セラミスト懇話会 2011 年夏期セミナー・愛知県蒲郡市・2011 年 6 月(ポスター)
 9. 市川幸治, 横田壮司, 坪井康敏, 井村廉平, 五味學・ME-キャパシタにおけるトンネル層及び電荷注入特性の RTA 効果・第 42 回東海若手セラミスト懇話会 2011 年夏期セミナー・愛知県蒲郡市・2011 年 6 月(ポスター)
 10. T. Yokota, R. Imura, K. Ichikawa, and M. Gomi, "Electric field induced resistance changes in CaFeO_{3-x} thin film" T. 4th International Congress on Ceramics (ICC4), 2012 年 7 月 15-19 日(Chicago,USA)
 11. 横田壮司, "電気磁気効果を用いたスピン状態密度エンジニアリングによるマルチビットデジタル記憶素子の作製", 粉体操作に伴う諸現象に関する勉強会(静岡)2012 年 8 月 2 日 - 3 日(招待講演)
 12. T. Yokota, R. Imura, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi and C. J. Brabec, NITech, FAU, "Thermoelectric properties of d-block elements doped BiFeO₃ bulk ceramics" IWAC5, 2012 年 9 月 10.-11 日
 13. T. Yokota, K. Ichikawa, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi and C. J. Brabec, NITech, FAU "Thermoelectric Properties of A, B site co-doped BiFeO₃ ceramics", 日本セラミックス協会年会, 2013.03.17-2013.03-19, 東京工業大学
 14. 井村廉平、横田壮司、市川幸治、五味學、青柳倫太郎, "元素置換 BiFeO₃ の熱電変換特性", 東海若手セラミスト懇話会夏期セミナー(静岡県)2012 年 6 月 28(木)-29 日(金)
 15. 市川 幸治、横田 壮司、井村 廉平、五味 學, "多元マグネトロンスパッタリング法及び in-situ REED 法を用いた Cr₂O₃/LiNbO₃/Cr₂O₃ エピタキシャル超格子構造の作製", 東海若手セラミスト懇話会夏期セミナー(静岡県)2012 年 6 月 28(木)-29 日(金)
 16. 井村廉平、横田壮司、市川幸治、五味學、青柳倫太郎, "Bi 系熱酸化物の熱電変換特性における磁性元素ドーピング効果", 日本熱電学会学術講演会(TSJ2012)(東京都)2012 年 8 月 27,28
 17. 井村廉平、横田壮司、市川幸治、五味學、青柳倫太郎, "B-site 置換 Bi 系磁性酸化物における熱電変換特性", 第 25 回秋季シンポジウム(名古屋)2012 年 9 月 19~21 日
 18. 井村廉平、横田壮司、青柳倫太郎、市川幸治、五味學, "マルチフェロイック: BiFeO₃ の熱電特性における A, B site co-doping の効果", 公益社団法人 日本セラミックス協会東海支部 2012 年 12 月 1 日
 19. R.Imura, T.Yokota,K.Ichikawa. and M.Gomi, "Investigation for electrical transport properties of multi-bit type magneto electric capacitor", ICAUMS2012 2012 年 10 月 2~5(Nara, Japan)
 20. R. Imura, T. Yokota, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi and C. J. Brabec, NITech, FAU, "The observation of high Seebeck coefficient in BiFeO₃ Bulk Ceramics" 4th International Congress on Ceramics (ICC4), 2012 年 7 月 15-19 日(Chicago,USA)
 21. R. Imura, T. Yokota, A. Osvet, M. Batentschuk, M. Gomi and C. J. Brabec, NITech, FAU, "Thermoelectrical properties of Co doped BiFeO₃ and Bi₂₄Co₃₇ compound system" IWAC5, 2012 年 9 月 10.-11 日
 22. J.Yan, Manabu Gomi, Takashi Hattori, Takeshi Yokota, "Effect of excess Bi on structure and ferroelectric properties of polycrystalline BiFeO₃ thin films" International Conference of the Asian Union of Magnetism Societies, October 2-5, 2012, Nara, Japan
 23. Yan J, Manabu Gomi, Takashi Hattori, Takeshi Yokota. "Influence of annealing on ferroelectric properties of polycrystalline BiFeO₃ thin films" 益社団法人 日本セラミックス協会東海支部 2012 年 12 月 1 日
 24. 市川幸治、横田 壮司、井村 廉平、五味 學, "初期 Pt 層が Cr₂O₃/LiNbO₃/Cr₂O₃/積層膜の成長に及ぼす影響", 日本セラミックス協会年会, 2013.03.17-2013.03-19, 東京工業大学
 25. 山田智文, 青柳倫太郎, 坪井康敏, 横田壮司・Fe 置換 BaTiO₃ 系セラミックスの作製と熱電特性・日本セラミックス協会 2012 年年会・京都大学吉田キャンパス・2012 年 3 月 (口頭)
 26. 山田智文, 青柳倫太郎・電気泳動法による強誘電体厚膜の作製・第 42 回東海若手セラミスト懇話会 2011 年夏期セミナー・愛知県蒲郡市・2011 年 6 月(ポスター)
 27. R. Aoyagi and M. Maeda, Electrical Properties of (1-x)NaNbO₃-xBaTiO₃ Lead-Free Piezoelectric Ceramics", 2012 International Workshop on Acoustic Transduction Materials and Devices, 2012.05.08-2012.05.10, State College, PA, USA.
 28. 青柳倫太郎, "マルチフェロイック材料を用いた新規熱電材料の開発", 第 1 回演算記憶素子科学研究会 2012.08.12, TKPガーデンシティ京都

29. 山田智文, 青柳倫太郎, 井村廉平, 横田壮司, “Ba(Fe,Ti)O_{3-δ}セラミックスの高温における熱電特性” 第九回日本熱電学会学術講演会2012.08.27-2012.08-28
30. 青柳倫太郎, 大橋敬之, 前田雅輝, “(Li,Na)NbO₃非鉛圧電セラミックスの熱処理と特性”,第73回応用物理学会学術講演会
31. 山田智文, 青柳倫太郎, 井村廉平, 横田壮司, “Ba(Fe,Ti)O_{3-δ}セラミックスの電気的特性に及ぼす測定雰囲気の影響”,日本セラミックス協会第25回秋季シンポジウム
32. R. Aoyagi, “Development of NaNbO₃-based Pb-Free Piezoelectric Ceramics”, 64th ICAT Smart Actuator Symposium, 2012.10.02 – 2012.10.03, State College, PA, USA.
33. 山田智文, 青柳倫太郎, 井村廉平, 横田壮司, “Ba(Fe,Ti)O_{3-δ}系セラミックスの高温における熱電特性”,日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 2012.12.01
34. Rintaro Aoyagi, Takayuki Ohashi, and Masaki Maeda “Effect of Heat-Treatment on Electrical Properties of Li_{0.06}Na_{0.94}NbO₃ Lead-Free Piezoelectric Ceramics”, , The 8th Asian Meeting on Ferroelectrics, 2012.12.09-2012.12.14, Pattaya, Thailand.
35. 北原尚, 青柳倫太郎, 前田雅輝, 横田壮司, “Bi層状構造酸化物Bi₄Ti₃O_{12-n}ABO₃(n=1,2)の電気的特性”,第51回セラミックス基礎科学討論会, 2013.01.09-2013.01.10, 仙台国際センター
36. Rintaro Aoyagi, Takashi Kitahara, Masaki Maeda, and Takeshi Yokota, “Synthesis and High-Temperature Electrical Properties of Bismuth Layer-Structured Oxide”(invited) Electronic Materials and Application 2013, 2013.01.23 – 2013.01.25, Orlando, FL, USA.
37. 山田智文, 青柳倫太郎, 横田壮司, 五味学, “Ba(Fe,Ti)O_{3-δ}系セラミックスのBaサイト置換による熱電特性への影響”日本セラミックス協会年会, 2013.03.17-2013.03-19, 東京工業大学