

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP) 日本-スイス・イタリア共同研究
終了報告書 概要

1. 研究課題名：「CMOS 技術と機能性強誘電体薄膜を用いた新規フォトニックデバイスの開発 (FF-Photon)」
2. 研究期間：2014 年 10 月～2017 年 3 月
3. 主な参加研究者名：

日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	篠崎 和夫	教授	東京工業大学 物質理工学院	日本側研究統括。最適バッファ層の開発。
主たる共同研究者	鈴木 久男	教授	静岡大学 電子工学研究所	CSD法（液相法）による強誘電体薄膜の合成。
主たる共同研究者	脇谷 尚樹	教授	静岡大学 電子工学研究所	CSD法（液相法）強誘電体薄膜の合成。新規バッファ層の探索。
主たる共同研究者	山田 智明	准教授	名古屋大学 大学院工学研究科	共同研究の調整。強誘電性薄膜の物性の理論計算。レーザーアブレーション法（気相法）による強誘電体薄膜の合成。
主たる共同研究者	塩田 忠	助教	東京工業大学 物質理工学院	強誘電体薄膜の構造、電気、光学特性評価。
研究参加者	近藤 真矢	学生	名古屋大学 大学院工学研究科	強誘電性薄膜のEO効果の理論計算。レーザーアブレーション法（気相法）による強誘電体薄膜の合成。
研究期間中の全参加研究者数			6 名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Juerg Leuthold	Professor	Institute of Electromagnetic Fields, ETH Zurich	EU側研究統括。デバイスのモデリング及び最適化。
主たる共同研究者	Mario Martinelli	Professor	Department of Electronics, Information and Bioengineering, Politécnico di Milano	デバイスの光学特性評価。既存デバイスとの比較、市場分析。
主たる共同研究者	Ping Ma	Senior Researcher	Institute of Electromagnetic Fields, ETH Zurich	共同研究の調整。デバイスのモデリング及び最適化。デバイス作製。
主たる共同研究者	Pierpaolo Boffi	Associate Professor	Department of Electronics, Information and Bioengineering, Politécnico di Milano	PoliMI 研究とりまとめ。デバイスの光学特性評価。既存デバイスとの比較、市場分析。
主たる共同研究者	Paolo Martelli	Assistant Professor	Department of Electronics, Information and Bioengineering, Politécnico di Milano	デバイスの光学特性評価。既存デバイスとの比較、市場分析。
研究期間中の全参加研究者数			6 名	

4. 共同研究の概要

強誘電体材料は不揮発性メモリやキャパシタなど様々な用途に広く応用されている。なかでも、多くの強誘電体材料が示す大きな電気光学(EO)効果はシリコン単独では得られない特性であることから、近年、強誘電体材料を用いた CMOS プロセスとの適合性のあるシリコン光学デバイスが注目されている。これまで、強誘電体薄膜の EO 効果を利用したデバイスのコンセプトは検討されてきたが、実際に将来の実用的なチップスケールでシリコン光学デバイスに強誘電体薄膜を統合するためには、作製プロセスや特性評価方法の確立が必要となる。

そこで本国際共同研究では、シリコン上にエピタキシャル成長した強誘電体薄膜の作製プロセスと特性評価方法の開発に取り組み、強誘電体薄膜と光との相互作用を明らかにすることを目的とした。これにより、強誘電体薄膜が示す EO 効果の理解が深まるほか、CMOS 技術に適合する強誘電体薄膜構造の確立、さらには新たな革新的光学デバイスへの展開が期待できる。これらの目標の達成のために、日本、スイス、イタリアの各研究機関が相互に協力して、デバイスの設計と作製、強誘電体薄膜の開発と統合、材料およびデバイスの特性評価に取り組んだ。

5. 共同研究の成果

5-1 共同研究の学術成果

本共同研究を通して、多くの重要かつ有益な成果が得られた。日本側が主に担当した材料開発とその統合については、シリコン上に強誘電体薄膜をエピタキシャル成長させるために導入する CeO_2 /[Y 安定化 ZrO_2](YSZ)バッファ層の構造最適化を行った（東工大）。また、Nd 安定化 ZrO_2 (NdSZ)が新規シングルバッファ層として利用出来ることを見出した（静岡大）。さらに、バッファ層上に高品質な 2 種類の強誘電体薄膜 ($\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN)- PbTiO_3 (PT), ($\text{Ba,Sr})\text{TiO}_3$ (BST)) をエピタキシャル成長させる事に成功した（静岡大、名古屋大、東工大）。また、強誘電体薄膜の EO 効果の理論モデルの構築に成功し、これによりエピタキシャル歪みが EO 効果に与える影響を明らかにした（名古屋大）。スイス・イタリア側が主に担当したデバイス開発と評価については、本共同研究の出発点となったプラズモニック EO デバイスに必要とされる強誘電体薄膜が持つべき特性とデバイス構造を明らかにし、最適化されたデバイス構造の実現により、必要とされるデバイスサイズ、挿入損失、変調距離、バンド幅が達成できる見込みを得た（ETH）。また、上記デバイスのプロトタイプとしてマッハツェンダ変調構造を作製し、72 Gbit/s NRZ 変調における動作を確認した（ETH）。PoliMI では、強誘電体薄膜の EO 特性評価装置を構築し、日本側が作製した薄膜の EO 特性を明らかにした他、通信インフラの最新技術についての分析を行い、強誘電体薄膜を用いたプラズモニック EO デバイスの優位性を明確にした。

5-2 国際連携による相乗効果

本共同研究では、日本と EU で異なる研究分野の専門性や設備を高い次元で融合することで、極めて学際的な研究テーマに取り組むことができた。スイス・イタリアのデバイスの設計・製造・評価の専門性が、日本側の材料開発の方針に大きく役立った他、日本の材料研究・材料技術の専門性が、スイス・イタリアのデバイス設計や評価法の指針に大きく役立った。これにより、強誘電体薄膜の EO 効果を中心とする光との相互作用の理解や、プラズモニック EO デバイスを代表とする新規光学デバイスの開発が、大きく促進された。

5-3 共同研究成果から期待される波及効果

今後の光通信のあり方を変えるような機能性材料やインフラの開拓は、社会的、技術的に非常に大きな波及効果がある。そこで、本共同研究では、今日の光デバイスの限界を超える新しいデバイス技術として、強誘電体薄膜を用いたプラズモニック EO デバイスに注目した。この新しいデバイス技術は、経済的および環境的にも大きなアドバンテージがあり、且つ実用化が期待できる。本共同研究でプラズモニック EO デバイスの実現の可能性を示せたことは、関連研究分野に大きな影響を及ぼしただけでなく、安全安心な社会の構築に役立つ実用的な光通信技術として、今後、さらに大きな進展が期待される。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
 Japan – Switzerland – Italy Joint Research Program
 Executive Summary of Final Report

1. Project Title: Functional Thin-Film Ferroelectric Materials for CMOS compatible Photonics (FF-Photon)
2. Project Period: October 1, 2014 ~ March 31, 2017
3. Main Participants:

Japan-side (up to 6 people including Principal Investigator)

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Kazuo Shinozaki	Professor	School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology	Project management. Development of optimal buffer layers.
Co-PI	Hisao Suzuki	Professor	Research Institute of Electronics, Shizuoka University	Synthesis of ferroelectric thin films by CSD method.
Co-PI	Naoki Wakiya	Professor	Research Institute of Electronics, Shizuoka University	Synthesis of ferroelectric thin films by CSD method. Exploration of novel buffer layers.
Co-PI	Tomoaki Yamada	Associate Professor	Department of Materials, Physics and Energy Engineering, Nagoya University	Coordination of joint research. Theoretical study on ferroelectric thin films. Synthesis of ferroelectric thin films by laser ablation.
Co-PI	Tadashi Shiota	Assistant Professor	School of Materials and Chemical Technology, Tokyo Institute of Technology	Structural, optical and electrical characterizations of ferroelectric thin films.
Collaborator	Shinya Kondo	Ph. D student	Department of Materials, Physics and Energy Engineering, Nagoya University	Calculation of EO effect of ferroelectric thin films. Synthesis of ferroelectric thin films by laser ablation.
Total number of participating researchers in the project: 6				

Partner-side (up to 6 people including Principal Investigator)

	Name	Title	Affiliation	Role
PI	Juerg Leuthold	Professor	Institute of Electromagnetic Fields, ETH Zurich	Project management. Design, fabrication, and part of characterizations of the proposed nanophotonic devices.
Co-PI	Mario Martinelli	Professor	Department of Electronics, Information and Bioengineering, Politécnico di Milano	Characterization of devices. Evaluation of the impact of new EO devices on photonic infrastructure.
Co-PI	Ping Ma	Senior Researcher	Institute of Electromagnetic Fields, ETH Zurich	Coordination of joint research. Design, fabrication, and part of characterizations of the proposed nanophotonic devices.
Co-PI	Pierpaolo Boffi	Associate Professor	Department of Electronics, Information and Bioengineering, Politécnico di Milano	Responsible of the PoliMI research unit. Characterization of devices. Evaluation of the impact of new EO devices on photonic infrastructure.
Co-PI	Paolo Martelli	Assistant Professor	Department of Electronics, Information and Bioengineering, Politécnico di Milano	Characterization of devices. Evaluation of the impact of new EO devices on photonic infrastructure.
Total number of participating researchers in the project: 6				

4. Scope of the joint project

Ferroelectric materials have been extensively explored and used for various practical applications such as nonvolatile memories and capacitors. Of particular interest is the strong electro-optic effect in many ferroelectrics that is absent in silicon. Recently, thin-film ferroelectric materials have attracted increasing attention as advanced functional photonic materials in CMOS compatible silicon photonics. While proof-of-concept demonstrations of functional ferroelectric layers have already been given, neither the manufacturing nor characterization can cope with the challenges posed by a future chip-scale photonic fabrication.

In this interdisciplinary project, we investigate the light-matter interaction of epi-grown thin-film ferroelectric materials and develop the related manufacturing and characterization technologies. As an outcome of the project we envision a deep and comprehensive understanding of the photo-responsive process of ferroelectric thin-films and the establishment of a platform for CMOS compatible ferroelectric thin-films and enabled innovative optical devices. Swiss, Japanese and Italian project partners work on the device design and fabrication, thin film material's development and integration, material and device characterization, respectively, with mutual collaborations.

5. Outcomes of the joint project

5-1 Intellectual Merit

Various useful and significant outcomes arised through the collaborations. For material's development and integration by Japanese groups, the structure of CeO₂/YSZ double buffer layer for growing epitaxial ferroelectric thin film on Si was optimized at Tokyo Tech. In addition, a novel single buffer layer material, NdSZ, was found to be useful at Shizuoka Univ. Two kinds of high-quality epitaxial ferroelectric thin films, PMN-PT and BST, were successfully grown on the buffer layers at Shizuoka Univ. and Nagoya Univ. Theoretical model for electro-optic effect in ferroelectric thin films was also successfully developed at Nagoya Univ, and it gave the insight of light-matter interaction of ferroelectric thin film with epitaxial strain. For device developments and characterizations by Swiss and Italian groups, the required properties of the ferroelectric materials have been identified and the geometries of the plasmonic devices have been designed, modelled, and optimized at ETH. It has been concluded that the optimized device designs offer a satisfactory performance with regards to the device size, insertion loss, modulation depth, and bandwidth. The prototyping device, a plasmonic Mach-Zehnder optical modulator, has been fabricated and tested at ETH, which is demonstrated to work in a direct-detection setup with a 72 Gbit/s NRZ modulation format. PoliMI has successfully designed, in collaboration with ETH, and implemented onto an optical bench, a setup for testing ferroelectric film samples produced by Japanese partners and measuring the electro-optic coefficient. PoliMI has also analysed the state-of-the-art of datacom and telecom infrastructure.

5-2 Synergy from the Collaboration

Collaboration has offered a great opportunity to combine the diverse research expertise and facilities among Japanese and European colleagues to research on challenging and highly interdisciplinary topics. The participating Japanese material research groups have benefited from the extensive knowledge and experience of the Swiss and Italian colleagues on the design, fabrication, characterization of the optical materials and devices. The participating researchers at Swiss and Italian groups benefited from the extensive knowledge and experience of Japanese colleagues on the material science and technology. These collaborations accelerated the understanding of light-matter interaction of ferroelectric thin films and the development of photonic devices.

5-3 Potential Impacts on Society

The FF-Photon project aims at exploring novel high-impact real-world-driven applied science and technologies that go beyond today's technological limits. The most relevant impacted areas would be functional optical materials and photonic infrastructure for optical communications. Therefore, the project is expected to have a strong impact on a highly active research field that offers economic and ecological advantages with a perspective towards commercial product solutions, and ultimately, to contribute to the improvement of the communication and information technology that serves and civilizes the human society.

別紙2_共同研究における研究成果リスト (篠崎・Leuthold 課題)

1. 論文発表等

- 1) T. Arai, T. Ohno, T. Matsuda, N. Sakamoto, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Effects of synthesis conditions on electrical properties of chemical solution deposition-derived $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ thin films", *Thin Solid Films*, **585**, 86-90 (2015) doi: 10.1016/j.tsf.2014.11.014.
- 2) T. Arai, T. Ohno, T. Matsuda, N. Sakamoto, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Synthesis and electrical properties of $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ epitaxial thin films on Si wafers using chemical solution deposition", *Thin Solid Films*, **603**, 97-102 (2016) doi: 10.1016/j.tsf.2016.01.058.
- 3) W. Aihara, T. Shiota, O. Sakurai and K. Shinozaki, "Improvement of crystallinity and surface roughness in epitaxial $\text{CeO}_2/\text{Ce}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2/\text{Y}_{0.15}\text{Zr}_{0.85}\text{O}_{1.93}$ buffer layers deposited on a Si(100) substrate by pulsed laser deposition", *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **124**, 721-724 (2016) doi: 10.2109/jcersj2.15243.
- 4) S. Kondo, T. Yamada, M. Yoshino, T. Shiota, K. Shinozaki, and T. Nagasaki, "Significant suppression of island growth in epitaxial $(\text{Pb},\text{La})(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ thin films by two-step growth technique", *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **124**, 1127-1131 (2016) doi: 10.2109/jcersj2.16110.
- 5) N. Wakiya, N. Sakamoto, S. Koda, W. Kumasaka, D. Nipa, T. Kawaguchi, T. Kiguchi, K. Shinozaki and H. Suzuki, "Magnetic-field-induced spontaneous superlattice formation via spinodal decomposition in epitaxial strontium titanate thin films", *NPG Asia Materials*, **8**, e279/1-9 (2016) doi: 10.1038/am.2016.76.
- 6) N. Debnath, T. Kawaguchi, W. Kumasaka, H. Das, K. Shinozaki, N. Sakamoto, H. Suzuki, and N. Wakiya, "As-grown enhancement of spinodal decomposition in spinel cobalt ferrite thin films by dynamic aurora pulsed laser deposition", *J. Magn. Mag. Mater.*, **432**, 391-395 (2017) doi: 10.1016/j.jmmm.2017.02.023.
- 7) H. Das, N. Debnath, A. Toda, T. Kawaguchi, N. Sakamoto, H. Aono, K. Shinozaki, H. Suzuki, and N. Wakiya, "Impact of precursor solution concentration to form superparamagnetic MgFe_2O_4 nanospheres by ultrasonic spray pyrolysis technique for magnetic hyperthermia", *Adv. Powder Technol.*, **28**, 1696-1703 (2017) doi: 10.1016/j.apt.2017.04.007.
- 8) C. Haffner, W. Heni, D. L. Elder, Y. Fedoryshyn, N. Đorđević, D. Chelladurai, U. Koch, K. Portner, M. Burla, B. Robinson, L. R. Dalton, and J. Leuthold, "Harnessing nonlinearities near material absorption resonances for reducing losses in plasmonic modulators", *Opt. Mater. Express*, **7**, 2168-2181 (2017) doi: 10.1364/OME.7.002168.
- 9) T. Yamada, D. Ito, T. Sluka, O. Sakata, H. Tanaka, H. Funakubo, T. Namazu, N. Wakiya, M. Yoshino, T. Nagasaki, and N. Setter, "Charge screening strategy for domain pattern control in nano-scale ferroelectric systems", *Sci. Rep.*, in press (2017).

2. 学会発表

- 1) J. Leuthold, "The Path Towards Tbit/s on Chip", Workshop on Ceramics Processing for Excellent Function Development, Hamamatsu, Japan, November 15, 2014 (口頭発表).
- 2) P. Ma, "Thin-film ferroelectric materials for Si electro-optic devices", Workshop on Ceramics Processing for Excellent Function Development, Hamamatsu, Japan, November 15, 2014 (口頭発表).
- 3) T. Yamada "Ferroelectric and dielectric thin films for RF tunable devices", International Seminar on Functional Ferroelectric Films for Future Electronic Devices and Systems, Kyoto, Japan, November 19, 2014 (招待講演).
- 4) T. Arai, T. Ohno, N. Sakamoto, T. Matsuda, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Effect of oxide electrode and synthesis conditions on electrical properties for CSD-derived $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ thin films", The 31st International Korea-Japan Seminar on Ceramics, Changwon, Korea, November 26-29, 2014 (口頭発表).
- 5) H. Suzuki, T. Ohno, N. Sakamoto, T. Matsuda, and N. Wakiya, "Stress induced effects for piezoelectric thin films on Si wafer" Piezo 2015 Electroceramics for End-users VIII (PIEZO2015), Maribor, Slovenia, January 25-28, 2015 (招待講演).
- 6) T. Arai, T. Ohno, T. Matsuda, N. Sakamoto, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Effects of

- hybrid-type oxide electrode on electrical properties of CSD-derived PMN-PT thin films", 2015 International Symposium toward the Future of Advanced Researches in Shizuoka University, Hamamatsu, Japan, January 27-28, 2015 (ポスター発表) .
- 7) H. Suzuki, T. Ohno, T. Arai, N. Sakamoto, T. Matsuda, N. Wakiya, and B. Malič, "Enhanced piezoelectric and ferroelectric properties of PZT thin films on a Si wafer by hybrid integration" The 3rd International Conference on Nanoscience and Nanotechnology (ICONN2015), Kattankulathur, India, February 4-6, 2015 (招待講演) .
 - 8) T. Yamada, D. Ito, O. Sakata, J. Yasumoto, T. Shiraishi, T. Shimizu, M. Yoshino, H. Funakubo, and T. Nagasaki, "Domain structure and piezoelectric response in epitaxial PZT 1D-nanorods and 2D-thin films", The 5th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO 2015), Niigata, Japan, June 16-19, 2015 (招待講演) .
 - 9) T. Arai, T. Ohno, N. Sakamoto, T. Matsuda, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Electrical properties of CSD-derived PMN-PT epitaxial thin films on Si wafer", Inter-Academia 2015 (the 14th International Conference on Global Research and Education), Hamamatsu, Japan, September 28-30, 2015 (ポスター発表) .
 - 10) W. Aihara, T. Shiota, O. Sakurai, and K. Shinozaki, "Quality improvement of CeO₂/YSZ epitaxial buffer layer on Si(100) substrate by introducing of Ce_{1-x}Zr_xO₂ solid solution layer using PLD" The 9th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-9), Tsukuba, Japan, October 19, 2015 (ポスター発表) .
 - 11) T. Arai, T. Ohno, N. Sakamoto, T. Matsuda, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Synthesis of CSD-derived Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃-PbTiO₃ epitaxial thin films on Si wafer", The 14th International Union of Materials Research Societies- International Conference on Advanced Materials, Jeju, Korea, October 25-29, 2015 (口頭発表) .
 - 12) J. Leuthold, P. Ma, and C. Hafner, "Next generation devices for the optical high-speed communications industry," The 17th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium in Hamamatsu, Hamamatsu, Japan, November 17-18, 2015 (招待講演) .
 - 13) T. Arai, T. Ohno, N. Sakamoto, T. Matsuda, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Fabrication and electrical properties of epitaxial growth PMN-PT thin films on Si by CSD", The 32nd International Japan- Korea Seminar on Ceramics, Nagaoka, Japan, November 18-21, 2015 (口頭発表) .
 - 14) H. Suzuki, T. Arai, N. Sakamoto, and N. Wakiya, "Chemical processing of ferroelectric thin films on Si wafer", The 32nd International Japan- Korea Seminar on Ceramics, Nagaoka, Japan, November 18-21, 2015 (招待講演) .
 - 15) S. Kondo, A. K. Tagantsev, N. Setter, and T. Yamada, "Modeling of electro-optics including strain effects in ferroelectric thin films", EPFL-LC Ferroelectrics Workshop, Leysin, Switzerland, December 13-15, 2015 (ポスター発表) .
 - 16) H. Suzuki, T. Ohno, T. Arai, N. Sakamoto, T. Matsuda, and N. Wakiya, "High piezoelectric thin films on a Si substrate from molecular-designed precursor solution", The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem 2015), Honolulu, USA, December 15-20, 2015 (招待講演) .
 - 17) T. Arai, T. Ohno, N. Sakamoto, T. Matsuda, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Effect of residual stress on piezoelectric property of PMN-PT thin films on Si", 2016 International Symposium toward the Future of Advanced Researches in Shizuoka University, Hamamatsu, Japan, March 3, 2016 (口頭発表) .
 - 18) 近藤真矢, 山田智明, 吉野正人, 長崎正雅, "2段階成膜によるエピタキシャル(Pb, La)(Zr, Ti)O₃薄膜の異常粒成長の抑制" 日本セラミックス協会 2016 年年会, 早稲田大学, 新宿区, 2016 年 3 月 14 日-16 日 (ポスター発表) .
 - 19) J. Leuthold, W. Heni, C. Hössbacher, C. Haffner, Y. Salamin, U. Koch, Y. Fedoryshyn, R. Bonjour, A. Josten, B. Bäuerle, D. Hillerkuss, and C. Hafner, "Plasmonics - a technology for microscale high-speed integrated optics," The European Conference on Integrated Optics (ECIO), Warsaw, Republic of Poland, May 10-20, 2016 (口頭発表) .
 - 20) P. Boffi, P. Martelli, A. Fasiello, M. Brunero, A. Gatto, M. Martinelli, S. Kondo, T. Yamada, H. Suzuki, N. Wakiya, T. Shiota, K. Shinozaki, P. Ma, and J. Leuthold, "Silicon-photonic plasmonic waveguides with ferroelectric materials for electro-optic modulators," FOTONICA 2016 AEIT, Roma, Italy, June 6-8, 2016 (ポスター発表) .

- 21) 近藤真矢, 山田智明, Alexander K. Tagantsev, Nava Setter, 吉野正人, 長崎正雅, "強誘電体薄膜の歪みが電気光学効果に及ぼす影響に対する現象論的モデル" 平成 28 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会, 名城大学, 名古屋市, 2016 年 12 月 10 日 (口頭発表) .
 - 22) E. Hamada, T. Kawaguchi, N. Sakamoto, K. Shinozaki, H. Suzuki, and N.Wakiya, "Preparation of epitaxial Neodymia stabilized zirconia on Si(001) substrate", Inter Academia Asia 2016, Chennai, India, November 28, 2016 (口頭発表) .
 - 23) T. Yamada, T. Arai, T. Kawaguchi, T. Ohno, N. Sakamoto, N. Wakiya, and H. Suzuki, "Stress induced effect for PMN-PT thin films on Si substrate", The 10th Asian Meeting on Electroceramics-2016 (AMEC-10), Taipei, Taiwan, December 6, 2016 (ポスター発表) .
 - 24) 山田健晴, 新井貴司, 大野智也, 松田剛, 川口昂彦, 坂元尚紀, 脇谷尚樹, 鈴木久男, "CSD 法による PLZT 薄膜の作製と物性評価", 日本セラミックス協会第 29 回秋季シンポジウム, 広島大学, 東広島市, 2016 年 9 月 7 日 (口頭発表) .
 - 25) 濱田英志, 川口昂彦, 坂元尚紀, 篠崎和夫, 鈴木久男, 脇谷尚樹, "Si 基板上にペロブスカイト構造の酸化物を単層でエピタキシャル成長させる新規バッファ層の開発", 第 32 回日本セラミックス協会関東支部研究発表会, 富士緑の休暇村, 鳴沢村, 2016 年 9 月 20 日 (口頭発表) .
 - 26) H. Suzuki, T. Arai, T. Ohno, N. Sakamoto, and N. Wakiya, "Induced effect of piezoelectric thin films on Si substrate", The 33rd international Korea-Japan Seminar on Ceramics, Daejeon, Korea, November 16-19, 2016 (招待講演) .
 - 27) 栗飯原航, 塩田忠, 櫻井修, 篠崎和夫, Li Qi, "PLD 法によるバッファ層付き Si 基板上への高品質な $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ エピタキシャル薄膜の作製", 日本セラミックス協会 2017 年年会, 日本大学, 中野区, 2017 年 3 月 18 日 (口頭発表) .
 - 28) A. Messner, F. Eltes, P. Ma, S. Abel, B. Baeuerle, A. Josten, W. Heni, D. Caimi, J. Fompeyrine, and J. Leuthold, "Integrated ferroelectric plasmonic optical modulator," in Optical Fiber Communication Conference Postdeadline Papers, OSA Technical Digest (Optical Society of America, 2017), Los Angeles, USA, March 19-23, 2017 (口頭発表) .
 - 29) P. Martelli, A. Fasiello, P. Boffi, M. Brunero, A. Gatto, M. Martinelli, S. Kondo, T. Yamada, P. Ma, and J. Leuthold, "BST characterization for high-speed electro-optic devices," FOTONICA 2017 AEIT, Padova, Italy, May 3-5, 2017 (ポスター発表) .
 - 30) S. Kondo, T. Yamada, A. K. Tagantsev, N. Setter, M. Yoshino, and T. Nagasaki, "Theoretical investigation of influence of strain on electro-optic effect in ferroelectric thin films", The 8th International Conference on Electroceramics (ICE2017), Nagoya, Japan, May 28-31, 2017 (ポスター発表) .
3. ワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催
- 1) "卓越した機能発現を目指したセラミックプロセッシングに関するワークショップ (Workshop on Ceramics Processing for Excellent Function Development) (主催者: 静岡大学 鈴木久男, 脇谷尚樹, 参加者: 16 名)", 静岡大学, 浜松市, 2014 年 11 月 15 日.
 - 2) "サイエンスアゴラ (主催者: サイエンスアゴラ推進委員会、駐日欧州連合代表部, 来場者: 7,172 名, 出展者: 1,973 名)", 日本科学技術館, 千代田区, 2015 年 11 月 13-15 日.
 - 3) "The 17th Takayanagi Kenjiro Memorial Symposium (主催者: 静岡大学電子工学研究所, 参加者: 約 200 名)", 静岡大学, 浜松市, 2015 年 11 月 17-18 日.
 - 4) "ETH-IEF Seminar (主催者: ETH-IEF, 参加者: 約 15 名)", ETH Zurich, Zurich, Switzerland, 2017 年 3 月 20 日.
4. 研究交流の実績
- 1) 2014/11/14-11/16, Juerg Leuthold (ETH-Zurich, Professor), 静岡大学 (浜松市), 研究計画検討.
 - 2) 2014/11/12-11/17, Ping Ma (ETH-Zurich, Senior Researcher), 静岡大学 (浜松市), 研

究計画検討.

- 3) 2015/4/18-4/24, 篠崎和夫(東京工業大学, 教授), Politécnico di Milano (Milan, Italy), キックオフミーティング.
- 4) 2015/4/19-4/25, 鈴木久男(静岡大学, 教授), Politécnico di Milano (Milan, Italy), キックオフミーティング.
- 5) 2015/4/18-4/24, 脇谷尚樹(静岡大学, 教授), Politécnico di Milano (Milan, Italy), キックオフミーティング.
- 6) 2015/4/19-4/24, 塩田忠(東京工業大学, 助教), Politécnico di Milano (Milan, Italy), キックオフミーティング.
- 7) 2015/4/19-4/22, 山田智明(名古屋大学, 准教授), Politécnico di Milano (Milan, Italy), キックオフミーティング.
- 8) 2016/3/3-3/8, Paolo Martelli (Politecnico di Milano, Assistant Professor), 東京工業大学(目黒区), プロジェクトミーティング.
- 9) 2016/3/3-3/8, Ping Ma (ETH-Zurich, Senior Researcher), 東京工業大学(目黒区), プロジェクトミーティング.
- 10) 2017/3/19-3/24, 篠崎和夫(東京工業大学, 教授), ETH Zurich (Zurich, Switzerland), University of Milano-Bicocca (Milan, Italy), プロジェクトミーティング、FINAL WORKSHOP.
- 11) 2017/3/19-3/24, 脇谷尚樹(静岡大学, 教授), ETH Zurich (Zurich, Switzerland), University of Milano-Bicocca (Milan, Italy), プロジェクトミーティング、FINAL WORKSHOP.
- 12) 2017/3/19-3/24, 塩田忠(東京工業大学, 助教), ETH Zurich (Zurich, Switzerland), University of Milano-Bicocca (Milan, Italy), プロジェクトミーティング、FINAL WORKSHOP.
- 13) 2017/3/19-3/24, 山田智明(名古屋大学, 准教授), ETH Zurich (Zurich, Switzerland), University of Milano-Bicocca (Milan, Italy), プロジェクトミーティング、FINAL WORKSHOP.

5. 特許出願

- 1件

6. 受賞等

- 1) 受賞者: Shinya Kondo (Nagoya University), 賞の名称: The 8th International Conference on Electroceramics (ICE2017), Young Presentation Award, 受賞講演タイトル: Theoretical investigation of influence of strain on electro-optic effect in ferroelectric thin films, 受賞日: 2017年5月31日.

7. その他

- 特になし