

Functional Materials I

機能性物質学 I

I 有機材料を用いた電界効果トランジスタに関する研究

Studies on field-effect transistors using organic materials

江口律子
Eguchi, R.

低分子有機材料を活性層に用いた有機電界効果トランジスタ (OFET) に関する研究を行っている。デバイスの作製には、有機材料を溶媒に溶かした溶液から薄膜を形成する溶液プロセスを用いており、これによりトランジスタとして動作する素子を作製した。溶液プロセスで得られた薄膜では、熱蒸着法で作製した薄膜とは異なる層状構造 (分子配列) が確認されている。本研究では、分子構造の違いが薄膜の層状構造に与える影響や、層状構造の違いとトランジスタ特性との関係について検討した。

II プラズモニック WGM を利用した光機能制御

Control of photonic characteristics by plasmonic WGM

小簗 剛
Komino, T.

表面プラズモン、励起子、発光を結合するウィスパーリングギャラリーモード (WGM) の微小共振器に関する研究を展開している。この中で令和 6 年度は、長距離伝搬表面プラズモンを閉じ込める共振器を作製し、閉じ込めたプラズモンを利用して発光の増幅が起こる原理を解明した。

III 物質による情報処理の可能性：非線形ダイナミクスの物質化

Material-Based Information Processing: Physical Realization of Nonlinear Dynamics

佐藤井一
Sato, S.

コンピュータは、2 進数に基づく演算を繰り返すことで、微分方程式を数値的に解く。一方、現実の物質系では、意図的に設計された構成に電圧を加え、電流を観測することで、複雑な微分方程式の解が物理現象として、いとも簡単に瞬時に現れることがある。このように、物質が数値演算を介さずに高度な演算結果を示すという現象に着目し、それを端緒として研究を展開した。本研究では、アナログ回路とナノ物質という 2 つの研究分野を組み合わせ、カオス現象などの非線形ダイナミクスをアナログ回路で実体化させた上で、特異な電気応答を示すナノ物質を組み込んだハイブリッド構成を設計・検証した。これにより、従来の数値演算では解読が困難な暗号化／復号機能を、計算処理を介さずに実現することを目指した。

物質で情報処理を行う本手法は、超低消費電力かつ超高速での演算処理の可能性を秘めている。特に近年、AI に

よる電力消費の急増が深刻化する中、こうしたアプローチは、次世代の情報処理技術における本質的な解決策の一つとなりうる。

発表論文 List of Publications

- I-1 Naohisa Happo, Atsushi Kubota, Xiaofan Yang, Ritsuko Eguchi, Hidenori Goto, Mitsuki Ikeda, Koji Kimura, Yasuhiro Takabayashi, Jens R. Stellhorn, Shinjiro Hayakawa, Koichi Hayashi, Yoshihiro Kubozono : Nanophase Separation in $K_{1-x}Ca_xC_8$ Revealed by X-ray Fluorescence Holography and Extended X-ray Absorption Fine Structure, *Chemistry of Materials* 36, 4135-4143 (2024).
- I-2 Ritsuko Eguchi, Halubai Sekhar, Koji Kimura, Hirokazu Masai, Naohisa Happo, Mitsuki Ikeda, Yuki Yamamoto, Masaki Utsumi, Hidenori Goto, Yasuhiro Takabayashi, Hiroo Tajiri, Koichi Hayashi, Yoshihiro Kubozono : Superstructure of $Fe_{5-x}GeTe_2$ Determined by Te K-Edge Extended X-ray Absorption Fine Structure and Te K α X-ray Fluorescence Holography, *ACS Omega* 9, 21287-21297 (2024).
- I-3 Zhiyan Zhang, Wanli Pan, Masaki Utsumi, Yuki Yamamoto, Hidenori Goto, Ryusuke Kondo, Takayoshi Yokoya, Ryota Goban, Tomoki Higashikawa, Ritsuko Eguchi, Yasuhiro Takabayashi, Koichi Hayashi, Hirofumi Ishii, Tatsuo C. Kobayashi, Yoshihiro Kubozono : Structural and Superconducting Properties of $Bi_2Rh_3(Se_{1-x}S_x)_2$ ($x = 0-1.0$), *Inorganic Chemistry* 63, 21531-21540 (2024).
- I-4 Zhiyan Zhang, Ritsuko Eguchi, Halubai Sekhar, Koji Kimura, Naohisa Happo, Yuki Yamamoto, Masaki Utsumi, Hidenori Goto, Koichi Hayashi, Yoshihiro Kubozono : Structure of $Bi_2Rh_3Se_2$ above and below charge density wave transition determined by Bi L α and Ly X-ray fluorescence holography, *Physical Chemistry Chemical Physics* 26, 28234-28243 (2024).
- I-5 Masaki Utsumi, Akihiko Fujiwara, Hidenori Goto, Hideki Okamoto, Nobuyuki Takeyasu, Yasunori Saitoh, Michihiro Suga, Yuichiro Takahashi, Hiroyuki Imanaka, Hiroki Taniguchi, Shintaro Yasui, Ritsuko Eguchi, Yoshihiro Kubozono : Biosensor Application of CMOS Inverter and Ring Oscillator with Organic Field-Effect Transistors, *ACS Applied Electronic Materials* 7, 1483-1492 (2025).
- I-6 Ritsuko Eguchi : Observation of the superstructure in van der Waals ferromagnet $Fe_{5-x}GeTe_2$ by X-ray fluorescence holography, Japan-Italy joint workshop: Workshop on physics and electronics of 2D doped materials (Tateshina), 2024 (招待講演)
- I-7 縣周平、Yi Chen、岡本秀毅、久保園芳博、江口律子: 溶液プロセスを用いた alkyl-phenyl[n]phenacene(n=4-6) 電界効果トランジスタの特性、日本物理学会 2025 年春季大会 (Online)、2025
- II-1 Takeshi Komino, Plasmonic effects on organic fluorescent materials, One Day (Online) Meeting on ADVANCES IN MATERIALS' SCIENCE (AIMS-2024), Online, 2024 年 8 月 (招待講演) 他 11 件の国内および国際会議発表.
- II-2 Minami Takaishi, Takeshi Komino*: Origin of electromagnetic wave amplification in 20- μ m-diameter plasmonic whispering gallery mode resonators: the effects of long-range surface plasmons and low effective refractive indices, *Japanese Journal of Applied Physics* 63 (12), 12SP07 (2024).
- II-3 小蓑剛*, 高石みなみ, 今田和希, 宮本晟那: 金属薄膜による消光に起因する発光増幅の阻害効果を抑制, 光アライアンス 35 (10), 35-39 (2024).

- III-1 T. Suzuki, K. Ando, T. Ichinohe, S. Sato, "Memristor-like Electrical Resistivity Behavior of SiO₂ Nanofilms and Their Applicability in Wireless Internet of Things Communications", Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRiME), Abstract #Z01-4650 (ホノルル, 米国, 2024.10.8)
- III-2 S. Sato, S. Tsubota, T. Ichinohe, "Significant Changes in Electrical Resistance of Conductive Porous Silicon Films Produced from Thiol-Modified Silicon Nanoparticle Inks", Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science (PRiME), Abstract #M02-4373 (ホノルル, 米国, 2024.10.7).
- III-3 T. Suzuki, K. Ando, T. Ichinohe, S. Sato, "Memristor-like Electrical Resistivity Behavior of SiO₂ Nanofilms and Their Applicability in Wireless Internet of Things Communications", *Meet. Abstr. MA2024-02* (2024) 4373, DOI 10.1149/MA2024-02654373mtgabs.
- III-4 S. Sato, S. Tsubota, T. Ichinohe, "Significant Changes in Electrical Resistance of Conductive Porous Silicon Films Produced from Thiol-Modified Silicon Nanoparticle Inks", *Meet. Abstr. MA2024-02* (2024) 4373, DOI 10.1149/MA2024-02654373mtgabs.
- III-5 S. Sato, S. Tsubota, T. Ichinohe, "Significant Changes in Electrical Resistance of Conductive Porous Silicon Films Produced from Thiol-Modified Silicon Nanoparticle Inks", *ECSTrans.* **114** (2024) 25–31, DOI: 10.1149/11407.0025ecst.
- III-6 T. Ichinohe, H. Ohno, S. Sato, "Plasma enhanced nitriding process of titanium oxide films using reactive plasma assisted deposition", The 10 International Symposium on Surface Science (ISSS-10)/ Annual Meeting of the Japan Society of Vacuum and Surface Science 2024 (JVSS 2024), Abstract #5P97 (北九州, 2024.10.24).
- III-7 **【Best Poster Award Nominated】** K. Ando, T. Suzuki, T. Ichinohe, R. Eguchi, S. Sato, "Fabrication of Resistance-Changing Silicon Dioxide Nanofilms and Their Potential for Secure Communication", MRS Fall Meeting & Exhibit, Abstract #SB06.05.22 (ボストン, 米国, 2024.12.5).

物質科学専攻

博士前期課程

高石みなみ：「プラズモン消光を抑制する有機/金属薄膜 WGM 共振器の開発と消光抑制機構の解明」

縣 周平：「電界効果トランジスタ構造を利用した二次元物質の物性制御に関する研究」

安藤亘生：「SiO₂ ナノ薄膜が示すメモリスタ的挙動」

今田和希：「リング型有機 WGM 共振器の発光特性に関する研究」

鈴木 健：「メモリスタ物質の論理回路化と通信への応用」

科学研究費補助金等

- 文部科学省科学研究費補助金（令和 5～令和 7 年度）基盤研究（C） 課題番号：23K04881
研究課題 長距離伝搬表面プラズモンの WGM 共振器を利用した有機薄膜の発光増強とその波長制御
研究代表者 小囊 剛
- 一重項分裂効率の向上を指向した非晶質/結晶ヘテロ界面の局所構造制御（令和 5～令和 6 年度）
研究課題 公益財団法人 加藤科学振興会 研究助成金
研究代表者 小囊 剛

3. 電位制御による発光強度制御を志向した新規プラズモニックデバイスの開発:金属薄膜ディスク/ SiO_2 ガラス薄膜/発光性有機薄膜ディスク のハイブリッド構造 (令和6~令和8年度)
研究課題 公益財団法人 日本板硝子材料工学助成会 研究助成
研究代表者 小簗 剛

4. 文部科学省科学研究費補助金 (令和4~令和6年度) 基盤研究 (C) 課題番号: 22K04189
研究課題 シナプス素子に特化したシリコンナノ粒子膜の作製とニューラルネットワークへの応用
研究代表者 佐藤井一