

令和元年6月24日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H03886

研究課題名(和文) テラヘルツ波による伝導状態の超高速制御とデバイス応用

研究課題名(英文) Ultrafast control of conductive state by terahertz pulses

研究代表者

中嶋 誠 (NAKAJIMA, MAKOTO)

大阪大学・レーザー科学研究所・准教授

研究者番号：40361662

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：レーザー励起テラヘルツ波やテラヘルツ自由電子レーザー照射によって、物質状態の超高速制御を実現することを試みた。テラヘルツFEL照射では、光記録材料であるGSTにて、アブレーションだけでなく、LIPSSという波長以下の微細周期構造が生成されることがわかった。このことはテラヘルツ波パルスによる加工の可能性を示すものであり、新たな応用例として興味深い。また磁気ドメインの形状変化も確認できており、今後の進展が期待される。

金属(AI)ナノクラスターを有機材料AIDCNに導入することで、非線形な電流電圧特性、双安定性が現れることを確認し、レーザー励起のテラヘルツ波パルスによる伝導制御の実施にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

テラヘルツ波パルスによって、物質状態の伝導度制御をはじめ、波長以下の微細加工の実施や非線形光学応答の観測を行った。テラヘルツ波は光領域の光源と異なり、その低い周波数により、光子的な遷移による励起の過程というよりは、電場や磁場による加速による効果が強くでることが見出され、テラヘルツ励起特有であると言える。また、テラヘルツによって、直接的に励起することは、電子遷移等を介さず行うことが可能であり、不要な熱発生を留める働きもある。そのため、今後もテラヘルツパルス励起特有の現象が現れることが期待され、学術的な利用だけでなく、産業的な利用にも発展していくことが望まれる。

研究成果の概要(英文)：We tried that the ultrafast control of the solid states such as conductivity and magnetic properties by the excitation of the terahertz pulses from free electron laser and femtosecond pulse laser excitation sources. Using terahertz FEL pulses, we demonstrated the terahertz induced ablation and LIPSS (laser induced periodic surface structure) with the scale of lower than the wavelength in the optical memory material of GST. This fact indicates the possibility of the terahertz machining, and it is very interesting. The reconfiguration of the magnetic domain structure was observed by the THz FEL pulse irradiation. The ultrafast control of conductivity for organic materials of AIDCN including AI nano clusters, which shows bi-stable conduction states, were performed by using Terahertz pulses by femtosecond pulse laser excitation.

研究分野：テラヘルツ工学

キーワード：テラヘルツ 相転移 超高速 伝導度制御

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年テラヘルツパルスの高強度化は格段に進歩し、テラヘルツパルスによる相変化やアブレーションなどの報告が行われるようになってきた。高強度なテラヘルツ波パルスによって、物質状態の超高速制御、相転移制御をはじめとして、電気伝導度の制御や、磁気的特性の超高速制御を試みる条件が揃いつつある状況であった。

2. 研究の目的

フェムト秒パルスレーザー励起テラヘルツ波パルスによって、伝導状態を始めとする物質状態の超高速制御を実現することが本研究の目的である。特に高強度なテラヘルツパルス電場や磁場等により、物質状態(伝導状態や磁気状態)をスイッチしたり改変したりすることを試みる。

3. 研究の方法

フェムト秒パルスレーザー励起テラヘルツ波を用いて、時間領域分光測定を行う。パルス波面傾斜法によって生成した高強度テラヘルツパルス(ピーク電場 500kV/cm, ピーク磁場 0.1Tesla)を用いて、それを物質に照射することで、その超高速応答を観測する。電場照射による伝導制御、磁場照射による磁化の超高速制御を試みた。また、レーザー光源以外にも、阪大産研にあるテラヘルツ自由電子レーザーを用いて、その非線形光学応答の観測を行った。

4. 研究成果

(1) テラヘルツ FEL 照射による微細周期構造の生成および磁気ドメイン変化

FELによる高強度テラヘルツパルス照射により、アブレーションが生じること、および波長以下の微細周期構造(LIPSS:Light Induced Periodic Surface Structure)が生成されることを報告した(図1)。光記録材料であるGe₂Sb₂Te₅に0.9J/cm²の強度でテラヘルツ波パルス列を照射した結果である。図中の横に縞があるのが、LIPSSに相当する。このことはテラヘルツ波パルスによりマイクロメートルオーダーの加工が可能であることを示唆するものであり、新たな応用例として興味深い(2018年Scientific Reports誌)。さらに入射するテラヘルツ波パルスに螺旋位相差板を用いて光渦を発生させることに成功した。テラヘルツ光渦により、アブレーションを

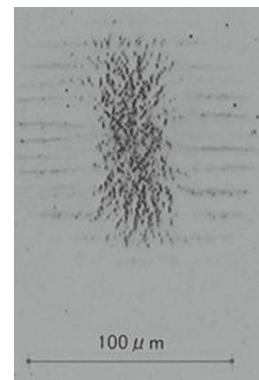


図1 THz-FEL 照射による GST 上の LIPSS

誘起し、そのアブレーション痕が異なることを確認した。

キャント型の弱強磁性体であるErFeO₃において、同様のテラヘルツ波パルス照射することで、磁気ドメイン構造が変化する様子が観測された。図2はHe-Neレーザーによるファラデー検出で観測した磁気ドメイン構造である。テラヘルツ波パルス照射前後で、照射した箇所のドメインが下方方向に変化していった様子が見取れる。照射によりマイナーな側のドメインが増大する傾向があることがわかった。またその変化は、照射スポットの中心よりも、強度勾配が強い付近で効率的に発生していることがわかっている。本成果については現在論文投稿中である。



図2 テラヘルツ波照射による磁気ドメイン変化(左右:照射前後)

本成果については現在論文投稿中である。

(2) レーザー励起テラヘルツ波パルスによる伝導状態の制御

金属ナノクラスタを有機材料に導入することで、非線形な電流電圧特性、双安定性が現れることを確認した。誘起材料である AICN に Al 金属ナノクラスタを加えた物質を作製を行った。特定の DC バイアス下において、テラヘルツ波を照射できるように、試料表面に回折格子状の電極を設置し、この状態に、テラヘルツ波パルス照射することで、金属ナノクラスタ近傍に増強されたテラヘルツ電場が発生し、それにより高抵抗状態・低抵抗状態間をスイッチすることが可能であることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 20 件)

1. **“Rapid Faraday Rotation on ϵ -Iron Oxide Magnetic Nanoparticles by Visible and Terahertz Pulsed Light”**, S. Ohkoshi, K. Imoto, A. Namai, M. Yoshikiyo, S. Miyashita, H. Qiu, S. Kimoto, K. Kato, and M. Nakajima, *Journal of American Chemical Society* **141**, 1775-1780 (2019). (Published 15 Jan 2019). doi: 10.1021/jacs.8b12910 査読有り
2. **“Terahertz Radiation from Combined Metallic Slit Arrays”**, Dazhi Li, Makoto Nakajima, Masahiko Tani, Jinfeng Yang, Hideaki Kitahara, Masaki Hashida, Makoto Asakawa, Wenxin Liu, Yanyu Wei and Ziqiang Yang, *Scientific Reports* **9**, 6804 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43072-2> 査読有り
3. **“Terahertz emission from gold nanorods irradiated by ultrashort laser pulses of different wavelengths”**, K. Takano, M. Asai, K. Kato, H. Komiyama, A. Yamaguchi, T. Iyoda, Y. Tadokoro, M. Nakajima, and M. I. Bakunov, *Scientific Reports* **9**, 3280 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39604-5> 査読有り
4. **“Terahertz generation measurements of multilayered GeTe-Sb₂Te₃ phase change materials”**, K. Makino, K. Kato, Y. Saito, P. Fons, A. V. Kolobov, J. Tominaga, T. Nakano, and M. Nakajima, *Optics Letters* **44**, 1355-1358 (2019). doi:10.1364/OL.44.001355 査読有り
5. **“金属微細共振器によるテラヘルツスピン分光への応用”**, 中嶋 誠, 栗原貴之, 邱紅松, 加藤 康作, *化学工業*, **69**, 38-44 (2018). 査読無し
6. **“Macroscopic Magnetization Control by Symmetry Breaking of Photoinduced Spin Reorientation with Intense Terahertz Magnetic Near Field”**, T. Kurihara, H. Watanabe, M. Nakajima, S. Karube, K. Oto, Y. Otani, and T. Suemoto, *Physical Review Letters* **120**, 107202 (2018). doi: 10.1103/PhysRevLett.120.107202 査読有り
7. **“Layer thickness dependence of the terahertz emission based on spin current in ferromagnetic heterostructures”**, H. Qiu, K. Kato, K. Hirota, N. Sarukura, M. Yoshimura, and M. Nakajima, *Optics Express* **26**, 15247-15254 (2018). doi:10.1364/OE.26.015247 査読有り
8. **“Significant Volume Expansion as a Precursor to Ablation and Micropattern Formation in Phase Change Material Induced by Intense Terahertz Pulses”**, K. Makino, K. Kato, K. Takano, Y. Saito, J. Tominaga, T. Nakano, G. Isoyama and M. Nakajima, *Scientific Reports* **8**, 2914 (2018). doi:10.1038/s41598-018-21275-3 査読有り
9. **“Enhancing THz magnetic near-field induced by micro-split-ring resonator with a tapered waveguide”**, H. Qiu, T. Kurihara, H. Harada, K. Kato, K. Takano, T. Suemoto, M. Tani, N. Sarukura, M. Yoshimura, and M. Nakajima, *Opt. Lett.* **43**, 1658-1661 (2018). doi: 10.1364/OL.43.001658 査読有り
10. **“Quantized conductance observed during sintering of silver nanoparticles by intense terahertz pulses”**, K. Takano, H. Harada, M. Yoshimura, and M. Nakajima, *Appl. Phys. Lett.* **112**, 163102 (2018). doi:10.1063/1.5022706 査読有り
11. **“Enhanced detection sensitivity of terahertz magnetic nearfield with cryogenically-cooled magneto-optical sampling in terbium-gallium-garnet”**, T. Kurihara, H. Qiu, K. Kato, H. Watanabe, and M. Nakajima, *Appl. Phys. Lett.* **113**, 111103 (2018). doi:10.1063/1.5037521 査読有り
12. **“Magnetically and electrically polarization-tunable THz emitter with the integrated ferromagnetic heterostructure and large birefringence liquid crystal”**, H. Qiu, Lei Wang, Z. Shen, K. Kato, N. Sarukura, M. Yoshimura, W. Hu, Y. Lu, M. Nakajima, *Applied Physics Express* **11**, 092101-1~4 (2018). doi:10.7567/APEX.11.092101 査読有り
13. **“Visible Measurement of Terahertz Power Based on Capsulized Cholesteric Liquid Crystal Film”**, L. Wang, H. Qiu, T. N. K. Phan, K. Kato, B. Kang, K. Takano, Y. Q. Lu, L. Chen, P. Lv, K. Yu, W. Wei, B. Jin, and M. Nakajima, *Applied Sciences*. **8**, 2580 (2018). doi: 10.3390/app8122580 査読有り
14. **“Terahertz emission and detection in magnetic materials”**, H. Qiu, K. Kato, and M. Nakajima, *Infrared, Millimeter-Wave, and Terahertz Technologies V.* **10826**, 108260C (2018). doi: 10.1117/12.2505840 査読有り

15. "金属インク上に自発的に形成される複雑なナノ構造からのテラヘルツ波放射," 加藤 康作, 高野 恵介, 田所 譲, ファン タン ニャ コア, 中嶋 誠, レーザー研究, 45,153-157 (2017). 査読有り
16. "Graphene-assisted high-efficiency liquid crystal tunable terahertz metamaterial absorber", L. Wang, S. Ge, W. Hu, M. Nakajima, and Y. Lu, *Optics Express*, **25**, 23873 (2017). doi:10.1364/OE.25.023873 査読有り
17. "Strong yellow emission of high-conductivity bulk ZnO single crystals irradiated with high-power gyrotron beam", K. Kato, H. Qiu, E. M. Khutoryan, Y. Tatematsu, M. Tani, T. Idehara, Y. Yamaguchi, M. Fukunari, Y. Maeda, K. Takayama, Y. Minami, M. F. Empizo, T. Kurihara, K. Yamanoi, T. Shimizu, K. Takano, N. Sarukura, T. Fukuda, M. Yoshimura, and M. Nakajima *Appl. Phys. Lett.* **111**, 031108 (2017). doi:10.1063/1.4994316 査読有り
18. "Coherent radiation at the fundamental frequency by a Smith-Purcell free-electron laser with dielectric substrate", D. Li, Y. Wang, M. Nakajima, M. Tani, M. Hashida, M. R. Asakawa, Y. Wei, and S. Miyamoto, *Appl. Phys. Lett.* **110**, 151108 (2017); doi: 10.1063/1.4980046. 査読有り
19. "Tunable reflective liquid crystal terahertz waveplates", L. Wang, S. Ge, W. Hu, M. Nakajima, and Y. Lu, *Optical Materials Express*, **7**, 2023-2029 (2017). doi:10.1364/OME.7.002023 査読有り
20. "THz Pulse Detection by Multilayered GeTe/Sb₂Te₃", K. Makino, S. Kuromiya, K. Takano, K. Kato, M. Nakajima, Y. Saito, J. Tominaga, H. Iida, M. Kinoshita, T. Nakano, *ACS Applied Materials & Interfaces*, **8**, 47, 32408-32413 (2016). DOI: 10.1021/acsami.6b11418 査読有り

[学会発表](計 39 件)

1. *(Invited)* "Ultrafast spin spectroscopy by impulsive terahertz pulse excitations ", M. Nakajima, The 37 th SPP Physics conference (SPP2019), May. 29-Jun.1, 2019 (1B-01, May.29, invited Oral) (Bohol, Phillipine).
2. *(Invited)* "Terahertz manipulation of magnetization and terahertz devices based on the magnetic materials ", M. Nakajima, The 9th "Advanced Lasers and Photon Sources Conference" (ALPS 2019), Apr. 22-25, 2019 (ALPS-16-01, Apr.25, invited Oral) (Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan).
3. *(ALPS2019 Student Paper Award)* " The observation of spin reorientation phase transition in Sm_{1-x}Er_xFeO₃ by terahertz time domain spectroscopy ", Y. Koike, K. Hirota, H. Qiu, S. Kimoto, K. Kato, M. Yoshimura, and M. Nakajima, The 9th "Advanced Lasers and Photon Sources Conference" (ALPS 2019), Apr. 22-25, 2019 (ALPS-16-05, Apr.25, invited Oral) (Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan).
4. *(Invited Keynote)* " Recent progress of terahertz applications and liquid crystal devices in terahertz region", M. Nakajima and L. Wang, The 7th International Symposium on Liquid Crystal Photonics (SLCP 2019), Mar. 29-31, 2019 (Mar.30, Oral Invited) (Guangzhou, China).
5. *(Invited)* "Ultrafast terahertz spin spectroscopy and terahertz devices based on magnetic materials", M. Nakajima, The 10th International Conference on Photonics & Applications (ICPA-10), Nov. 11-15, 2018 (Nov.13, Oral Invited) (Ha-Long, Vietnam).
6. *(Invited)* "Terahertz emission and detection in magnetic materials ", M. Nakajima, H. Qiu, and K. Kato, SPIE/COS Photonics Asia 2018, Infrared, Millimeter-Wave, and Terahertz Technologies V, Oct. 11-13, 2018 (10826-13, Oct.12, Oral Invited) (Beijing International Convention Center, Beijing, China).
7. "Terahertz emission from ferromagnetic Co/Pt heterostructures", JSAP-OSA Joint Symposia 2018 [Oral, 18p-221B-4], 2018.9.18, (2018.9.18-21, Nagoya), H. Qiu, K. Kato, K. Hirota, N. Sarukura, M. Yoshimura, M. Nakajima
8. "Polarization-tunable THz emitters composed of ferromagnetic heterostructures and liquid crystals", JSAP-OSA Joint Symposia 2018 [Oral, 18p-221B-5], 2018.9.18, (2018.9.18-21, Nagoya), H. Qiu, L. Wang, Z. Shen, K. Kato, N. Sarukura, M. Yoshimura, W. Hu, Y. Lu, Makoto Nakajima
9. "Harmonic generation from InSb in the Far Infrared Region", JSAP-OSA Joint Symposia 2018 [Oral, 18p-221B-10] , 2018.9.18, (2018.9.18-21, Nagoya), Phan ThanhNhat Khoa, Kosaku Kato, G. Isoyama, M. Yoshimura, S. Fujioka, M. Nakajima
10. *(Keynote talk)* "Terahertz Time Domain Spectroscopy For Spin Reorientation Phase Transition In SmFeO₃ At High Temperature", Makoto Nakajima, Kazumasa Hirota, Hongsong Qiu, Kosaku Kato, Masashi Yoshimura, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-P2-R1-3, Sep. 10, Oral Keynote), (Nagoya, Japan).
11. "Spin-current Related Terahertz Emission From The Co/Pt Heterostructure", Hongsong Qiu, Kosaku Kato, Kazumasa Hirota, Nobuhiko Sarukura, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-P2-1c-1, Sep. 10, Oral), (Nagoya, Japan).
12. "Damage And Micropattern Formation In Ge-Sb-Te Phase Change Materials Induced By Intense Terahertz Pulse Train", Kotaro Makino, Kosaku Kato, Keisuke Takano, Yuta Saito, Junji

- Tominaga, Takashi Nakano, Goro Isoyama, Makoto Nakajima, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-P2-1b-4, Sep. 10, Oral), (Nagoya, Japan).
13. **"Third Harmonic Generation From InSb Excited By Free Electron Laser"**, Thanh Nhat Khoa Phan, Kosaku Kato, Goro Isoyama, Masashi Yoshimura, Shinsuke Fujioka, Makoto Nakajima, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-P3-1b-3, Sep. 10, Oral), (Nagoya, Japan).
 14. "Liquid Crystal Based Terahertz Devices", Lei Wang, Makoto Nakajima, Yanqing Lu, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-POS-56, Sep. 10, Poster), (Nagoya, Japan).
 15. "Properties Of Terahertz Wave Emission From Nano-porous Gold Excited By Femtosecond Laser Pulses", Kosaku Kato, Takashi Kashihara, Thanh Nhat Khoa Phan, Keisuke Takano, Marjan Akbari, Teruya Ishihara, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-POS-75, Sep. 10, Poster), (Nagoya, Japan).
 16. **"Terahertz Pump-Terahertz Probe Spectroscopy Of Multilayer Graphene"**, Kosaku Kato, Junki Asai, Thanh Nhat Khoa Phan, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Th-POS-02, Sep. 13, Poster), (Nagoya, Japan).
 17. **"spin-current related terahertz emission from the Co/Pt heterostructure"**, Hongsong Qiu, Kosaku Kato, Kazumasa Hirota, Nobuhiko Sarukura, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, 43rd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2018) September 10-14 2018, (Mo-P2-1c-1, Sep. 10), (Nagoya, Japan).
 18. *(Invited)* **"Development of terahertz devices based on liquid crystal"**, M. Nakajima, L. Wang, Y. Lu, The 11th Asia Pacific Laser Symposium, May28 – 31, 2018,(B1, May 28, Oral Invited) (Xian, China).
 19. *(Invited)* **"Liquid Crystal Based Devices for THz Applications "**, Lei Wang, Makoto Nakajima, Yanqing Lu, The 8th "Advanced Lasers and Photon Sources Conference" (ALPS 2018), Apr. 23-27, 2018 (ALPS15-F1-1, Apr.26, invited Oral) (Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan).
 20. **"Efficient Terahertz Emission from the Co/Pt Ferromagnetic Heterostructure Based on Inverse Spin Hall Effect"**, Hongsong Qiu, Kosaku Kato, Kazumasa Hirota, Nobuhiko Sarakura, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, The 8th "Advanced Lasers and Photon Sources Conference" (ALPS 2018), Apr. 23-27, 2018 (ALPS15-F1-4, Apr.27, Oral) (Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan).
 21. **"Terahertz Time Domain Spectroscopy for Radiative Eigenmodes in Metallic Slit Array"**, Thanh Nhat Khoa Phan, Dazhi Li, Kosaku Kato, Masahiko Tani, Masashi Yoshimura, Masaki Hashida, Yanyu Wei, Makoto Nakajima, The 8th "Advanced Lasers and Photon Sources Conference" (ALPS 2018), Apr. 23-27, 2018 (ALPS9-26, Apr.26, Poster) (Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan).
 22. *(Invited)* **"Terahertz devices based on liquid crystal"**, M. Nakajima, B. Kang, and L. Wang, EMN Terahertz meeting, April16 – 20, 2018,(April 18, Oral Invited) (Amsterdam, Netherland).
 23. *(Invited)* **"Terahertz wave detection by cholesteric liquid crystal"**, Makoto Nakajima, The 7th International Symposium on Liquid Crystal Photonics (SLCP), April13– 16, 2018,(April 14, Oral Invited) (Nanjing, China).
 24. *(Best Poster Award)* **"Graphene-assisted high-efficiency liquid crystal tunable terahertz metamaterial absorber"**, Lei Wang, Shijun Ge, Wei Hu, Makoto Nakajima, and Yanqing Lu, The 7th International Symposium on Liquid Crystal Photonics (SLCP), April13– 16, 2018,(April 14, Poster) (Nanjing, China).
 25. **"Terahertz--Induced Phase Change, Volume Expansion and Micropattern Formation Observed in Ge₂Sb₂Te₅ and GeTe/Sb₂Te₃ Phase Change Materials"**, K. Makino, K. Kato, K. Takano, Y Saito, J. Tominaga, T. Nakano, G. Isoyama, M. Nakajima, 2018 MRS Spring Meeting & Exhibit, April 2–6, 2018. (Oral), (Phoenix, Az, USA).
 26. **"Terahertz spectroscopy study in GeTe/Sb₂Te₃ and Ge₂Sb₂Te₅ phase change memory materials"**, K. Makino, K. Takano, K. Kato, S. Kuromiya, M. Nakajima, H. Iida, M. Kinoshita, Y. Saito, J. Tominaga, and T. Nakano, 42nd International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves IRMMW-THz 2017, Aug. 27 - Sep.1, 2017. (Paper No. MC1.5, Oral), (Cancun, Mexico).
 27. *(Invited)* **"Terahertz wave detection by multilayered phase change memory material"**, K. Makino, S. Kuromiya, K. Takano, K. Kato, M. Nakajima, H. Iida, M. Kinoshita, Y. Saito, J. Tominaga, and T. Nakano, 2017 Collaborative Conference on Materials Research (CCMR), Jun. 26-29, 2017. (Oral, invited), (Jeju, South Korea).
 28. *(Invited)* **"Ultrafast control of macroscopic magnetization using by terahertz magnetic pulses"**, M. Nakajima, T. Kurihara, H. Watanabe T. Suemoto, EMN Terahertz meeting ,Oral_April 4,

- April – 5, 2017, (Honolulu, United States).
29. **(Invited) "Terahertz pulse generation from metal nanoparticle ink"**, K. Kato, K. Takano, Y. Tadokoro, TNK. Phan, M. Nakajima, SPIE/COS Photonics Asia 2016, Infrared, Millimeter-Wave, and Terahertz Technologies IV, 10030-4, 10/12 invited oral, Oct. 12-14, 2016 (Beijing International Convention Center, Beijing, China).
 30. **"Coherent Manipulation Of Laser induced Spin Reorientation Dynamics In ErFeO₃ With Intense THz Magnetic Nearfields"**, Takayuki Kurihara, Hiroshi Watanabe, Makoto Nakajima, Tohru Suemoto, 41st International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2016), Oral_W3E.3, 25-30 September 2016, (Copenhagen, Denmark).
 31. **"Terahertz Radiation From Graphene Surface Plasmon Polaritons"**, Dazhi Li, Yuanyuan Wang, Makoto Nakajima, Masaki Hashida, Yanyu Wei, Shuji Miyamoto, Masahiko Tani, 41st International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2016), W5P.08.08, 25-30 September 2016, (Copenhagen, Denmark).
 32. **"Enhanced Terahertz Magnetic Near field By Tapered Waveguide In Double Split ring Resonator Coupled Tb₃Ga₅O₁₂ Crystal"**, Hongsong Qiu, Hirofumi Harada, Kousaku Kato, Keisuke Takano, Takayuki Kurihara, Tohru Suemoto, Masahiko Tani, Nobuhiko Sarukura, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, 41st International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2016) 25-30 September 2016, W5P.14.08, (Sep.27 Poster) (Copenhagen, Denmark).
 33. **"THz Detection By Multi layered Topological Insulator"**, Kotaro Makino, Shota Kuromiya, Keisuke Takano, Kosaku Kato, Makoto Nakajima, Hitoshi Ida, Moto Kinoshita, Yuta Saito, Junji Tominaga, Takashi Nakano, 41st International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2016), Oral_H3C.6, 25-30 September 2016, (Copenhagen, Denmark).
 34. **"Enhancement of Terahertz Magnetic Near-field by Tapered Metallic Waveguide"**, Hongsong Qiu, Hirofumi Harada, Kosaku Kato, Takayuki Kurihara, Keisuke Takano, Tohru Suemoto, Masahiko Tani, Nobuhiko Sarukura, Masashi Yoshimura, Makoto Nakajima, JSAP-OSA Joint Symposia 2016, Oral 15p-C301-3, 9.15.2016 (Toki Messe, Niigata, Japan).
 35. **(Invited) "Coherent control of the spin systems by terahertz magnetic field"**, T. Suemoto, T. Kurihara, M. Nakajima and H. Watanabe, International Research School: Electronic States and Phases Induced by Electric or Optical Impacts (IMPACT 2016), Oral_Aug26, August 23 – September 2, 2016 (Cargèse, France).
 36. **"THz time domain spectroscopy measurement in multi-layered topological insulator"**, K. Makino, S. Kuromiya, K. Takano, M. Nakajima, H. Iida, M. Kinoshita, Y. Saito, J. Tominaga, and T. Nakano, New Trends in Topological Insulators 2016, Aug. 24-29, 2016. (Poster), (Würzburg, Germany).
 37. **"Multi-layered topological insulator for THz detection"**, K. Makino, S. Kuromiya, K. Takano, M. Nakajima, H. Iida, M. Kinoshita, Y. Saito, J. Tominaga, and T. Nakano, Optical Sensors, Aug. 18-20, 2016. (Oral), (Vancouver, Canada).
 38. **(Invited) "Terahertz Metamaterials Utilizing Organic and Inorganic Semiconductor Hybrid System"**, Tatsunosuke Matsui, Keisuke Takano, Makoto Nakajima, EMN Meeting on Terahertz 2016, Oral_May17, May 14-18, 2016, (San Sebastian, Spain).
 39. **(Invited) "Ultrafast spin dynamics and control using enhanced Terahertz magnetic fields by metallic microstructure"**, Makoto Nakajima, Takayuki Kurihara, Tohru Suemoto, 5th EOS Topical Meeting on Terahertz Science & Technology (TST 2016), Oral_May9, May 8 - 11 May 2016, (Pecs, Hungary).

[その他]

ホームページ

<http://nak.matrix.jp/study/list.html>

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名： 松井 龍之介

ローマ字氏名： Tatsunosuke Matsui

所属研究機関名： 三重大学

部局名： 工学研究科

職名： 准教授

研究者番号 (8桁) : 80452225

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。