

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25286063

研究課題名(和文) レーザー励起テラヘルツ波による高感度スピン分光

研究課題名(英文) High sensitive spin spectroscopy using terahertz wave

研究代表者

中嶋 誠 (Nakajima, Makoto)

大阪大学・レーザーエネルギー学研究センタ・准教授

研究者番号：40361662

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円

研究成果の概要(和文)：テラヘルツ波パルスの磁場成分を用いることで、磁性体におけるスピンシステムの超高速ダイナミクスの解明やスピン操作を目的として研究を行った。高強度テラヘルツ波光源の開発を行うとともに、金属微細構造体・メタマテリアルをErFeO₃試料表面に作成することで、誘起するスピン歳差運動を1桁程度増幅することに成功した。さらに光誘起スピン再配列転移の磁化配向の超高速制御を、テラヘルツ波パルスと光パルスのコヒーレント制御で実効可能であることを明らかにした。これは、スピン再配列転移の初期過程において、テラヘルツ波パルスによって摂動を与えることで、最終状態における巨視的な磁化の配向の制御を可能にしたものである。

研究成果の概要(英文)：We studied the spin dynamics and control of spin system in weak ferromagnetic materials using the magnetic field component of THz pulses. We developed the high intensity THz pulses with the high peak electric field up to 300 kV/cm. We succeeded in amplifying the amplitude of spin precession by fabricating the metal microstructure (split ring resonator) on sample surface. The enhancement factor is about one order. We succeeded in controlling the macroscopic magnetization direction by using coherent control technique of THz and optical pulse excitation in spin reorientation phase transition. Our results indicate that even the small-amplitude spin precession can induce macroscopic change of spin order by utilizing phase transition process, extending the potential of THz application to controlling magnetic domains within picoseconds time- and subwavelength spatial resolution.

研究分野：光物性

キーワード：テラヘルツ波 スピントロニクス スピンダイナミクス 磁性体 メタマテリアル 近接場

1. 研究開始当初の背景

近年、スピントロニクス発展と共に、スピン状態の超高速制御の期待が高まっている。我々は、これまでもテラヘルツ波パルスを用いて、超高速スピン分光を進めてきた。また、昨今、高いピーク電場を有する高強度のテラヘルツ波パルスの開発が進んでいる。テラヘルツ波パルスによって、物質状態の制御を試みる研究が報告されだしている。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究をさらに発展させ、テラヘルツパルスの磁場成分によってスピンを誘起・観測・操作することを試み、スピンの超高速ダイナミクスを明らかにし、その特性の制御を試みることを目指す。

テラヘルツ波によるスピンを操作するために高強度のテラヘルツ波光源の開発およびそれをさらに効率的に動作させるために、メタマテリアル・金属微細構造を用いた場の増強効果の利用を試みる。これらの開発した装置を用いて、スピン系の制御を試みる。

また、波長可変外部共振器型半導体レーザーを用いた狭帯域のファイバーベースの精密テラヘルツ分光システムを構築する。高精度のテラヘルツ分光システムにより精密分光を試みる。

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。偏光子を組み合わせることによって、テラヘルツ磁気光学時間領域測定も行う。

測定試料として計画している希土類オルソフェライトの成長をフローティングゾーン (FZ) 法を用いて行う。これは良質で大きな単結晶試料を得るためである。

4. 研究成果

(1) エルビウムオルソフェライト (ErFeO₃) をフローティングゾーン法にて作製した。その試料表面に金属のアルミニウムもしくは金にて、電子線リソグラフィーもしくは LED リソグラフィーを用いることで、波長以下のサイズ (60~200 μm オーダー) の金属微細構造体である、スプリットリング共振器 (SRR) を作製した。この SRR 構造にテラヘルツ電場を照射すると、この共振器中に誘導電流が生じ、それによって、SRR の周りに近接磁場が発生する。この発生した磁場を用いて、試料中の強磁性共鳴に起因するスピン歳差運動の誘起を試みた。スピン歳差運動を効率的に増幅するためには、SRR の共鳴周波数と強磁性共鳴周波数とを一致させる必要がある。ErFeO₃ では、温度により強磁性共鳴周波数がおおきく変化するため、低温下において、スピン歳差運動の増幅を試みた。その結果を図 1 に示す。67K 付近では、スピン歳差運動の振幅が大きく増大していることが分かる。

この増幅率は非共鳴部分の振幅と比べて、8 倍程度の増幅が得られており、金属メタマテリアルを利用することに寄って、増強した近接磁場を発生させ、それによって、スピン歳差運動の振幅を一桁程度増幅させることに成功した。また波形の立ち上がりの増加や緩和時間の減少など、SSR の共鳴効果による、波形の変化についても、LLG 方程式に、SSR での電磁応答を考慮した LCR 方程式を結合させることで説明できることを示した。

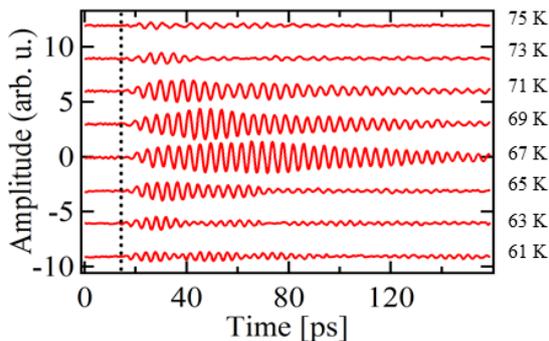


図 1 各温度における ErFeO₃ におけるテラヘルツパルス誘起ファラデー回転信号。

(2) (1) で示した金属メタマテリアルによる増強効果をスピン再配列転移に適用することにより、磁化成分の配向制御を試みた。この試みは、光パルスによって、試料中の温度を瞬時に上昇させ、スピン配列転移を引き起こし、その前段階にテラヘルツ波パルスによって、スピン歳差運動の摂動を与えることで、スピン配列転移後の磁化成分の配向を制御しようというものである。テラヘルツ波パルスが入射しない場合は、配向の向きは全体で c 軸方向と -c 軸方向に 1 : 1 で分離し、トータルでは磁化の大きさはゼロとなる。テラヘルツ波パルスと光パルスのパルス間隔を変えて照射することで、光パルスが照射されたときのスピン歳差運動の振幅の位置・大きさを調節し、最終的な磁化の変化を調べた。照射したテラヘルツ波パルスは、LiNbO₃ においてパルス波面傾斜法によって生成させたものであり、ピーク電場は、最大で 300kV/cm である。試料表面には Au の SRR を作成した。その結果を図 2 に示す。テラヘルツ波パルスのみときには、0 を境に振動していることが確認できる。パルス間隔 57ps の時に、光パルスを入射すると、その信号(磁化を表す)は急速に増大していくことが観測できた。また、パルス間隔 65ps の時には逆に信号が、急速に減少していくことが確認できた。ファラデー回転の信号は、テラヘルツ波の入射がないときに比べて、80 倍程度にも増幅することが分かった。この結果は、テラヘルツ波パルスによって、スピン再配列転移後の磁化の向きをコヒーレント制御することが可能であることを明らかにしたものである。テラヘルツ波パルスによって、スピン再配列転移の初期過程に摂動を与えることにより、転移

後の磁化の向きをピコ秒の分解能で、コヒーレント制御できることを示した。

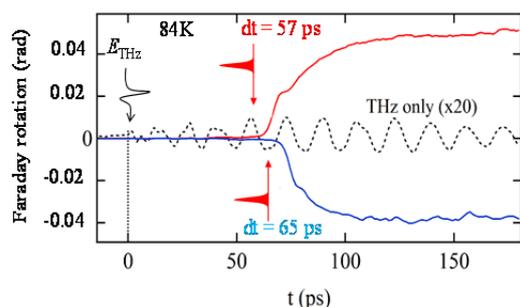


図2 スピン配列転移近傍におけるテラヘルツ波パルスおよび光パルス励起ファラデー回転検出の時間波形。赤(および青)の波形は、テラヘルツ波と光パルスの間隔 57ps (65ps) の時の磁化ダイナミクスを表す。

(3) 波長可変の外部共振器型半導体レーザーを2台用いて、その光励起キャリアのミキシングによってテラヘルツ波を発生・検出し、ファイバーベースの精密テラヘルツ分光システムを構築した。一方の波長可変レーザーの一部を外部共振器に導入し、Pound-Drever-Hall 法によってフィードバックをかけることで、波長の精度および安定性の改良を行った。その結果、絶対周波数精度サブ GHz、相対周波数精度 10MHz の精度で、低圧力下における水蒸気やメタノール等のガスを対象にしたテラヘルツ分光を行った。今後、本システムにより精密分光を適用していく。また希釈冷凍機中において、極低温・強磁場下での測定を実施していく。

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] (計 22 件)

1. “Terahertz wave generation from spontaneously formed nanostructures in silver-nanoparticle ink”, K. Kato, K. Takano, Y. Tadokoro, and M. Nakajima **Opt. Lett.** 41, 2125 (2016). doi:10.1364/OL.41.002125 査読有り
2. “Harmonics radiation of graphene surface plasmon polaritons in terahertz regime”, D. Li, Y. Wang, M. Nakajima, M. Hashida, Y. Wei, S. Miyamoto, **Physics Letters A** 380, 2181-2184 (2016). 査読有り
3. “Efficient optical terahertz-transmission modulation in solution-processable organic semiconductor thin films on silicon

substrate”

- T. Matsui, H. Mori, Y. Inose, S. Kuromiya, K. Takano, M. Nakajima, and M. Hangyo, **Jpn. J. Appl. Phys.** 55, 03DC12 (2016). doi:10.7567/JJAP.55.03DC12 査読有り
4. “Terahertz wave emission from plasmonic chiral metasurfaces”, T. Matsui, S. Tomita, M. Asai, Y. Tadokoro, K. Takano, M. Nakajima, M. Hangyo, H. Yanagi, **Appl. Phys. A** 122, 157 (2016). DOI: 10.1007/s00339-016-9657-y
 5. “Imaging coherent transport in chemical vapor deposition graphene wide constriction by scanning gate microscopy” C. Chuang, M. Matsunaga, F. Liu, T. Woo, L. Lin, K. Oto, Y. Ochiai, C. Liang and N. Aoki, **Appl. Phys. Lett.** 108, 123105 (2016), DOI:10.1063/1.4944637 査読有り
 6. “Measurement of beam profiles by terahertz sensor card with cholesteric liquid crystals”, Y. Tadokoro, T. Nishikawa, B. Kang, K. Takano, M. Hangyo, and M. Nakajima, **Opt. Lett.** 40, 4456 (2015). doi: 10.1364/OL.40.004456 査読有り
 7. “誘電体メタマテリアルを用いたテラヘルツ波吸収体の作製”, 花井研一郎, 高野恵介, 宮丸文章, 中嶋誠, **光アライアンス**, 12, 34-37 (2015). (in Japanese). 査読無し
 8. “Dispersion, spatial growth rate, and start current of a Cherenkov free-electron laser with negative-index material” Y. Wang, Y. Wei, D. Li, K. Takano, M. Nakajima, X. Jiang, X. Tang, X. Shi, Y. Gong, J. Feng, and S. Miyamoto, **Phys. Plasma**, 22, 083111-1-7 (2015). doi:10.1063/1.4928089 査読有り
 9. “Turnover of Exciton Spin States in CdTe/Cd_{0.88}Mn_{0.12}Te Quantum Wells” S. Kamimura, A. Date, M. Nakajima, G. Karczewski, T. Wojtowicz, J. Kossut, T. Tsuchiya, and H. Mino, **Journal of the Physical Society of Japan**, 84, 104704 (2015). doi:10.7566/JPSJ.84.104704 査読有り
 10. “Trapping waves with terahertz metamaterial absorber based on isotropic Mie resonators” R. Yahiaoui, K. Hanai, K. Takano, T. Nishida, F. Miyamaru, M. Nakajima, and M. Hangyo, **Optics Letters** 40, 3197 (2015). [DOI:10.1364/OL.40.003197] 査読有り
 11. “Dynamics of photoinduced change of magnetoanisotropy parameter in orthoferrites probed with terahertz

excited coherent spin precession”
K. Yamaguchi, T. Kurihara, H. Watanabe, M. Nakajima, and T. Suemoto,
Physical Review B 92, 064404 (2015).
[DOI:10.1103/PhysRevB.92.064404] 査読有り

12. “Enhanced spin-precession dynamics in a spin-metamaterial coupled resonator observed in terahertz time-domain measurements”
T. Kurihara, K. Nakamura, K. Yamaguchi, Y. Sekine, Y. Saito, M. Nakajima, K. Oto, H. Watanabe, and T. Suemoto,
Physical Review B 90, 144408 (2014).
[DOI:10.1103/PhysRevB.90.144408] 査読有り

13. “High-frequency millimeter wave absorption of indium-substituted γ -Fe₂O₃ spherical nanoparticles”
M. Yoshikiyo, A. Namai, M. Nakajima, K. Yamaguchi, T. Suemoto, and S. Ohkoshi,
Journal of Applied Physics 115, 172613 (2014). [doi:10.1063/1.4870168] 査読有り

14. “Terahertz Time-Domain Observation of Spin Reorientation in Orthoferrite ErFeO₃ through Magnetic Free Induction Decay”
K. Yamaguchi, T. Kurihara, Y. Minami, M. Nakajima, and T. Suemoto,
Physical Review Letters 110, 137204 (2013).
[DOI:10.1103/PhysRevLett.110.137204] 査読有り

15. “Mechanism of enhanced optical second-harmonic generation in the conducting pyrochlore-type Pb₂Ir₂O_{7-x}”
Y. Hirata, M. Nakajima, Y. Nomura, H. Tajima, Y. Matsushita, K. Asoh, Y. Kiuchi, A.G. Eguiluz, R. Arita, T. Suemoto, and K. Ohgushi,
Physical Review Letters 110, 187402 (2013).
[DOI: 10.1103/PhysRevLett.110.187402] 査読有り

16. “Access to hole dynamics in graphite by femtosecond luminescence and photoemission spectroscopy”
T. Suemoto, S. Sakaki, M. Nakajima, Y. Ishida, and S. Shin,
Physical Review B 87, 224302 (2013).
[doi:10.1103/PhysRevB.87.224302] 査読有り

17. “Longitudinal THz wave generation from an air plasma filament induced by a femtosecond laser”
Y. Minami, T. Kurihara, K. Yamaguchi, M. Nakajima, and T. Suemoto,
Appleid Physiscs Letters 102, 151106 (2013). [doi: 10.1063/1.4802482] 査読有り

18. “High-power THz wave generation in plasma induced by polarization adjusted

two-color laser pulses”
Y. Minami, T. Kurihara, K. Yamaguchi, M. Nakajima, and T. Suemoto,
Appleid Physiscs Letters 102, 041105 (2013). [doi:10.1063/1.4789773] 査読有り

19. “Dielectric Probe for Scattering-type Terahertz Scanning Near-field Optical Microscopy”
T. Kurihara, K. Yamaguchi, H. Watanabe, M. Nakajima, and T. Suemoto,
Appleid Physiscs Letters 103, 151105 (2013). [doi:10.1063/1.4824496] 査読有り

20. “Development of a High Resolution and Wide Band Terahertz Spectrometer based on a 1 μ m-Band External Cavity Diode Laser”
K. Kitahara, K. Oto, M. Nakajima, and K. Muro
Review of Scientific Instruments 84, 126102 (2013). [doi: 10.1063/1.4842275] 査読有り

21. “The synthesis of rhodium substituted ϵ -iron oxide exhibiting super high frequency natural resonance”
A. Namai, M. Yoshikiyo, S. Umeda, T. Yoshida, T. Miyazaki, M. Nakajima, K. Yamaguchi, T. Suemoto, and S. Ohkoshi,
Journal of Materials Chemistry C 1, 5200-5206 (2013). [doi: 10.1039/C3TC30805G] 査読有り

22. “Probing of local structures of thermal and photoinduced phases in rubidium manganese hexacyanoferrate by resonant Raman spectroscopy”
R. Fukaya, A. Asahara, S. Ishige, M. Nakajima, H. Tokoro, S. Ohkoshi, and T. Suemoto,
Journal of Chemical Physics 139, 084303 (2013). [doi: 10.1063/1.4818809] 査読有り

[学会発表] (計 85 件) 内主要なもの 33 件

1. “ErFeO₃ の THz 誘起スピン再配列相転移初期過程におけるドメイン生成メカニズム”, 日本物理学会 第 71 回年次大会, 21pBH-5 (2016. 3. 19-22, 東北学院大学), 栗原貴之, 渡邊浩, 軽部修太郎, 音賢一, 大谷義近, 中嶋誠, 末元徹.

2. (招待講演) “スピンドイナミクスと磁気秩序の高強度テラヘルツ磁場による制御”, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 19p-H135-7, (2016. 3. 19-22, 東京工業大学) 栗原 貴之、末元 徹、中嶋 誠.

3. “High Frequency Accuracy CW THz Spectroscopy System using External Cavity Feedback”, Keiichi Ando, Yuma Iizuka, Kenichi Oto, Kiyofumi Muro, Makoto Nakajima, The 1st Symposium of Chiral Molecular Science & Technology in Chiba

University -Advanced Materials Science, Biology & Nanophotonics in Chiba, 2016. 2. 29-3. 1 (Chiba, Japan).

4. (招待講演) “Terahertz-Field-Induced Break Down in Metal Particles”, M. Nakajima, Y. Tadokoro, K. Takano, and M. Hangyo, The EMN (Energy, Materials and Nanotechnology) Hong Kong Meeting 2015, A48 (Dec. 11, Proceedings P152), Dec. 9-12, 2015 (Hong Kong).

5. “Evaluation of fluctuations in two-dimensional electron system in quantum Hall regime by magneto-optical Kerr effect” K. Oto, Ajou-Chiba University Symposium, 2015/12/11-12 (韓国 2015/12/11).

6. (国際光年記念ポスター賞) “ErFeO₃における光誘起スピン再配列相転移ドメインのTHz 近接磁場による制御” 日本物理学会第70回年次大会 2015年秋(関西大学, 2015. 9. 16-19), 18pPSA-55, 栗原貴之, 渡邊浩, 関根雄大, 斎藤友未, 中嶋誠, 音賢一, 末元徹.

7. “相補構造を用いた磁場増強効果” 第76回応用物理学会秋季学術講演会(名古屋国際会議場, 2015. 9. 13-9. 16), 14p-PA7-8, 黒宮章太, 中嶋誠.

8. (招待講演) “Application of Terahertz field enhancement effect in metal microstructures”, M. Nakajima, Y. Tadokoro, K. Takano, T. Kurihara, K. Yamaguchi, H. Watanabe, K. Oto, T. Suemoto, and M. Hangyo, The Second International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT2015), TuP2. 2, (Sep. 1), Aug. 30-Sep. 2, . 2015 (Hamamatsu, Japan).

9. “High Frequency Accurasy CW THz Spectroscopy System using External Cavity Feedback”, K. Ando, Y. Iizuka, K. Oto, K. Muro, and M. Nakajima, The Second International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT2015), Pos1. 09, (Aug. 31), Aug. 30-Sep. 2, . 2015 (Hamamatsu, Japan).

10. “Terahertz wave responses in two-dimensional metal mesh metamaterial with laser-cut structure”, M. Nakajima, Y. Sekine, Y. Saito, Y. Okui, KANG Boyoung, K. Takano, K. Oto, and M. Hangyo, The Second International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT2015), Pos1. 27, (Aug. 31), Aug. 30-Sep. 2, . 2015 (Hamamatsu, Japan).

11. “Terahertz magnetic control of spin orientation during the laser-induced spin reorientation transition in orthoferrites using split-ring resonator”, T. Kurihara, H. Watanabe, Y. Sekine, Y. Saito, M. Nakajima, K. Oto, and T. Suemoto, The Second International Symposium on

Frontiers in THz Technology (FTT2015), Pos1. 29, (Aug. 31), Aug. 30-Sep. 2, . 2015 (Hamamatsu, Japan).

12. “High Effective Generation And Detection Of THz Waves Using A Laser Chaos And A Super-focusing With Metal V-grooved Waveguides”, F. Kuwashima, T. Shirao, T. Kishibata, Y. Akamine, N. Iwao, M. Ooi, M. Tani, K. Kurihara, K. Yamamoto, T. Nagashima, M. Nakajima, and M. Hangyo, IRMMW-THz2015, Aug. 25, 2015 (Hong Kong).

13. (招待講演) “Ultrafast spin spectroscopy for rare-earth orthoferrites and orthochromites by THz pulses”, M. Nakajima, The 11th Conference on Lasers and ElectroOptics Pacific Rim (CLEO-PR 2015), 27B2-3, Aug. 24-28, 2015 (BEXCO, Busan, Korea).

14. “Study of terahertz field induced coherer”, M. Nakajima, Y. Tadokoro, K. Takano, and M. Hangyo, the Nonlinear Optics 2015 Conference (NLO2015), NTh2B6, Jul. 26-31, 2015 (Kauai, United States).

15. (招待講演) “The Improvement of the THz Imager based on a Cholesteric Liquid Crystal via Metamaterial”, B. Kang, Y. Tadokoro, T. Nishikawa, K. Takano, M. Hangyo and M. Nakajima, 5th Japan-Korea Metamaterial forum, Invited9 (Jun. 29), Jun. 29- Jul. 1, 2015 (Seoul, Korea).

16. “ErCrO₃におけるテラヘルツ帯吸収スペクトルの温度依存性” 日本物理学会 第70回年次大会 2015年春(早稲田大学, 2015. 3. 21-24), 23pPSA-46, 久住裕貴, 音賢一, 大杉克磨, 関谷隆夫, 中嶋誠.

17. “カットを入れた2次元金属メッシュ型テラヘルツメタマテリアルによる偏光変化の観測” 日本物理学会 第70回年次大会 2015年春(早稲田大学, 2015. 3. 21-24), 21pCN-15, 関根雄大, 斎藤友未, 奥井雄一郎, B. Kang, 高野恵介, 萩行正憲, 音賢一, 中嶋誠.

18. “外部共振器を用いた高周波数確度CWテラヘルツ分光システムの開発” 日本応用物理学会 第62回応用物理学会春季学術講演会 2015年春(東海大学, 2015. 3. 11-14), (11p-P3-17), 関飯塚 悠円、安藤 慶一、音賢一、室 清文、中嶋誠.

19. (招待講演) “Terahertz spin spectroscopy by impulsive excitation of THz magnetic field”, M. Nakajima, 2015 International Symposium on Advanced Materials and Optoelectronics, Jan. 27, 2015 (Saga University, Saga, Japan).

20. (光物性研究会奨励賞) “サブ波長アルミニウム粒子集合体におけるテラヘルツ電場誘起絶縁/伝導転移” 第25回光物性研究会(神戸大学, 2014. 12. 12-13), (II B-72) 田所 譲、西川智啓、高野恵介、中嶋誠、萩行正憲.

21. (ポスター賞(優秀賞)) “誘電体球を用いたテラヘルツ波吸収体の提案” 応用物理学会関西支部 第二回講演会 「シミュレーションが先導するエレクトロニクス・フォトンクス研究」, (神戸大学, 2014. 11. 12), 花井研一郎、高野恵介、宮丸文章、中嶋誠、萩行正憲、R. Yahiaoui.

22. (招待講演) “Observation and control of spin dynamics by impulsive magnetic fields of terahertz radiation”, T. Suemoto, K. Yamaguchi, T. Kurihara, K. Nakamura, H. Watanabe, T. Kato, K. Oto, and M. Nakajima, Fujihara Seminar: Real-time Dynamics of Physical Phenomena and Manipulation by External Fields, Sep. 23-27, 2014, (Hokkaido, Japan).

23. “Interactive Magnetic Coupling Between Spin Precession And Split-ring Resonator In The Terahertz Frequency”, T. Kurihara, K. Yamaguchi, K. Nakamura, Y. Sekine, K. Oto, Y. Saito, M. Nakajima, H. Watanabe, and T. Suemoto, The 39th International Conference on Infrared, Millimeter and THz Waves (IRMMW-THz 2014), R3/C-32.7 (Sep. 18), September 14-19, 2014, Tucson, Arizona, USA.

24. “オルソフェライト ErFeO_3 における長寿命スピン共鳴と変調現象の観測” 日本物理学会 秋季大会 2014 年秋(中部大学, 2014. 9. 7-10), 7aAJ-7, 渡邊浩, 山口啓太, 栗原貴之, 中村圭太, 中嶋誠, 加藤岳生, 末元徹.

25. (招待講演) “Electromagnetic Properties of Nearly Self-Complementary Metasurfaces at Terahertz Frequency” K. Takano, Y. Tanaka, A. Chahadih, A. Ghaddar, X.-L. Han, F. Vaurette, T. Akalin, M. Nakajima, and M. Hangyo The 8th International Conference on Photonics & Applications (ICPA-8) (Da Nang, Vietnam, Aug. 12-16, 2014). A-07.

26. “Beating of Terahertz Pulse Induced Spin Precession in ErFeO_3 ”, K. Yamaguchi, T. Kurihara, H. Watanabe, M. Nakajima, T. Kato and T. Suemoto, 19th International Conference on Ultrafast Phenomena (UP 2014), Pos2.33 (Jul. 8), Jul. 7-11, 2014, Okinawa, Japan.

27. “THz 領域におけるリング共振器を用いたオルソフェライト磁気共鳴の観測” 日本物理学会 第69回年次大会 2014年春(東海大学, 2014. 3. 27-30), 27aCK-2, 栗原貴之, 中村圭太, 山口啓太, 関根雄大, 齋藤友未, 音賢一, 中嶋誠, 渡邊浩, 末元徹.

28. (招待講演) “テラヘルツ波パルスによるスピン分光” 先端光量子科学アライアンス (APSA) セミナー (慶應大学, 2014. 3. 1) 中嶋誠.

29. (招待講演) “超短光パルス励起テラヘルツ電磁波による超高速スピン分光” テラヘ

ルツ波科学技術と産業開拓第 182 委員会 研究会 (大阪大学中之島センター, 2014. 1. 30) 中嶋誠.

30. “誘電体探針による THz 近接場効果の観測” 日本物理学会 秋季大会 2013 年秋(徳島大学, 2013. 9. 25-28), 28aDA-3, 栗原貴之, 山口啓太, 渡邊浩, 中嶋誠, 末元徹.

31. “弱強磁性共鳴周波数の弱磁場誘起大規模シフトのテラヘルツ分光による観測” 日本物理学会 秋季大会 2013 年秋(徳島大学, 2013. 9. 25-28), 25pDB-2, 山口啓太, 栗原貴之, 中嶋誠, 末元徹.

32. “2次元金属メッシュフィルムのテラヘルツ時間領域分光測定” 日本応用物理学会 第 73 回応用物理学会秋季学術講演会 2013 年秋 (同志社大学, 2012. 3. 15-18), (16p-P1-21), 関根雄大, 大城亮介, 久住裕貴, 齋藤友未, 奥井雄一郎, 高野恵介, 萩行正憲, 音賢一, 中嶋誠.

33. “狭線幅スペクトルの測定に向けた高分解能 CW テラヘルツ分光システムの開発” 日本応用物理学会 第 73 回応用物理学会秋季学術講演会 2013 年秋 (同志社大学, 2012. 3. 15-18), (16p-P1-11), 北原憲, 中嶋誠, 音賢一, 室清文.

[図書] (計 0 件)

なし

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

なし

○取得状況 (計 0 件)

なし

[その他]

ホームページ

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中嶋 誠 (NAKAJIMA MAKOTO)

大阪大学・レーザーエネルギー学研究センター・准教授

研究者番号：40361662

(2) 研究分担者

音 賢一 (OTO KEN-ICHI)

千葉大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：30263198

(3) 連携研究者

末元 徹 (SUEMOTO TOHRU)

東京大学・物性研究所・教授

研究者番号：50134052