

補助事業番号 2021M-187
補助事業名 2021年度 生体材料評価のための磁性体超薄膜による波長限界を超えた
テラヘルツイメージングシステムの開発 補助事業
補助事業者名 大阪大学・中嶋 誠

1 研究の概要

磁性体超薄膜による高強度のテラヘルツ光源を開発し、その光源を利用して、波長限界を遥かに超えるテラヘルツイメージングシステムの開発を実施する。

2 研究の目的と背景

テラヘルツ分光は、物質の同定など高いポテンシャルを有しながら、その波長の大きさの制限により、高空間分解能が困難な欠点があった。本研究では、新テラヘルツ光源の開発をブレークスルーの突破口とし、新光源による新規のテラヘルツイメージングシステムの開発を行うことを目的としている。磁性体超薄膜光源は新しいテラヘルツ光源であり、既存のテラヘルツ光源を超える高いポテンシャルを有する。高強度化や大口径化などは、この光源の特長をさらに伸ばし、高空間分解能のテラヘルツイメージング測定に適したテラヘルツ光源の開発を実施する。開発した高空間分解能テラヘルツイメージングシステムにより生体材料の分光測定、イメージング測定を実施する。

3 研究内容

新規テラヘルツ光源の開発では、作製する磁性体超薄膜の高品質化を実施した。膜厚制御の高精度化、同じ膜厚条件での高強度化が達成できた。さらに、厚みの最適化や新規の構造・ITO構造を導入することにより、当初の10倍以上の高強度化に成功した。さらに、イメージングでの利用に向けて、単結晶基板でなく、ガラス基板をもちいて、高品質な磁性体超薄膜の開発を実施した。この結果、大口径化と高強度化を両立するテラヘルツ光源の開発に成功し、直径10cmの磁性体超薄膜光源の開発に成功した。磁性体超薄膜をテラヘルツ光源として、近接場型のテラヘルツイメージングシステムの構築を行った。購入したフェムト秒パルスレーザーや高精度の自動XYステージを用いて、テラヘルツイメージングシステムの作製を行った。種々のイメージング測定に対応する計測プログラムの開発も実施した。磁性体超薄膜に微細加工技術により、分解能評価チャートを作製し、システムの空間分解能の評価を行った。空間分解能 $3\mu\text{m}$ と、波長の $1/100$ 程度の高い空間分解能を得ることに成功した。回折限界とくらべても100倍もの高空間分解能化に成功したことになる。本システムをもちいて、シュウ酸カルシウム水和物のテラヘルツイメージング分光を行い、水和物の空間分布の違いを評価することに成功した。

(1) 生体材料評価のための磁性体超薄膜による波長限界を超えたテラヘルツイメージングシステムの開発

(URL) <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/thz/nak/researchJ.html>

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

テラヘルツ波分光、物質の指紋領域を調査する分光方法であり、物質の同定等に強い威力を発揮する。高分子材料の同定等が期待され、生体材料や医薬品等の評価や、作製時のツールとして利用されることが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで我々はテラヘルツ光源の開発やテラヘルツ分光の研究を行ってきたが、今回新たに磁性体超薄膜テラヘルツ光源の高いポテンシャルを見出し、その光源の高強度化および近接場テラヘルツイメージングへの応用が非常に有意義であることに気づいた。回折限界を遥かに超える高い空間分解能と、分光における周波数依存の情報の取得と両立可能なシステムとなりうる。生体材料にむけて強力な分光システムであり、高分子・低分子材料の同定や、材料の空間分布の検出を得ることが可能となった。今後は、生体材料、医薬品材料の時空間ダイナミクス計測を実施していく。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

発表論文

“Optimum Excitation Wavelength and Photon Energy Threshold for Spintronic Terahertz Emission from Fe/Pt Bilayer”, V. K. Mag-usara, M. C. Escano, C. E. Petoukhoff, G. Torosyan, L. S. J. Madeo, J. Afalla, M. L. Talara, J. E. Muldera, H. Kitahara, D. R. Bacon, M. Nakajima, K. Dani, E. Th. Papaioannou, R. Beigang, and M. Tani, *iScience*, accepted (2022).

他に論文投稿中

“Development of High Intensity Spintronic Terahertz Emitter with ITO and Microsheet Glass Structure” Taiyo Matsunaga, Valynn Katrine Mag-usara, Kohei Ejiri, Shoei Tetsukawa, Shuang Liu, Verdad C. Agulto, Shojiro Nishitani, Mikihiko Nishitani, Masashi Yoshimura, and Makoto Nakajima.

学会発表

1. “Pt/Fe On Plano-convex Glass Substrate As A Terahertz Emitter With Built-in Focusing Lens For Spintronic Terahertz Radiation”, V.K. Mag-usara, S. Tetsukawa, S. Liu, V.C. Agulto, M. Nishitani, M. Tani, M. Nakajima, 46th International Conference

on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2021) Aug. 29– Sep. 3 2021, (WE-P0-79 5103232, 9/1), (Online conference).

2. “Spintronic Terahertz Emission And Magnetic Anisotropy Of Epitaxial Platinum Heterostructures On MgO(110) Substrate”, S. Tetsukawa, V. K. Mag-usara, V. Agulto, M. Kohda, R. Thompson, H. Gamou, Y. Du, S. Karube, M. Tani, M. Asakawa, M. Nakajima, 46th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2021) Aug. 29– Sep. 3 2021, (WE-P0-59 5103571, 9/1), (Online conference).

3. “Pt/Fe Heterostructure on Plano-convex Glass Lens Substrate as a Self-focusing Spintronic Terahertz Emitter Device”, V. K. Magusara, S. Tetsukawa, S. Liu, V. Agulto, M. Nishitani, M. Tani, M. Nakajima, JSAP-OSA Joint Symposia 2021 [Oral, 12p-N405-8], 2021.9.10-13, (Online), (Optical Society of America, 2021),

4. “Azimuthal angle dependence of terahertz emission intensity for the epitaxial magnetic heterostructure”, M. Nakajima, T. Shoei, Liu Shuang, T. Matsunaga, V. Mag-usara, V. Agulto, M. Kohda, T. Ryan, H. Gamou, Y. Du, S. Karube, J. Nitta, M. Asakawa, and M. Tani, JSAP-OSA Joint Symposia 2021 [Oral, 12p-N405-7], 2021.9.10-13, (Online), (Optical Society of America, 2021).

5. “ITO構造を利用した磁性体超薄膜テラヘルツ光源の高強度化”, 第69回日本応用物理学会春季学術講演会, (口頭発表、3/25, 25p-D315-7) (Hybrid, 青山学院大学, 2022.3.22-26), 松永 大陽, 江尻 宏平, 劉 爽, 鐵川 憧英, V. K. Mag-usara, V. C. Agulto, 西谷 彰二郎, 西谷 幹彦, 吉村 政志, 中嶋 誠.

知財・特許

(1) 発明の名称：テラヘルツ光源

出願番号：特願 2022- 27276

出願日：2022年2月24日

発明者：中嶋 誠、西谷幹彦、松永大陽、V. K. Mag-usara、V. C. Agulto

出願人：国立大学法人大阪大学

(2) 発明の名称：撮像装置および撮像システム

出願番号：特願2023-6180

出願日：2023年1月18日

発明者：有川安信, 中嶋誠, 渡部平司, 志村考功, 江藤剛治, 廣瀬裕

出願人：国立大学法人大阪大学

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

現在成果については、論文掲載前の情報が多く、掲載後に作成予定である。現在は未作成の状態である。

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 大阪大学レーザー科学研究所

(オオサカダイガクレーザーカガクケンキュウジョ)

住 所： 〒565-0871

大阪府吹田市山田丘2-6

担 当 者： 役職名 准教授 (ジュンキョウジュ)

担 当 部 署： UPグループ (UPグループ)

E - m a i l： nakajima.makoto.ile@osaka-u.ac.jp

U R L： <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/this/>