

川瀬独立主幹研究ユニット

Kawase Initiative Research Unit

独立主幹研究員 川瀬 晃 道

KAWASE, Kodo

電波と光波の境界領域にある 0.1~100 THz の周波数領域（波長が 3 mm~3 μ m）は、未開拓な電磁波スペクトル空間であり物性物理学、応用物理学、生命科学等の研究分野において新たな現象の発見あるいは革新的な応用をもたらす可能性がきわめて高い。我々が仙台 PDC において開発に成功した卓上型広帯域波長可変テラヘルツ（THz）光源が昨年 5 月に新聞報道された際、問い合わせの殆どが THz イメージングの可能性に関するものであった。世界的にも X 線に変わる安全な THz イメージングの重要性が指摘されており、国際間協力に基づく複数の大規模プロジェクト研究が強力に推進され始めている。THz イメージングの実用化にとって最大の技術課題は二次元検出素子であり、まだ誰も実現していないが、イメージ情報技術開発室（清水裕彦室長）では STJ 素子による THz 帯超高感度二次元検出器作成技術を有している。この技術と我々の光源を融合した THz イメージングシステムを構築することで、未開拓の THz 波応用技術を開発・確立することが可能であり、様々な応用分野での優位性を確固たるものにできる。

この理研が有する 2 つのキーデバイス「THz 波パラメトリック光源」および「超高感度超伝導二次元検出器」は、いずれも他所の追随を許さない独自技術である。前者は、室温動作する唯一の卓上型広帯域波長可変 THz 光源であり、後者は THz 波帯で未だ実現されていない二次元検出素子である。これらの融合によって世界初の二次元 THz イメージングシステムを実現することはまさに理研の独創性を示すことにほかならない。欧米で研究が進められている THz イメージングは（二次元検出素子が存在しないため）1 点計測でサンプルを二次元にスキャンする方式であり、画像測定に長時間を要する。

他方、我々が提案している THz-OCT（Optical Coherence Tomography）は全く新しい断層イメージング技術であるが、THz-OCT に要求される広いスペクトル幅と適度なコヒーレンス性を兼ね備えた THz 光源は従来存在しなかった。我々の THz 波パラメトリック光源（光注入 OFF 時）は OCT に最適であるため独創的な研究が可能となる。

なお、当研究ユニットの独立主幹研究員には 10 月 1 日付で川瀬晃道が着任した。実験室改修が 2 月に終了し、現在実験環境を立ち上げているところであり、下記には研究計画を記す。

1. 超高感度二次元 THz 波イメージングシステム（大谷，川瀬）

テラヘルツ波（THz 波）はその発生・検出ともに困難なため、従来 THz 波を用いた科学・産業応用は未開拓の領域であった。中でも、THz 波帯の簡便な広帯域波長可変光源および二次元検出器は様々な応用が期待されているにもかかわらず

ず従来存在しなかった。我々は卓上サイズかつ室温動作の光注入型 THz 波パラメトリック発生器の開発に世界で初めて成功し、フーリエ限界の狭スペクトル（100 MHz）、広帯域波長可変性（波長 110~460 μ m）および高出力（300 mW）を得ている。また、イメージ情報技術開発室の清水室長らは THz 波二次元検出器として期待される超伝導トンネル接合素子の世界レベルの開発技術も有している。そこでこれらの要素技術をさらに高度化しつつ、両者を融合したテラヘルツ波イメージングシステムの構築を目指す。なお、当面の開発段階において STJ の波長感度域に合った BWO 光源（後進波管）も用いる予定である。また、THz 波パラメトリック光源の広帯域波長可変性を活かした差分型イメージング（Differential Imaging）により測定対象の抽出が可能である。これらのシステムは、X 線に代わる人体に安全な非破壊検査（半導体部品など）や、放射線損傷の全く無い生体組織イメージングによる医学応用（DNA 診断・がん診断など）といった広い分野での応用を拓くものである。

2. THz-OCT（Optical Coherence Tomography）イメージングシステム（水野，川瀬）

光波帯において OCT が網膜や皮膚の鮮明な断層像撮影を可能にしたように、THz 波帯においても OCT 技術は極めて有用であると考えられる。OCT 用光源に求められるのはコヒーレンス長の短さ、すなわちスペクトル線幅の広さであるが、我々の THz 波パラメトリック光源は光注入を行わない場合、光注入時の 1 万倍以上のスペクトル幅（>1 THz）を発生できる。このため、深さ方向の 100 ミクロンオーダーの分解能が得られるとともに、光注入の ON/OFF によって断層像撮影と分光情報の同時計測も可能となる。THz-OCT イメージングシステムの開発により、皮膚がんの早期発見、火傷深さ診断などの医療応用を目指す。

Research Subjects and Members of Kawase Initiative Research Unit

- 2-Dimensional THz-Imaging System
- THz-OCT System

Head

Dr. Kodo KAWASE

Members

Dr. Chiko OTANI

Ms. Maya MIZUNO

誌 上 発 表 Publications

【雑誌】

(原著論文) *印は査読制度がある論文誌

- Sato A., Kawase K., Minamide H., Wada S., and Ito H.: "A tabletop terahertz-wave parametric generator using a diode-pumped solid-state laser", *Trends Opt. Photonics Ser.* **50**, 456–460 (2001).
- Kawase K., Minamide H., Imai K., Shikata J., and Ito H.: "Injection-seeded terahertz-wave parametric generator with wide tunability", *Appl. Phys. Lett.* **80**, 195–197 (2002). *
- Kawase K., Shikata J., and Ito H.: "Terahertz wave parametric source", *J. Phys. D* **34**, R1–R14 (2002). *
- Shikata J., Kawase K., Taniuchi T., and Ito H.: "Fourier-transform spectrometer with a terahertz-wave parametric generator", *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, 134–138 (2002). *
- 川瀬晃道, 四方潤一, 今井一宏, 伊藤弘昌: "光注入型 THz 波パラメトリック発生器", *レーザー研究* **29**, 452–456 (2001). *
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 佐藤篤, 伊藤弘昌: "連続周波数可変リング型 THz 波パラメトリック発振器", *レーザー研究* **29**, 744–748 (2001). *
- 四方潤一, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "テラヘルツ波の発生と制御 (招待論文)", *電子情報通信学会論文誌 C* **85**, 52–63 (2002). *
- (総 説)
- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "テラフォトリクス光源: 波長可変 THz 波の発生と応用可能性", *応用物理* **71**, 167–172 (2002).
- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "テラヘルツ波小型発生器の開発", *自動車技術* **56**, No. 3, pp. 79–80 (2002).

口 頭 発 表 Oral Presentations

(国際会議等)

- Imai K., Kawase K., and Ito H.: "Frequency-agile terahertz-wave parametric oscillator/generator", 9th Int. Conf. on Terahertz Electronics, (University of Virginia), Charlottesville, USA, Oct. (2001).
- Ito H., Imai K., and Kawase K.: "Injection-seeded THz-wave parametric generator with 100MHz linewidth (invited)", 9th Int. Conf. on Terahertz Electronics, Charlottesville, USA, Oct. (2001).
- Kawase K., Minamide H., Imai K., and Ito H.: "THz spectroscopic system using injection seeded THz-wave parametric generator (IS-TPG)", 1st Int. Conf. on Biomedical Imaging and Sensing Applications of THz Technology (BISAT2001), Leeds, UK, Nov.–Dec. (2001).
- Ito H., Taniuchi T., and Kawase K.: "Tunable terahertz

wave generation and its applications (invited)", 5th Int. Symp. on Contemporary Photonics Technology (CPT 2002), Tokyo, Jan. (2002).

(国内会議)

- 南出泰亜, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "実用的な広帯域連続周波数可変テラヘルツ波光源の開発", 日本化学会第 40 回 ESR 討論会, 大阪, 10 月 (2001).
- 佐々木雄三, Avetisyan Y., 平間淳司, 中村孝一郎, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "周期分極反転 LiNbO₃ を用いた表面 THz 差周波発生", 応用物理学会東北支部第 56 回学術講演会, 米沢, 12 月 (2001).
- 池田一昭, 滝澤慶之, 奥隆之, 安達智宏, 酒井健二, 佐藤広海, 大谷知行, 清水裕彦: "自由曲面多層膜スーパーミラーによる中性子光学素子の開発 (1)", 日本中性子科学会第 1 回年会, 仙台, 12 月 (2001).
- 奥隆之, 安達智宏, 酒井健二, 滝澤慶之, 池田一昭, 大谷知行, 佐藤広海, 清水裕彦, 鈴木淳市, 古坂道弘, 鬼柳善明: "中性子光学素子の開発と応用", 日本中性子科学会第 1 回年会, 仙台, 12 月 (2001).
- 川瀬晃道: "THz 波イメージングの展望", 理研シンポジウム「超伝導検出器の開発と応用」(第 3 回 STJ Workshop), 和光, 1 月 (2002).
- 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "広帯域波長可変 THz 光源とそのイメージングへの応用可能性", 学術創成研究第 1 回フロン工学研究会, 仙台, 2 月 (2002).
- 池田一昭, 滝澤慶之, 奥隆之, 安達智宏, 鈴木春, 佐藤広海, 大谷知行, 清水裕彦, 酒井健二: "自由曲面多層膜スーパーミラーによる中性子光学素子の開発 I", 日本物理学会第 57 回年次大会, 滋賀県草津, 3 月 (2002).
- 水津光司, Komine H., Haidar S., 宇佐美威, 中村孝一郎, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "PPLN-共振器内差周波混合法を用いた 35 THz 帯波長可変光源の開発", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3 月 (2002).
- 佐々木雄三, Avetisyan Y., 平間淳司, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "PPLN を用いた差周波混合による表面放射型 THz 波発生", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3 月 (2002).
- 今井一宏, 佐藤篤, 南出泰亜, 川瀬晃道, 伊藤弘昌: "全固体波長可変 THz 波パラメトリック発生器", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3 月 (2002).
- 南出泰亜, 川瀬晃道, 今井一宏, 伊藤弘昌: "単色周波数可変 THz 波光源によるイメージング", 第 49 回応用物理学関係連合講演会, 平塚, 3 月 (2002).
- 志岐成友, 大谷知行, 佐藤広海, 滝澤慶之, 池田一昭, 池田時浩, 奥隆之, 川井和彦, 清水裕彦, 宮坂浩正, 森嶋隆裕, 渡辺博, 有吉誠一郎, 仲川博, 赤穂博司, 青柳昌宏, 田井野徹: "超伝導トンネル接合素子を用いた近赤外～可視～紫外～極端紫外域の一光子分光検出器の開発 (III)", 日本天文学会 2002 年春季年会, 水戸, 3 月 (2002).