

平成 24 年度 委託研究  
「THz ギャップを埋める実時間 THz カメラの  
研究開発」  
研究計画書

### 1. 研究開発課題

『THz ギャップを埋める実時間 THz カメラの研究開発』

### 2. 研究開発の目的

高温の粉塵や煙が大量に発生する災害現場やセキュリティ分野で役立つ携帯型実時間 THz カメラを開発し、その実用性実証を行うことを目的とする。今回、従来の THz カメラの感度が低下する 2THz 以下で高感度化を図ると共に画素数を向上させ、0.25THz 帯で動作する海外製品カメラより空間分解能が良いカメラの開発を行うことにより、災害現場での状況把握やセキュリティ分野等の現場で使い易く、且つ良く見えるカメラシステムの構築に資する。

### 3. 採択件数、研究開発期間及び予算

採択件数：1 件

研究開発期間：契約締結日から平成 26 年度までの 3 年間。

予算：平成 24 年度は総額 100 百万円を上限とする。

提案の予算額の調整を行ったうえで採択する場合がある。

なお、平成 25 年度以降は対前年度比で 6%削減した金額を上限として提案を行うこと。

### 4. 研究開発の到達目標

現状の国産 THz カメラに搭載したボロメータ型 THz アレイセンサの感度領域は、約 100THz~2.4THz の周波数範囲であり、非冷却センサとしては THz 帯において世界最高感度を達成している。非冷却 THz カメラの感度領域を、2.4THz からより低周波領域に延ばすため、新規画素構造の設計とプロセス開発を行い、画素数 640x480 のボロメータ型アレイセンサを試作する。

試作するセンサの感度やセンサを組み込んだカメラのサイズと消費電力の目標値を提案で具体的に示すこと。目標値は、下記の条件を満たすこと。

センサの感度 (ノイズ等価電力)	3THz で約 0.08pW/Hz <sup>1/2</sup> 以下 2THz で約 0.08pW/Hz <sup>1/2</sup> 以下
センサを組み込んだカメラの 筐体サイズ (レンズ等の光学系を含む)	アクティブイメージング用 THz カメラ (外部照明を必要とする場合) : 約 50cm 高 x 45cm 幅 x 50cm 長以下、 パッシブイメージング用 THz カメラ : 約 9cm 高 x 9cm 幅 x 20cm 長以下
消費電力	アクティブイメージング用 THz カメラ : 約 8W 以下 パッシブイメージング用 THz カメラ : 約 8W 以下

提案では、開発するカメラを用いた、想定されるカメラシステムの具体的なアプリケーションやその優位性についても記述すること。

また、同センサを搭載した携帯型 THz カメラや画像信号処理技術等の開発を行い、疑似災害現場または模擬セキュリティ現場でデモ実験を行うことにより実用性を実証する。最終年度末までに技術評価のために試作したアクティブイメージング用 THz カメラとパッシブイメージング用 THz カメラそれぞれ 1 台（合計 2 台）を機構の自主研究に納入すること。

## 5. 研究開発の運営管理及び評価について

THz イメージングシステムを構築する上で、THz 光源と THz カメラの組合せは不可欠である。情報通信研究機構（以下、「機構」という。）の自主研究（未来 ICT 研究所 超高周波 ICT 研究室）では、小型 THz 光源で最もパワーが出る量子カスケードレーザーを研究開発しているが、これらはデバイスの特性上、回折パターンが発生し、画像化の観点で解決すべき点がある。このため、本研究開発の実現に当り、光学系等の工夫により回折パターンを相殺する技術を、機構の自主研究と連携を取って開発していく。

また、平成 26 年度に終了評価を行う。

## 6. 参考

以上述べてきた研究開発課題を解決することにより、広視野・高感度で低周波まで感度のある携帯型 THz カメラが実現される。それにより、災害現場に対する効率の高い状況把握やセキュリティ分野（衣服の下の隠匿物の効率的な検知、封筒内の禁止薬物の発見等）に貢献することができ、国民の安心・安全を確保することが可能となる。また他分野への応用として、医療・創薬のようなバイオメディカル分野にも貢献できると考えられる。このように THz カメラによるイメージング技術の開発は、社会的に大きく貢献できると考えられる。

尚、米欧で THz の国家プロジェクトが推進されているが、わが国のような画素数の多い 2 次元アレイセンサをテーマにしたプロジェクトは存在しない<sup>\*</sup>。機構の委託研究「ICT による安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発」（平成 18～22 年度）では、非冷却型 320x240 画素で 2.4THz 以上で世界最高感度の THz カメラの開発に成功し商用化した。さらに自主研究（THz 量子カスケードレーザーの研究開発）と協力し、THz 量子カスケードレーザー光源を照明として利用した模擬火災現場でのスタンドオフイメージングデモを実施した。また「近接テラヘルツセンサシステムのための超短パルス光源の研究開発」（平成 21～23 年度）では、モノサイクル THz パルスを発生させ、広帯域 THz 分光分析が可能となる THz 時間領域分光法に資する高い制御性を持つ超短パルス光源の開発を実施している。

<sup>\*</sup>現在、THz イメージング分野では、赤外（約 100THz）から 2.4THz の領域では国内メーカーが手のひらサイズの THz カメラを開発・販売中である。電波（約 70GHz）から 0.25THz の領域では、例えば英国メーカーが大型のイメージャを製品化し、最近米国メーカーが低感度だが 0.6～1.2THz 帯の 80x64 画素-100 $\mu$ m ピッチの小

型カメラを開発した。

【周辺周波数帯のイメージャ技術開発状況】

赤外技術を利用する THz 検出技術に関して、主に 3 つのグループが開発を行っている[1-4]。これらのグループは、いずれもマイクロボロメータアレイセンサの技術を用いており、NEP(Noise Equivalent Power)の波長依存性も測定されている。それ[1]によると、アレイセンサ自身の NEP は、波長約  $3\mu\text{m}$  から  $100\mu\text{m}$  付近まで比較的平坦な波長依存性を示し、その値はテレビのフレームレートで  $20\sim 40\text{pW}$  ( $0.1\sim 0.2\text{pW}/\text{Hz}^{1/2}$ ) ほどである。しかし波長  $300\mu\text{m}$  で NEP が悪くなっている (NEP の上限値:  $2\text{nW}$  または  $10\text{pW}/\text{Hz}^{1/2}$ )。

一方、電波の技術を利用した THz 検出技術に関して、ショットキダイオードのリニアアレイを用いたヘテロダイン検出による周波数  $0.5\text{THz}$  や  $0.3\text{THz}$  のカメラ技術が発表されている[5、6]。装置は大型でフレームレートは  $3\text{Hz}$  と少し遅いが、温度分解能から NEP を見積もると約  $5\text{pW}$  と非常に良い (帯域が不明のため、NEP を  $\text{W}/\text{Hz}^{1/2}$  の単位で表すことができない)。

電波領域の高周波デバイス技術を利用して、CMOS 回路上にアンテナを形成した少画素アレイセンサも発表されている[7]。このセンサは低周波の電磁波の検出が得意であるが、 $1\text{THz}$  に向かって感度向上を図っている。 $0.7\text{THz}$  での NEP は  $100\text{pW}/\text{Hz}^{1/2}$  であり、まだ改善の余地がある。

また  $0.6\sim 1.2\text{THz}$  の広帯域アンテナ付き Sb ヘテロ構造バックワードダイオードアレイ ( $80\times 64$  画素) のものが開発されている [8] が、 $0.61\text{THz}$  で測定した感度は実用化に遠く改善の余地がある。

以上述べたように、赤外と電波の技術の両側から、 $0.5\text{THz}$  以上、 $3\text{THz}$  以下の検出技術の開発が進められている。本テーマでは、このような THz ギャップを埋めるリアルタイム THz カメラの開発に当たり、赤外からのアプローチの方が有望であると判断し、マイクロボロメータの技術を適用することを考えている。目標周波数は当面  $0.5\text{THz}$  まで届けば、大成功といえる。

$1\text{THz}$  以下の感度が向上すれば、走査機構がなくミリ波に近い小型 THz イメージャを世界で初めて実現することができ、セキュリティ用途や災害現場等の安全安心用途に貢献できると考えられる。

[1] N. Oda, Comptes Rendus Physique, Vol.11, p496 (2010).

[2] N. Oda et al., Proc. SPIE, Vol.8012, 80121B (2011).

[3] J. Meilhan et al., Proc. SPIE, Vol.8023, 80230E (2011).

[4] M. Bolduc et al., Proc. SPIE, Vol.8023, 80230C (2011).

[5] C. Mann, Proc. SPIE, Vol.6211, 62110E (2006).

[6] C. Mann, Proc. SPIE, Vol.6212, 62120W (2006).

[7] W. Knap et al., J. Infrared Milli Terahz Waves, Vol.30, p1319 (2009).

[8] D. J. Burdette et al., Proc. SPIE, Vol.8023, 80230F (2011).

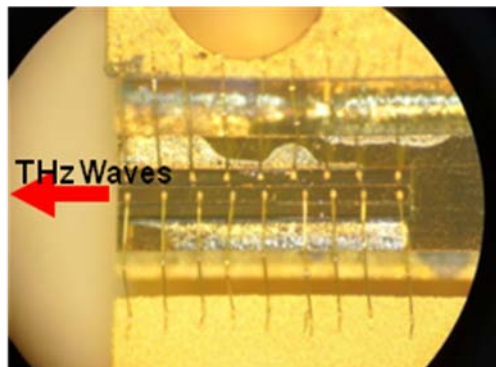
【未来 ICT 研究所超高周波 ICT 研究室における THz 光源に関する情報】

(文献情報)

N. Sekine and I. Hosako, “Design and analysis of high-performance terahertz quantum cascade lasers”, Phys. Stat. Sol. C 6 1428 (2009).

(その他の情報)

※THz 量子カスケードレーザーチップの開発例

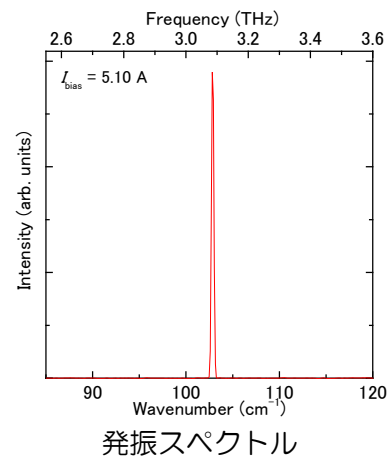
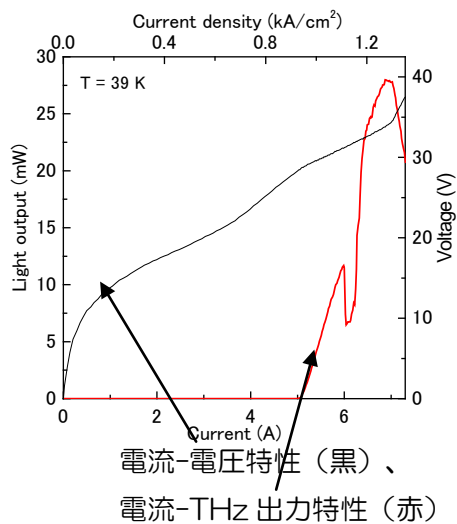


上記は GaAs/AlGaAs 系レーザーチップの光学顕微鏡写真。

共振器サイズ：3mm（長さ）×200 μm（幅）、

チップサイズ：3mm（長さ）×500 μm（幅）。

発振特性



※THz 量子カスケードレーザーを用いた液体窒素冷却の小型光源システムの開発例



臙脂色(点線円内)部分が光源本体。本体部分の大きさは直径 12cm×高さ 25cm 程度。  
液体窒素：温度 77K、調達性が高く冷却コストが低い冷媒