

浅野 種正

九州大学大学院システム情報科学研究院  
教授

## 異種機能コデザインによるテラヘルツ帯ビデオイメージングデバイスの開発

### § 1. 研究成果の概要

テラヘルツ(10 の 12 乗ヘルツ、THz と表記する)の周波数をもつ電磁波は、電波と光の中間的な性質を併せ持つため、これを感じて映像化する装置を実現できれば、例えば金属製所持品を、着衣等を透過して即座に識別できるようになるなど、安全・安心の社会の実現を大きく加速することができます。本研究開発は、テラヘルツ電磁波を超高感度で検知する受信器を開発し、それをひとつの 5mm 角程度の大きさの半導体チップ内に縦横に配列した撮像素子(イメージセンサー)を実現することを目標としています。昨年度までに、開発した受信用半導体素子が 1THz の電磁波を利用したビデオ撮影を実現するのに必要な感度を持ち得ることを実証しました。また、電磁波の入り口であるアンテナが 1THz で期待どおりの高い感度を示すことも実証しました。本年度は、撮像素子の設計に必要な受信器素子の動作モデルの構築と要素機能の集積化に関する研究を進めました。

開発した半導体受信器素子の高い感度特性を活用して撮像素子にするには、異種機能を接続して設計するための正確な動作モデルが必要です。本研究で用いる二乗検波器と呼ばれる受信器についてはこれまで、設計に適する動作モデルがありませんでした。本研究では、新しい等価回路モデルを提案し、得られる信号の素子設計パラメータとの関係を表す汎用可能な数式を導き出しました。本研究で開発した受信器素子を用いて得られた受信特性と比較した結果、素子の寸法や物性との関係を適切に表すものであることを検証しました。これにより、信号を読み出すための集積回路との接続設計が可能になりました。

受信器を配列して集積化する技術の開発では、7×8 個のアンテナと受信器素子をガラス基板上に集積化したチップを試作しました(図 1-1)。このチップについて、マイクロ波帯の電磁波で試験した結果、受信動作をすることを確認しました。一方、このチップと積層して集積化する 7×8 個の信号読み出し機能ブロックを配列したシリコン集積回路チップを設計、試作し、アナログ・デジタル変換、デジタル・アナログ変換、温度計測などの機能が動作することも確認しました。

撮像素子をカメラとして動作させるための基板設計と試作を行うとともに、動作中の温度上昇を抑えるための冷却機能を搭載したパッケージを開発するとともに、そのパッケージに撮像素子の実装が可能であることを確認しました。併せて、集積化アンテナの特長を活かしたテラヘルツ電磁波の発生源の研究を進め、0.7THzの電磁波を特定の方向に空間放射できる発生源を開発しました。

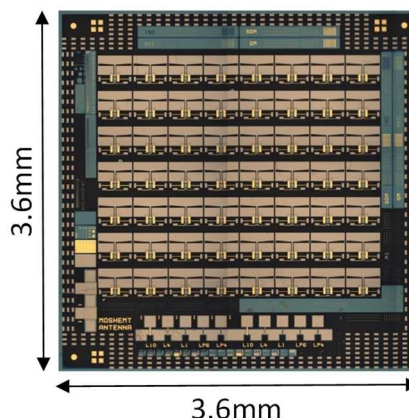


図 1-1 7×8 個に配列したアンテナ集積受信器チップ

【代表的な論文】

1.Y. Miyaji, H. Kanaya, T. Asano, "Design and Characterization of One-Sided Directional Slot Antenna for 1 THz Waves", Proc, 2018 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation & USNC/URSI National Radio Science Meeting, pp. 809 - 810 (2018).

2.H. Kojima, D. Kido, H. Kanaya, H. Ishii, T. Maeda, E. Kume, M. Ogura, and T. Asano, "Highly sensitive terahertz-wave arrayed detector using InAs-HEMT on glass for video-imaging application," Proc. SPIE 10917, Terahertz, RF, Millimeter, and Submillimeter-Wave Technology and Applications XII, (2019).

## § 2. 研究実施体制

### (1) 九大グループ

- ① 研究代表者: 浅野 種正 (九州大学大学院システム情報科学研究院、教授)
- ② 研究項目
  - ・アレイ型テラヘルツ検知デバイスの研究

### (2) 産総研グループ

- ① 主たる共同研究者: 前田 辰郎 (産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門、研究主幹)
- ② 研究項目
  - ・テラヘルツ検知用半導体ナノ素材・素子の研究

### (3) 東大グループ

- ① 主たる共同研究者: 池田 誠 (東京大学大学院工学系研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・テラヘルツイメージング集積回路の研究

### (4) IR スペックグループ

- ① 主たる共同研究者: 小倉 睦郎 (アイアールスペック(株)、技術部長)
- ② 研究項目
  - ・テラヘルツカメラシステムの開発