

「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」
平成 26 年度採択研究代表者

H28 年度 実績報告書

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 (国立研究開発法人産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門、主任研究員)
- 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式会社、技術部長)
- ② 研究項目
 - ・テラヘルツカメラシステムの開発

§ 2. 研究実施の概要

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。本年度は、開発中の半導体を検波素子に用いて1THzの電磁波を検知できることを実証することを主目標に開発を進めました。

テラヘルツ波の入り口となるアンテナについては、前年度に開発した高感度平面アンテナをさらに発展させ、受信可能な周波数の幅を拡大した構造を考案しました。検波素子は、アンテナで受信した電波の大きさに比例した電気信号を作り出す役割を果たし、イメージングデバイスの心臓部に当たります。理論的には、電子が高速で動く半導体材料を微細にすることで感度を高められます。本研究では、代表的な半導体素子であるシリコン素子に比べ5倍以上の速度で電子が移動可能な半導体素子を、テラヘルツ電磁波の損失の少ないガラス基板上に作製する技術を新たに開発しました。さらにこの素子を用いて試験検波器を作製して検証した結果、周波数が1THzの電磁波を検知することに成功しました(図2-1)。周波数1THzは、電波の技術と光の技術の狭間にあり、発生も検知も技術的に最も難しい電磁波です。イメージングに応用するまでには感度をさらに高める必要がありますが、世界の最先端を行く成果と言うことができます。さらに感度を高めるための素子特性を理論と実験の両面から追求しています。

検波素子からの出力信号の大きさを知ることができたので、その信号を読み出す集積回路の設計を具体的に進めることができました。絵素(ピクセル)ごとにアナログ信号の増幅とデジタル信号への変換を行うことができる回路を7×8に配列した読み出し集積回路を設計・試作しました。

これらを実装する技術については、先鋭形状のマイクロ電極を無電解めっきに自己停止機能を付与した技術を前年度に開発できましたが、その制御性を向上させる知見を得ることができました。カメラシステムの開発に必要な光学系については、特殊な高分子材料を用いて可視光とテラヘルツ波の両方で焦点位置を同じにできるレンズを製作できることを検証し、1THzの電磁波を用いて機械走査方式で封筒内の金属片を撮像できることを示しました。

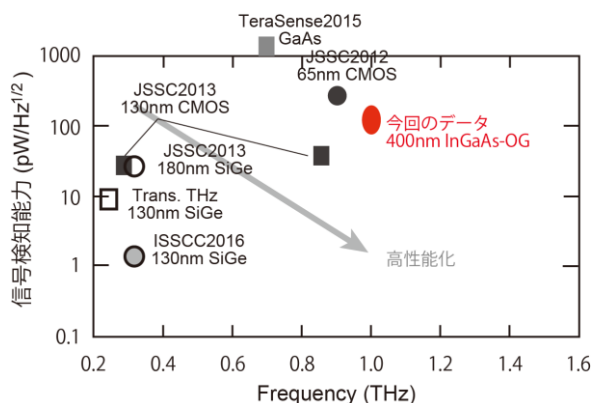


図 2-1 本研究で開発した半導体検波素子の性能と世界の研究成果との比較

○代表的な論文

1. E. Kume, H. Ishii, H. Hattori, W-H. Chang, M. Ogura, H. Kanaya, T. Asano and T. Maeda, "InAs MOS-HEMT power detector for 1.0 THz on quartz glass", Proc. 2017 IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing Conference, ISBN 978-1-5090-4659-1, p. 196 (2017).
2. K. Sekiguchi, Y. Mukai, Y. Miyaji, A. Ikeda, H. Kanaya and T. Asano, "Investigation of sensitivity of square-law detectors for radio wave imaging", Proc. Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Application of Advanced Semiconductor Devices, pp. 247-250, 2016.
3. H. Kanaya, M. Koga, K. Tsugami, G.C. Eu and K. Kato, "4x4 planar array antenna on indium phosphide substrate for 0.3-THz band application", Proc. SPIE Photonics West 2017, pp.101031N1-101031N6, 2017.