

# ミリ波帯パッシブイメージセンサに関する研究 (042202006)

## Development of Passive Millimeter-wave Imaging Sensors

### 研究代表者

水野 皓司 東北大学

Koji Mizuno, Tohoku University

### 研究分担者

佐藤 弘康<sup>†</sup> 廣瀬 達哉<sup>††</sup> 佐藤 優<sup>††</sup> 多木 俊裕<sup>††</sup>  
Hiroyasu Sato<sup>†</sup> Tatsuya Hirose<sup>††</sup> Masaru Sato<sup>††</sup> Toshihiro Ohki<sup>††</sup>  
<sup>†</sup>東北大学 <sup>††</sup>富士通株式会社  
<sup>†</sup>Tohoku University <sup>††</sup>Fujitsu Ltd.

研究期間 平成 16 年度～平成 20 年度

### 概要

本研究開発は、物体自身が放射する熱放射スペクトルのうちミリ波帯（35GHz、94GHz 帯）における信号を受信して物体の高精度な画像情報を得るための高速・超小型撮像システムを構築する目的で遂行された。本研究は、東北大学と富士通株式会社の 2 機関において行われたが、その役割分担および成果は次のようになっている。東北大学においては、独自の小型広帯域平面アンテナ（フェルミアンテナ）の設計開発を中心に、ミリ波光学系、および画像取得法などを含む全体のシステム構成について、主に 35GHz 帯を用いて研究を行い、ミリ波イメージングシステムの基本技術および応用分野を明らかにした。富士通株式会社では、空間分解能をより高める目的で 94GHz 帯パッシブイメージセンサ用の受信器集積回路（MMIC）の試作・開発を中心に進め、世界最高性能をもつ低雑音・高利得特性を実現し、さらに東北大学にて開発されたシステム構成法を応用して 94GHz 帯の高分解能イメージングシステムを構築することに成功した。

### Abstract

The object of this research is to develop passive millimeter-wave imaging systems. This research has been performed at two organizations, Tohoku University and Fujitsu Limited. At Tohoku University fundamental technologies for the system have been studied using the 35 GHz band and successfully developed using the Fermi antenna proposed there, and also some promising applications of the mm-wave imaging technologies have been presented. At Fujitsu Limited 94 GHz band LNA (Low Noise Amplifier) with the world wide best performance has been successfully developed and high-resolution imaging system using this LNA has been developed.

## 1. まえがき

近年、ミリ波帯を利用したパッシブイメージセンサの研究開発が活発化している。パッシブイメージセンサとは物体が放射する熱放射（黒体放射）スペクトルのうちミリ波帯における信号を受信してその画像情報を得る、いわばミリ波を利用したカメラである。特徴として、電波を利用しているため光や赤外線カメラでは視認できない環境（煙、霧、壁越し）でも利用ができ、セキュリティ、防災、ITS、医療用途への適用が期待されている。

東北大学においては、ミリ波イメージングシステムの基本技術、アンテナおよびレンズの最適設計の確立について主に 35GHz 帯を用いて研究を行った。富士通株式会社では装置の小型化、空間分解能の向上をめざし 94GHz 帯パッシブイメージセンサの開発を行った。以下に具体的な成果について報告する。

## 2. 研究内容及び成果

図 1 にパッシブイメージセンサの概念図を示す。レンズの結面に受信器アレイを配置し、物体の 2 次元画像を取得している。高分解能の画像を高速で取得するためには (1) 受信器を高密度にアレイ化し、(2) 1 画素あたりの画像取得時間（積分時間）の短縮をはかる必要がある。以下にアレイ化が可能なアンテナ設計技術と、超低雑音受信器 MMIC の開発について述べる。

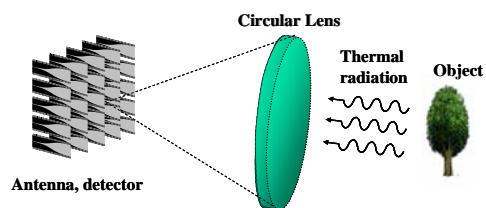


図 1 ミリ波イメージングの概念図

### 2-1 アンテナの開発

アンテナを高密度に配置した際に、まず考慮すべきはアンテナ間の結合である。フェルミアンテナの基板端にコルゲーション構造をつけた場合と、それが無い構造のアンテナの相互結合をシミュレーションにより求めた（図 2）。これにより、コルゲーション構造を用いることにより、相互結合が大幅に（約 10dB）低減できることが明らかになった。

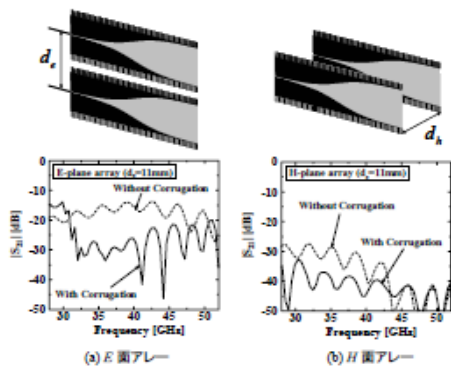


図2 2素子フェルミアンテナの素子間相互結合

## 2-2 低雑音増幅器 MMIC の開発

94GHz 帯ミリ波センサを構築するにあたり、InP HEMT を用いた高利得・低雑音増幅器を開発した。一般的に、増幅器の利得を高くすると動作が不安定になり、最悪の場合は発振してしまう。特に 94GHz のような高周波では基板を介して帰還してしまうため 30dB 以上の利得をもつ増幅器は実現できなかった。我々は帰還電力を減衰させる新しい構造を提案し、低雑音・高利得増幅器を実現させた。図 3 に試作した 94GHz 帯低雑音増幅器 MMIC のチップ写真および利得・雑音指数の周波数特性を示す。80-100GHz の帯域において、利得が 30dB 以上、雑音指数は 3.0~3.5 である。

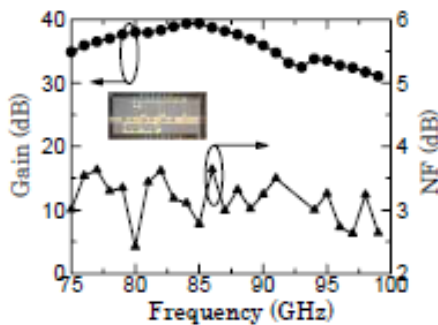


図3 試作した低雑音増幅器 MMIC の利得・雑音特性

## 2-3 ミリ波イメージングセンサ

本プロジェクトで開発したミリ波イメージセンサを用いて取得したミリ波画像(35GHz 帯、94GHz 帯)を示す。図 4 は炎を透して観測した人物のミリ波画像である。ミリ波画像は炎があっても、通常時とほぼ同様の画像が得ることができ、レスキュー活動への支援が期待できる。図 5 では衣服に隠匿した危険物を検知できており、セキュリティ分野への適用が見込まれる。

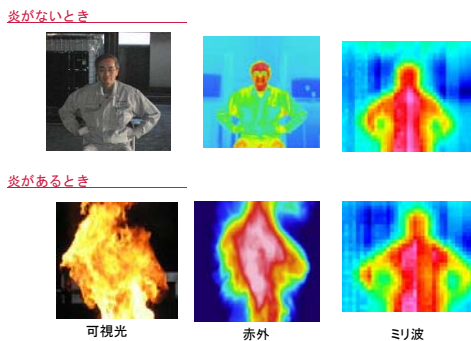


図4 炎を透して観測した人物(35GHz 帯)

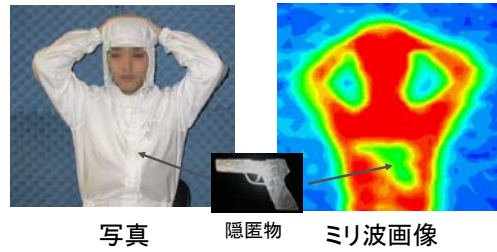


図5 衣服中に金属を隠匿した人物(94GHz 帯)

## 3. むすび

本研究開発では 35GHz 帯、94GHz 帯を利用したパッシブイメージセンサの開発を行った。またイメージング動作を通して応用分野を開拓したことは非常に大きな成果であると考えている。特にセキュリティ分野への応用は、今後世界的にきわめて重要になることが予想されている。今後もミリ波パッシブイメージセンサに関する研究開発は継続して行っていく予定である。

### 【誌上发表リスト】

- [1] K. Mizuno, H. Matono, Y. Wagatsuma, H. Sato, and Y. Yamanaka, "New Applications of Millimeter-Wave Incoherent Imaging", IEEE International Microwave Symposium, (2005年6月15日)
- [2] 佐藤 弘康、澤谷 邦男、我妻 壽彦、水野 皓司、"コルゲート構造付フェルミアンテナの広帯域 FDTD 解析"、電子情報通信学会論文誌 (B) Vol.J88-B No.9 pp1682-1692 (2005年9月)
- [3] M. Sato, H. Sato, T. Hirose, T. Ohki, T. Takahashi, K. Makiyama, H. Kobayashi, K. Sawaya, and K. Mizuno, "Compact receiver module for an 94 GHz band passive millimetre-wave imager", IET Microw. Antennas Propag., Vol.2, No. 8, pp. 848-853 (2008年12月)

### 【申請特許リスト】

- [1] 佐藤 優、ミリ波撮像装置、日本、2005年3月15日
- [2] 水野 皓司、澤谷 邦男、佐藤 弘康、我妻 壽彦、広帯域フェルミアンテナの設計方法及び設計プログラム、日本、2006年12月15日
- [3] 佐藤 優、受信装置及び信号処理システム、日本、2008年3月27日

### 【登録特許リスト】

- [1] Masaru Sato, PLANAR ANTENNA AND RADIO APPARATUS、アメリカ、2005年2月22日、2006年9月5日、7102582

### 【受賞リスト】

- [1] 佐藤 優、学術奨励賞、"94GHz 帯パッシブイメージセンサの開発"、2007年3月21日

### 【報道発表リスト】

- [1] "炎の向こうカメラで「透視」"、日本経済新聞、2006年8月25日
- [2] "透視、実用化まであと一歩"、朝日新聞、2007年2月1日
- [3] "「ミリ波」を画像化"、日刊工業新聞、2007年6月7日

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- <http://www.riec.tohoku.ac.jp/lab/broadband/index-j.html>  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2007/06/7-3.html>