

平成24年度研究開発成果概要書

THzギャップを埋める実時間THzカメラの研究開発（16401）

副題 THzアレイセンサ・カメラの感度の低周波化と多画素化

（1）研究開発の目的

高温の粉塵や煙が発生する災害現場で倒れた人を捜索する場合や衣服中の隠匿物・封筒内の薬物等を捜す場合、透過性の高いテラヘルツ（THz）波を検出するカメラを開発すると便利である。

本研究開発（平成24年度から26年度）では、このような分野で役立つハンディTHzカメラを開発し、その実用性を実証することを目的とする。現状の技術では、85GHzや0.25または0.5THzのセキュリティ用途のカメラは走査機構を必要としており大型である。一方、現状のリアルタイムのハンディTHzカメラの感度は2THz以下で感度が低下する。そこで0.5～2THzの周波数領域でアレイセンサの高感度化を図り、走査機構のないリアルタイムのハンディTHzカメラを開発することを目的とする。それにより、災害現場やセキュリティの分野において使い易い装置を社会に提供することができる。

（2）研究開発期間

平成24年度から平成26年度（3年間）

（3）委託先

日本電気株式会社

（4）研究開発予算（百万円単位切上げ）

| | |
|--------|-----------|
| 平成24年度 | 100（契約金額） |
| 平成25年度 | 94（ 〃 ） |
| 平成26年度 | 89（ 〃 ） |

（5）研究開発課題と担当

課題ア：THzギャップを埋める実時間THzカメラの研究開発

1. THzアレイセンサの低周波数化・多画素化の技術開発
2. THzカメラの開発とアレイセンサの評価
3. 模擬災害または模擬セキュリティの状況下でのカメラの実証実験

(6) これまで得られた研究開発成果

| | | (累計) 件 | (当該年度) 件 |
|------|---------|--------|----------|
| 特許出願 | 国内出願 | 1 | 1 |
| | 外国出願 | 0 | 0 |
| 外部発表 | 研究論文 | 0 | 0 |
| | その他研究発表 | 1 | 1 |
| | プレスリリース | 0 | 0 |
| | 展示会 | 2 | 2 |
| | 標準化提案 | 0 | 0 |

具体的な成果

- (1) THzアレイセンサの素子構造は図2左図(素子断面)に示す様に、反射膜とTHz吸収膜との間(干渉長)で、THz波を干渉・吸収する構造としている。検知特性をより低周波化、高感度化するためには、干渉長をより長く(高く)する必要がある。平成24年度の研究開発では、図2右図に示す様に、反射膜上に誘電体膜を追加する画素構造を開発し、干渉長を長くした。この結果、約2.5 THzでの感度が従来型の約2.5倍とすることに成功した。また、約0.6 THzにおいても感度が従来よりも向上し、干渉長を長くした事によりセンサ感度域が低周波化することを確認した。

試作プロセスとしては、反射膜上の誘電体に信号を通すための穴(コンタクトホール)を開けて、そこに電極を埋め込む工夫をした。しかし、誘電体へのコンタクトホール加工や埋め込んだ電極の耐熱性などの課題も明らかになった。

- (2) VGA(640×480画素)ーTHzカメラの要素技術開発(筐体設計除く)が完了した。当社既存製品であるQVGA(320ー240画素)ーTHzカメラに比べデータ量が4倍に増加し、データ転送エラーが発生しやすくなる。これを抑制するため、インタフェース部及び内部データ処理の見直しを行った。その結果、開発したVGAーTHzカメラではビューア画面に映像を途切れることなく表示することができた(図3左図、検証は640×480画素、赤外線センサを使用)。

カメラシステム全体で高性能化するためには、センサの感度向上だけでなく、光学系(レンズ)の性能を上げる必要がある。そこで、より多くのTHz波を集める事のできる、“明るい”(F/0.7)レンズを、320×240画素パッシブカメラ用に開発した(図3中央図)。新規画素構造THzセンサ(センサ窓反射防止コーティングをパッシブ検出用に最適化したもの)と組み合わせ、従来パッシブ画像に比べ画質を大幅に改善することができた(図3右図)。

- (3) 本研究開発の最終年度に行う実証実験についてモデル計算を行った。模擬災害と模擬セキュリティの状況下においては、光源部から発射されたTHz波が空気と煙の中（セキュリティの場合、煙なし）を伝播し対象物で反射され、再び煙の中と空気を伝播して検出部に到達するという想定をした。検出部のアレイセンサ各画素へ到達するTHz波の入射パワーを計算し、対象物と背景の反射率の差と入射パワーの関係を求めた（図4）。その結果、模擬災害の実証実験の場合、対象物と背景の入射パワーの差が非常に小さくコントラストが小さいため、遥かにチャレンジングであることが分った。

(7) 研究開発イメージ図

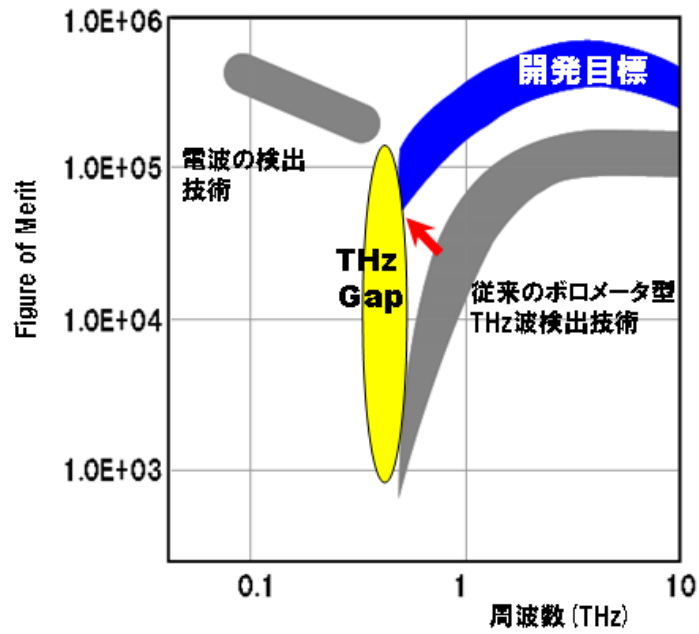


図1 研究開発目標のイメージ

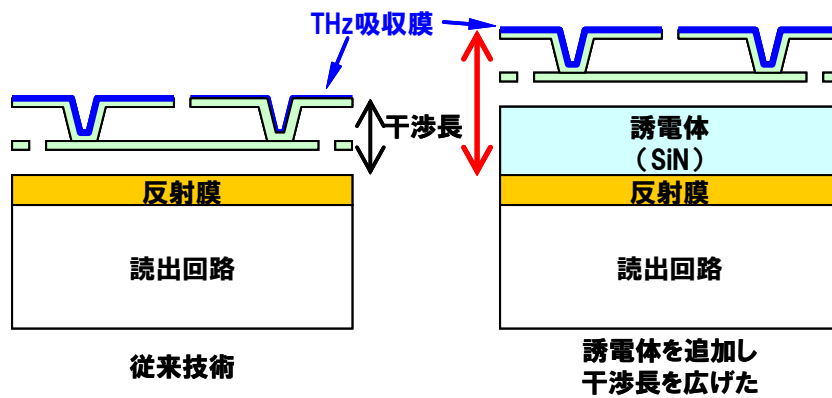


図2 THzセンサアレイの低周波化・高感度化



図3 VGA-THzカメラの開発と、高集光レンズの開発

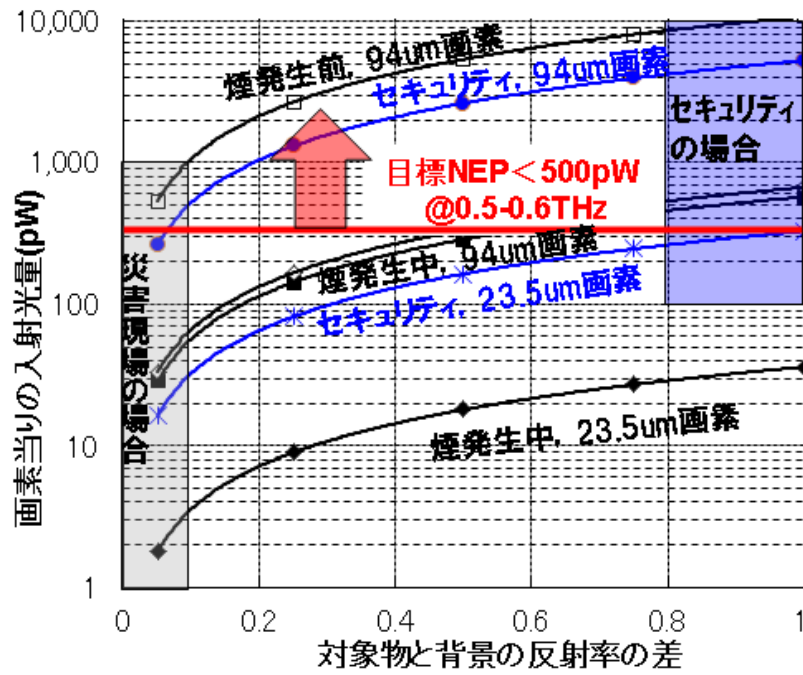


図4 模擬実験下でのモデル計算結果

平成24年度「THzギャップを埋める実時間THzカメラの研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

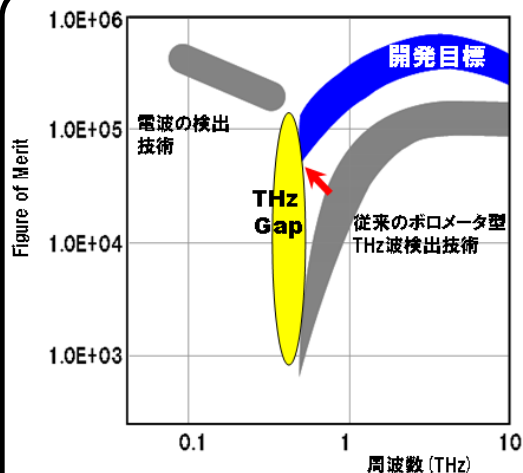
- ◆実施機関 日本電気株式会社
- ◆研究開発期間 平成24年度から平成26年度(3年間)
- ◆研究開発予算 総額283百万円(平成24年度100百万円)

2. 研究開発の目標

災害現場やセキュリティ分野で役立つハンディTHzカメラを開発し、その実用性を実証することを目的とする。現状の技術では、85GHzや0.25または0.5THzのセキュリティ用途のカメラは走査機構を必要としており大型である。一方、現状のリアルタイムのハンディTHzカメラの感度は2THz以下で感度が低下する。つまり0.5~2THzの周波数領域には、リアルタイムのハンディTHzカメラが存在しない(カメラにとってのTHzギャップ)。この周波数領域で高感度のアレイセンサを開発すると、走査機構が不要なハンディTHzカメラを実現することができる。今回、0.5~2THzの周波数領域で高感度化を図り、走査機構の不要なリアルタイムのハンディTHzカメラを開発することにより、災害現場やセキュリティの分野において使い易い装置を社会に提供することができる。

3. 研究開発の成果

- ◆THzアレイセンサの感度を低周波数化および高感度化するための画素の設計、および画素を形成するための基本プロセスを開発。約2.5THzにおいて従来のTHzセンサに比べ約2.5倍性能が向上。さらに約0.6THzにおいても性能が向上し、開発した画素構造が低周波数化に有効であることを確認。
- ◆画素数640×480のVGA-THzカメラの要素技術を開発。データ伝送量増加による転送エラーを抑制するため、インタフェース部及び内部データ処理を見直し。VGA映像を途切れることなく表示可能。
- ◆320×240画素パッシブカメラ用のF/0.7レンズを開発。従来カメラ画像に比べ画質を大幅に改善。
- ◆模擬災害と模擬セキュリティの状況下において、対象物/背景の反射率の差と検出部での入射パワーを計算。模擬災害の方が、対象物と背景からの入射パワーの差が小さく、遥かにチャレンジング。



①THzアレイセンサの低周波数化・多画素化の技術

低周波数領域での高感度化のための基本プロセスの開発(320x240アレイセンサに適用)

②THzカメラの開発とアレイセンサの評価技術

640x480VGA-THzカメラの設計
光源用光学系の設計

③模擬災害または模擬セキュリティの状況下でのカメラの実証実験

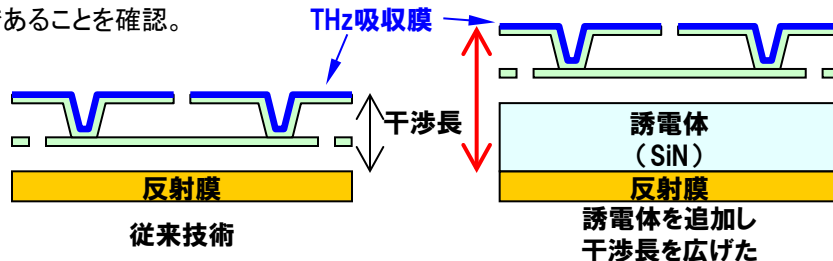
光源の選定
モデル計算による実証実験の検討

①THzアレイセンサの低周波数化・多画素化の技術

(1)低周波数化、高感度画素構造開発

THzセンサの感度を低周波数化・高感度化するため、センサ素子の反射膜上に誘電体を追加し干渉長を広げた。また、同画素構造を形成するためのプロセス開発を実施。

約2.5THzにおいて、センサ特性(雑音等価電力)が約2.5倍向上した。
約0.6THzにおいてセンサ特性が向上し、干渉長を広げることで低周波数化が可能であることを確認。



③ 模擬災害または模擬セキュリティの状況下でのカメラの実証実験

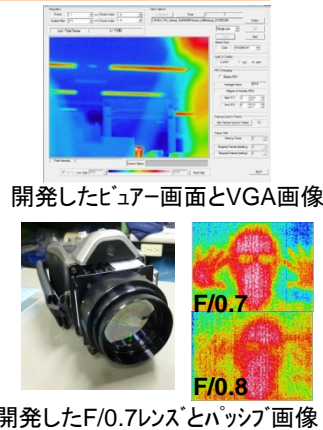
② THzカメラの開発とアレイセンサの評価技術

(1) 多画素化センサ評価カメラの開発

VGA-THzカメラの要素技術開発(筐体設計除く)を完了した。データ伝送量増加による転送エラー抑制のため、インタフェース部及び内部データ処理の見直しを行った。開発したビュー画面にVGA映像が途切れることなく表示することができた※1。 ※1:検証には赤外用640X480VGAセンサ使用

(2) パッシブカメラ用F/0.8以下の明るいレンズを開発

320X240画素パッシブカメラ用のF/0.7レンズを開発した。窓ARコーティングをパッシブ検出用に最適化したセンサと組み合わせ、従来パッシブ画像に比べ画質を大幅に改善することができた。

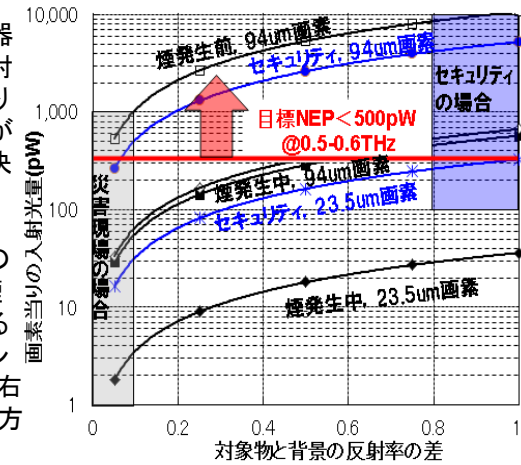


1) 0.5THzの光源の調査

0.5THzのCW光源として、Diode+増幅器+逓倍器(AMC)と後進波管(BWO)を検討した。AMCの方がパワーが1桁大きくよりコンパクト、BWOの管寿命の保証期間が100時間と短過ぎる等の点からAMCに決定した。

(2) モデル計算による実証実験の検討

光源から放射されたTHz波が空気と煙の中を伝播して反射板で反射され、再び煙の中と空気を伝播して検出部に到達するというモデルを立て、検出部のアレイセンサ各画素に入射するパワーを計算した(右図)。その結果、模擬災害の実証実験の方がチャレンジングであることが分った。



4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等) ※成果数は累計件数と()内の当該年度件数です。

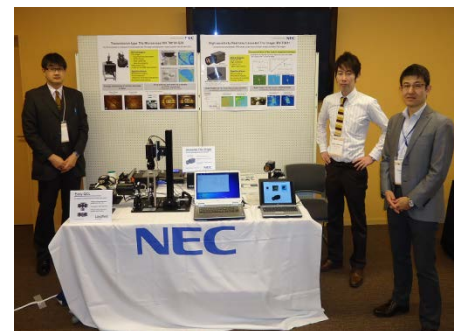
| | 国内出願 | 外国出願 | 研究論文 | その他研究発表 | プレスリリース | 展示会 | 標準化提案 |
|---------------------------|------|------|------|---------|---------|-----|-------|
| THzギャップを埋める実時間THzカメラの研究開発 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |

5. 研究成果発表会等の開催について

(1) International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT 2012) での展示

日時: 2012年11月27-29日、場所: 東大寺カルチャーセンター

前NICT委託研究の成果に基づいた当社製品のTHzカメラとTHz-QCL光源を用いて、透過型THz顕微鏡の動展示を行い、リアルタイムイメージングの到来をTHz研究者・技術者にアピールした。



(2) 電子情報通信学会 電子デバイスの講演会での展示

日時: 2012年12月17-18日、場所: 東北大学

THzカメラの静展示を行うと共に、他のメーカーが展示していた160GHz光源(5mW)を当社カメラで検出できることが分り、参加していたTHzの研究者や技術者に同カメラの幅広い周波数帯域での適用可能性をアピールすることができた。



6. 今後の研究開発計画

平成24年度の成果をもとに、画素ピッチ23.5 μm の640x480THzアレイセンサ、23.5 μm の画素を2x2画素だけ集めた94 μm ピッチの160x120THzアレイセンサの試作を行うと共に640x480THzカメラと160x120THzカメラを試作する。NEP(雑音等価パワー)として、3THzで約20pW、0.5THzで約500pWを達成する。

実証実験のためアクティブカメラの光学設計を行った後、パッシブカメラとアクティブカメラから成るデモ機を試作し、模擬災害または模擬セキュリティの状況下での実証実験を行い、その有効性を実証する。