

**研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム**  
**FS ステージ シーズ顕在化タイプ 事後評価報告書**

研究開発課題名	: テーブルトップ超高感度 THz 波検出装置の開発
プロジェクトリーダー	: 株式会社 ユニソク
所属機関	: 株式会社 ユニソク
研究責任者	: 小宮山進 (沖縄科学技術大学院大学学園)

## 1. 研究開発の目的

現状では、赤外からテラヘルツ (THz) 波領域 (波長 10–100  $\mu\text{m}$ ) の光をフォトンカウンティングレベルの超高感度検出が可能な装置は市場には存在していない。そのため、この波長領域の応用発展が大きく阻害されている。これまでに研究責任者である小宮山進は、半導体量子構造を利用した新しい原理の THz 波検出素子 (CSIP) を開発し、世界で初めて THz 波の単一光子検出に成功した。しかし、CSIP 検出素子は極低温動作 (10K 以下) と、特別な信号検出回路を必要とするため、一般ユーザの使用は困難である。そこで本提案では、赤外・THz 領域の研究・開発の発展の広汎なきっかけを作ることを目指し、CSIP 検出素子が持つ超高感度検出を一般ユーザが簡便に使用できる超高感度 THz 波検出装置の開発を目的とした。

## 2. 研究開発の概要

### ① 成果

一般ユーザの使用に供し、研究開発段階で簡便に CSIP 検出器を使用できるように、冷凍機・低温集光光学系・検出器・制御回路の全てをパッケージした、テーブルトップ超高感度 THz 波検出装置を開発する。THz 光学窓・レンズ・ピンホールを最適設計 THz 光を効率よく検出器に集光し、同時に不要な外部輻射を完全に遮蔽可能な THz 光学系を小型の機械式冷却装置に組み込んだ。さらに専用の信号処理回路と組み合わせることで、高性能の一体化型検出装置を構築した。その結果、液体寒材を取り扱うことなく、単相 100V の電源だけで動作し、かつ、従来装置に比べて桁違いの検出器感度、 $NEP=1 \times 10^{-14} \text{ W Hz}^{-1/2}$  (等価雑音入力 “Noise Equivalent Power) および  $10^8$  のダイナミックレンジを有する画期的検出装置を開発した。検出波長は 3 種類 (ピーク波長  $\sim 9, \sim 15, \sim 26 \mu\text{m}$ ) である。

研究開発目標	達成度
① THz 集光機構付き機械式冷凍容器の開発	① 機械式冷凍機による CSIP 素子の冷却と検出器の安定的な動作に成功した。電源投入後、外部からの温度監視や人為的作業の必要なしに、6 時間ほどで稼働状態が実現する。検出器光学系は極低温の金属ピンホールを通して入射した THz 光をレンズにより CSIP に集光しており、2 重のシールドにより常温の背景輻射の混入を極限まで抑制する。
② CSIP 素子の開発と感度評価: 12 $\mu\text{m}$ , 15 $\mu\text{m}$ , 20 $\mu\text{m}$ の検出波長と、実装状態での感度として $NEP=1 \times 10^{-14} \text{ W/Hz}^{1/2}$ を目指す。	② シミュレーションにより設計した GaAs ヘテロ構造結晶を MBE 成長し、電磁界シミュレーションによる最適構造の CSIP 素子をリソグラフィーにより作成

<p>③検出器駆動と冷却を含めた操作の簡便化・自動化：電源投入後稼働まで数時間。検出器速度 100 <math>\mu</math>s を目指す。</p>	<p>し、中心波長 12 <math>\mu</math>m、15 <math>\mu</math>m、26 <math>\mu</math>mの超高感度 CSIP センサ素子の開発に成功した。これらの素子で目標の全波長範囲をカバーし、かつ目標感度 (NEP)を実現した。</p> <p>③CSIP 駆動のための専用の電源・ゲートバイアス制御回路、低雑音信号増幅器、信号波形処理回路の最適化によって検出速度 &lt; 100 <math>\mu</math>s に成功した。さらに、排気・冷凍機制御を含めて、CSIP 駆動の操作を一括して操作盤に纏めることにより、電源投入後、6 時間余りでの稼働と簡便な操作を実現。</p>
---	--

## ②今後の展開

CSIP は長波長赤外・THz の領域で、圧倒的な感度を持っている。この事は、あらゆる分野でこれまで見えなかった物が見える可能性に直結している。これまでこれ程の感度を持つ検出器が存在しなかった為、様々な用途が考えられる筈である。多様なアイデアを異なるバックグラウンドを持つ人々が、異なる着想のもとで持ち寄ることで、CSIP にしか実現できないアプリケーションが出現する可能性がある。すでに、CSIP を搭載した超高感度 THz 検出器の製品化は、多くの研究者に渴望されている。今回の仕様で積極的に市場へ投入し、製品のブラッシュアップを行っていきたいと考えている。

## 3. 総合所見

目標通りの成果が得られ、イノベーション創出が期待される。

新しい原理による超高感度 THz 波検出装置を試作実証したことは評価できる。現状では、この技術を使いこなせる研究市場は極めて少なく、社会ニーズの開拓が欠かせない。困難は予想されるが、量子カスケードレーザなどの光源の展開がこのような帯域で、高感度検出と結びつくことを期待したい。