

プログラム名： ユビキタス・パワーレーザーによる安心・安全・長寿社会の実現

PM名： 佐野雄二

プロジェクト名：セキュリティ応用

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 29 年度

研究開発課題名：

非線形光学 THz 波発生検出を用いた危険ガスの高速検出

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者

南出泰亜

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

(I) 広帯域・高出力テラヘルツ波発生技術の開発

H28年度は周波数可変テラヘルツ波発生領域の広帯域化を行い、0.8THz～3.0THzを超える広帯域テラヘルツ波発生を実現してきた。そこでH29年度では、0.8THz～3.0THzの全帯域において高い信号ノイズ比を実現するためにテラヘルツ波光源の高出力化を行う。高出力テラヘルツ波発生によって、微量ガス分光計測に向けたテラヘルツ波光源に関する基盤技術を確立する。

(II) リアルタイムでの微弱（1 fJ 以下）テラヘルツ波分光検出技術の開発

H28年度はテラヘルツ波を光波に変換してテラヘルツ波信号を検出する非線形光学テラヘルツ波検出光学系を構築し、非同軸位相整合を利用したリアルタイム分光計測を行った。そこでH29年度では、テラヘルツ波検出技術の高感度化を行い、最小1fJの微弱テラヘルツ波エネルギーの検出を達成する。高感度テラヘルツ波検出技術を開発することによって、微量ガスの分光計測に向けたテラヘルツ検出に関する基盤技術を確立する。

(III) 高速（1秒以下）で1ppmレベルの複数ガスの検出技術の開発

H28年度は微量ガスの検出に向けたテラヘルツ波とガスの相互作用に関する設計を行った結果、1ppmレベルの微量ガス検出を実現できるとわかった。そこでH29年度では、研究開発項目（1）（2）の成果を一部利用しながら、微量ガスの検出に向けた試作実験光学系の構築を行い、構築したテラヘルツ波分光計測光学系の評価を行う。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

- (I) 光注入型テラヘルツ波パラメトリック発生器の高出力化として、台形型ニオブ酸リチウム結晶を用いた表面放射方式でのテラヘルツ波発生を行い、達成目標であった0.8THz～3.0THzの全帯域でパルス尖頭値1kW以上を実現した。
- (II) 高感度テラヘルツ波検出技術の確立に向けて、テラヘルツ波を光波に波長変換して変換信号光を検出する非線形光学テラヘルツ波検出光学系を構築し、最小テラヘルツ波エネルギーとして達成目標を凌駕する $2\text{aJ}(10^{-18}\text{ジュール})$ のテラヘルツ波検出を実現した。
- (III) 微量ガスの検出に向けたマルチパス光学系を構築し、混合気体中のガス検出試験として大気にメタノールを混合し分光計測を行った。最小検出濃度として達成目標以下である0.4ppmのメタノールガス検出を実現した。

2-2 成果

(I) 台形型ニオブ酸リチウム結晶を用いて標準偏差 0.1% の高安定励起光源による周波数可変テラヘルツ波発生を行った。出力テラヘルツ波周波数は外部注入型光の波長を掃引する手法で行い、当該研究年度の目標である 0.8 THz ~ 3.0 THz の範囲でパルス尖頭値 1kW 以上のテラヘルツ波発生を実現した。

(II) テラヘルツ波を光波に波長変換して変換信号光を検出する非線形光学テラヘルツ波検出光学系を構築し、励起光強度や利得媒質長などの最適化により最小テラヘルツ波検出エネルギーとして達成目標を凌駕する 2aJ (10^{-18} ジュール) のテラヘルツ波検出を実現した。

(III) 試作したマルチパス光学系による混合気体中のガス検出試験として大気にメタノールを混合し分光計測を行った。メタノールガス濃度はサンプル溶液量によって精密に制御し、分光計測を行った。結果、構築したマルチパス光学系により達成目標以下である 0.4ppm のメタノールガス検出を実現した。

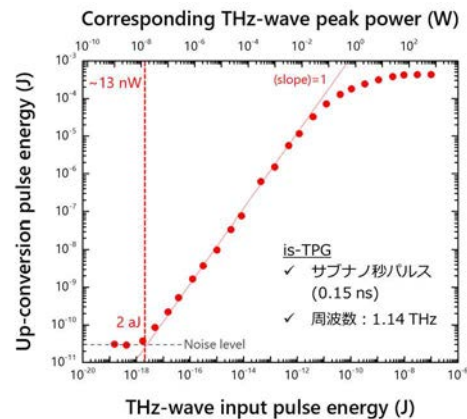


図 1. テラヘルツ波検出実験

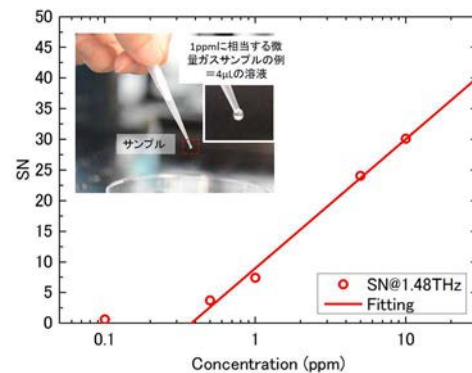


図 2. マルチパス光学実験系による検出感度評価実験

2-3 新たな課題など
特になし。

3. アウトリーチ活動報告

当研究チームでは、理研一般公開、地元の大学・高校・中学校、または会社関連の技術相談や訪問など、多くの訪問を受け対応している。これらの見学を通じて、チームの研究活動全般を説明して、積極的にテラヘルツ波技術の活用・普及・理解を深める努力を行っており、アウトリーチ活動の一環と考える。