

<p>サブテーマ名：「Yb:YAGレーザーの波長変換方の開発」 小テーマ名：「温室効果ガス計測のための近赤外単一周波数レーザーの研究」</p>
<p>サブテマリーダー（所属、役職、氏名）分子科学研究所、助教授、平等拓範 研究従事者（所属、役職氏名）福井大学、助教授、川戸栄</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 小型の単一周波数固体レーザーを励起光源とした光パラメトリック発振器(OPO)による赤外域での2周波交互発振動作を実現し、それを利用してメタンガスなどの温室効果ガスの空間密度分布状態を測定する赤外吸収画像センサの開発を目指した。</p> <p>研究の独自性・新規性 現状でのメタンガス濃度の画像検出システムは、装置が複雑、高価などの理由から実用化には至っていない。そこで、本研究では2個のスキュナを用いてレーザー光をポイントスキャンして高感度検出を行い、小型の赤外画像検出システムの実現を目指した。これらの技術は新規性と独自性が高いものである。</p> <p>研究の目標</p> <p>フェーズ：単一周波数Nd:YAGレーザーを励起光源とした光パラメトリック発振器で出力10μJ、繰り返し周波数1kHz、周波数安定度100MHz、スペクトル幅1GHz以下での2周波数発生を行う。温室効果ガスとして、メタンガスの分子濃度をポイント計測する。</p> <p>フェーズ：システムの小型化のためにリング型共振器を用いたOPOの作製を行う。また、メタンガスの濃度分布を画素数100\times100ピクセルで取得するためのスキュニングシステムの作製を行う。</p> <p>フェーズ：赤外画像検出システムの実用化を行う。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <p>フェーズ：OPOの励起光源として、波長1064nm、繰り返し周波数1kHz、パルスエネルギー350μJの単一周波数Nd:YAGレーザーの開発を行った。周波数安定化のためにエタロンを用いた周波数安定回路を作成し、共振器を構成するミラーの1枚をアクチュエータに装着して共振器長を制御して周波数安定度15MHzを実現した。</p> <p>OPOでの変換効率は22.4%で波長3.39μmのアイドラ光の最大出力は12.5μJが得られた。OPOの出力線幅はシグナル光と同じ波長の1.5μmで単一周波数のLD光（線幅16MHz）を共振器内に挿入し、インジェクションシーディングを行うことによりアイドラ光の線幅を146GHzから0.17GHzに狭窄できた。また、波長1.5μmのLDの電流値を変調することによりアイドラ光の周波数を、OPOを構成する共振器のFSR = 1.4GHzの間隔で離散的に変化させた。</p> <p>アイドラ光の波長を変化させ、メタンガスの濃度測定を行い、パルスの積算回数は$n_s = 10^3$回として、受信信号のSNR = 10^2、測定精度1%の高精度計測が実現できた。</p> <p>フェーズ：Nd:YAGレーザー(波長1064nm、パルス幅6ns、繰り返し周波数20Hz)を用いシグナル光のみを共振させるリング型OPO(SRO)を構成した。このとき3392nm付近でのアイドラ光の最大変換効率は15.7%であった。また、画像計測のために、ガルバノスキュナを2個用い、水平及び垂直方向のスキュニングシステムを構成し、光源を15\times15度（水平\times垂直）のビームスキャンを行い、散乱光の計測を行った。しかしながら、メタンガスの画像検出には至らなかった。</p>
<p>主な成果</p> <p>具体的な成果内容：</p> <ul style="list-style-type: none"> 単一周波数Nd:YAGレーザーを用いて、結晶端面を共振器としたOPOを構成した。その結果、パルス幅20ns、パルス繰り返し周波数1~10kHz、スペクトル幅175MHz、平均出力10~150mWの単一周波数化した出力が得られ、波長可変領域は1.50~1.93μmと2.36~3.68μmであった。 長光路吸収レーザーを構成して、大気中のメタン分子の濃度計測を行い、粗面散乱体をターゲットとして距離150mで平均的な大気メタン濃度1.6ppmに非常に近い1.7ppmが、信号対雑音比100、吸収量測定誤差10^{-2}、測定時間1秒で得られた。 シグナル光(1550nm)のみ共振させるリング型SROの構成で、アイドラ光最大変換効率15.7%、最

大出力8 μJを得た。

特許件数：0

論文数：0

口頭発表件数：1

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

メタンガスの画像検出を成功しているグループとしては、Sandia Nat. Lab(米)と日本ガス協会(日)が、画素数 256×182 ピクセル、フレームレート 10Hz、測定距離 ~5mを得ており、St. Andrews Uni.(英)は画素数 150×100 ピクセル、フレームレート 3Hz、測定距離 ~3mを得ている。これらの報告例では、スキャン方式をラインスキャン方式とし、高価な冷却赤外検出器を用いており、未だ実用化までには至っていない。これに対し、本研究では、スキャン方式をポイントスキャン方式とし、安価な InAs 検出器を用いる事で画素数 100×100 ピクセル、測定距離 ~5mでの計測システムの実用化を目指している。

2 実用化に向けた波及効果

他の研究機関に比べ、安価でシンプルな構成であるため十分実用化が見込まれる。また、本研究の提供技術として、遠隔地より特定気体種の平均分布濃度を測定可能であるため、メタンガスの検出だけでなく、その他CO₂やNO_xなどの検出にも応用可能であり、災害時のメタンガスの漏洩検出や地球温暖化ガスの検出、自動車の排ガス測定など十分な波及効果が期待できる。

残された課題と対応方針について

・OP0の赤外出力光をガルバノスキャナを走査させて計測し、漏洩メタンガスの高精度の画像計測を行う。その準備は整っており、近い内に実現可能な状況である。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 11	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	小計	H 11	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	小計	
人件費	0	0	0	0	208	163	371	0	0	0	0	0	0	0	371
設備費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	700	4,000	4,700	4,700
旅費	0	0	0	0	17	10	27	0	0	0	0	100	0	100	127
その他	0	0	0	0	57	37	94	0	0	0	0	0	0	0	94
小 計	0	0	0	0	282	210	492	0	0	0	0	800	4,000	4,800	5,292

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：なし

地域負担による設備：なし

複数の研究課題に共通した経費については按分する。