

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 堀 利浩

本論文は「光励起遠赤外レーザの特性改善とその応用に関する研究」と題し、波長が約 70 μm から 1.3 mm 程度にわたる遠赤外領域での室温コヒーレント光源として、目下実用化が期待される光励起遠赤外レーザ装置を対象としてその特性について研究を行ない、種々の改善を加えることによって各種応用に供し得る性能を持つ装置を完成させ、合わせて特に気体の光学的吸収計測への応用の可能性を示したものであって、8章から構成される。

第1章は「序論」であり、遠赤外領域の研究全般、特に光励起遠赤外レーザの応用分野とそれらに必要な各種条件の概要、および、本研究の位置付けと目的を述べている。

第2章は「遠赤外領域研究開発の現状と動向」と題し、本研究の背景となる遠赤外領域研究開発に関する歴史および従来の知見について述べている。

第3章は「基本特性測定用技術の開発」と題し、遠赤外レーザの特性測定に不可欠な波長計についての研究成果を述べている。遠赤外レーザは多波長発振を起こすために波長計には広波長帯域動作が要求される。本研究では従来使用されているファブリペロー干渉型波長計のミラーに、ストライプ型ミラーを新たに採用して 100 - 3000 μm の広帯域動作を可能とした。さらに、減衰法に基づいてゴーレイセルの受信強度から発振出力を簡便に測定する方法を提案し、その実用性を確認した。

第4章は「光励起遠赤外レーザの高出力化への改善」と題し、面反射と金属メッシュ反射を共用したハイブリッドミラーの研究とその結果について述べている。ハイブリッドミラーの製作には、従来、単純な形状のエッチングパターンのみが使用されてきたが、本研究では、近年進歩の著しい露光技術を用いて複雑な形状のパターンの作製を試みた。その結果、高出力特性と高指向性を併せ持つミラーを完成させることができた。また、基板に曲率をもたせ励起光の閉じ込めを強化したミラーを作製して、

出力の増大を達成した。さらに、このハイブリッドミラーを用いて種々の遠赤外レーザー媒質に対する緩衝気体の効果を試験し、蟻酸やメチルアルコールでのヘリウム添加が、出力増加に有効なことを見出した。

第5章は、「光励起遠赤外レーザー励起用 CO₂レーザーの特性測定と改善」と題し、出力安定度の測定と改善について述べている。まず光励起遠赤外レーザーの出力安定度に大きく影響を与える CO₂レーザーの周波数安定度を、電界印可中でのレーザー分子吸収曲線を利用して測定した。次に実験で得られた吸収曲線をシュタルク分裂の理論曲線に基づいて評価し、往復吸収の時に得られた信号がドップラー拡がりキャンセルされて圧力拡がりだけの吸収曲線であることを解明した。そこでこの往復吸収の時の吸収曲線特性を利用して CO₂レーザーの周波数安定度を測定し、150 - 250 kHz であることを見出した。次に、CO₂レーザーの遠赤外共振器からの戻り光の時間変動と遠赤外出力の時間変動との相関を見出し、温度変動による共振器長変化が原因であることを解明して、温度コントロールの強化による高出力安定化を実現した。

第6章は「光励起遠赤外レーザーの周波数特性の測定と改善」と題し、周波数安定度の測定とその改善について述べている。遠赤外レーザー出力とミリ波とを、ショットキーバリアダイオードを用いて周波数ミキシングして高周波信号を取り出し、これにより遠赤外レーザーの周波数特性を測定し、フィードバック制御によって安定化を試みた。その結果、周波数安定度は、本改善によって、フリーランニング時に 100 kHz 程度、安定化した時に 20 kHz 程度と数倍程度の向上を達成した。

第7章は「光励起遠赤外レーザーの周波数可変性とその応用」と題し、6章までの研究成果を総合することによって特性が改善された周波数可変遠赤外レーザーと検出システムを整備して、それを用いた気体の吸収計測を行なった結果について述べている。具体的には、遠赤外レーザー出力にショットキーバリアダイオードを用いて可変周波数で変調をかけ、可変周波数側帯波を発生させる方法を実証した。検出には、極低温動作や周波数フィルタ等を必要としないヘテロダイン検出方式を採用し、さらに、簡便な

光学系を提案して放電生成有機物分子などの高感度吸収計測が室温動作にて可能なことを原理実証した。

第8章は「結論」であり、本研究の成果を要約している。

以上要するに本論文は、波長が約 70 μm から 1.3 mm 程度にわたる遠赤外領域での室温コヒーレント光源として実用化が期待されている光励起遠赤外レーザに関して、出力特性の改善、および取り扱い性能の向上を目的とし、遠赤外レーザ出力計測装置、および周波数計測システムの性能改善を種々の新提案に基づいて成功させ、合わせて遠赤外レーザ出力の増大と周波数安定度の向上を実現させ、これらを総合することによって、遠赤外レーザの各種気体の高感度吸収計測などへの応用可能性を実証したものであって、電気工学、特に電磁波工学およびレーザ工学に貢献するところが多い。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。