

氏名(本籍)	おき だ まさ ひと (岡山県) 沖 田 昌 仁		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 4254 号		
学位授与年月日	平成 19 年 3 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	数理物質科学研究科		
学位論文題目	半導体レーザー励起 Nd : YVO ₄ 1.3μm レーザーにおける熱レンズ効果解析 とラゲールガウス光発生		
主 査	筑波大学教授	工学博士	谷田貝 豊 彦
副 査	筑波大学教授	工学博士	伊 藤 雅 英
副 査	筑波大学助教授	理学博士	服 部 利 明
副 査	千葉大学工学部助教授	工学博士	尾 松 孝 茂

論 文 の 内 容 の 要 旨

近赤外領域 (0.9~1.3μm) で発振する半導体レーザー (LD) 励起固体レーザーには、Nd イオンをドープした結晶が広く用いられており、これまで数多くの結晶が開発されてきた。中でも、従来の Nd:YAG 結晶と比べ数倍も大きい誘導放出断面積を有するバナデイト結晶が近年特に注目を集めている。この結晶は既に 1970 年代から知られていたが、当時の技術では実用に耐えうる結晶を育成する事ができなかった。近年の結晶育成技術の向上により良質な結晶が容易に入手できるようになり、実用に至っている。しかしながら、バナデイト結晶は熱伝導率が Nd:YAG と比べ小さく、熱光学効果がより顕著に現れる。熱光学効果の代表的なものに熱レンズ効果が知られているが、熱レンズ効果はレーザー発振効率の低下やビーム品質の劣化の大きな要因である。一方、近年の LD の高出力化は目覚しく、現在、シングルーバーアレイで 80W を超えるものが市販されている。こうした励起レーザー高出力化の流れの中で、レーザー結晶に発生する熱負荷を定量的に評価し、誘起される熱光学効果、特に、熱レンズ効果を考慮した共振器の設計は、レーザー開発時にますます重要になってくる。Nd ドープバナデイトレーザーは、いくつかの波長帯で発振するが、中でも 1.3μm 線は、生体計測、レーザーディスプレイ、分光計測等、様々な応用が考えられる発振波長である。

本論文は、Nd ドープバナデイトレーザー 1.3μm 動作時の熱レンズ効果の解析と、熱レンズ効果の応用についての研究である。

まず、第 2 章では、LD 励起固体レーザー技術を概観し、第 3 章では、本研究となった Nd³⁺ バナデイト結晶について特性を述べた。

第 4 章では、Nd ドープ結晶に発生する熱の主な要因と熱光学効果の中で最も重要な熱レンズ効果について述べ、さらに、熱レンズ効果が共振器の安定性にどのような影響を与えるかについて検討した。次に、本研究で熱レンズ効果の計測に用いたホログラフィック ラテラルシアリング干渉法の原理と実験結果を示した。

第 5 章では、最も構成のシンプルな端面励起レーザーにおいて、熱レンズ屈折力の定量計測と熱負荷機構解明のための蛍光分析を行った結果について述べた。蛍光分析により、レーザー発振時の熱負荷の急激な増加は、大きな量子欠損と励起準位吸収によるものであることが判明した。以上の結果から、1.3μm レーザー

動作時の熱負荷を始めて定式化出来た。

続いて、第6章では、高出力レーザー発振器である側面励起バウンスレーザーにおける熱レンズ効果について述べた。高濃度 Nd^{3+} ドープ結晶を増幅器として用いるこの系について、端面励起時と熱負荷の違いを検証し、増幅器通過時に生じる位相シフト分布を検討した結果、熱レンズ屈折力がモードサイズに依存することを見出した。

さらに第7章では、計測した熱レンズ効果から、ラゲールガウス光を発生する共振器を設計し、世界最高の出力値 7.7W を得た。この高出力ラゲールガウスビーム共振器は、これまで高出力化の障害となってきた位相光学素子を一切必要としない新しいレーザー共振器であり、Q スイッチやモードロック動作への展開も容易である。

最後に第8章では、熱負荷詳細な検討により Nd ドープバナデイトレーザーの高出力化が可能であること、またレーザー共振器ないに出来る熱レンズの制御により高出力ラゲールガウス光の発生に成功したことを述べ本研究の結論としている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、生体計測などの分野に利用が期待される Nd ドープバナデイトレーザーの高出力化に関する研究であり、特に、レーザー発振時にレーザー媒質中に発生する熱の効果によって生じる熱レンズについて、屈折力の定量的測定を独自の手法により行い、この結果と蛍光分析法の結果により励起状態での吸収効果の重要性を指摘した。また、端面励起と側面励起の両励起法に対する熱負荷解析を行い、熱レンズ屈折力がモードサイズに依存することを見出した。計測した熱レンズ効果から、ラゲールガウス光を発生する共振器を設計し、世界最高の出力値 7.7W を得た。この手法は熱に脆弱な位相光学素子を一切必要としないため、レーザートラッピングやレーザー加工などの応用分野で、高出力のラゲールガウス光が利用されることが期待される。

このように、本論文が取り扱った研究は、固体レーザーの詳細な熱負荷解析とそれを用いた特殊なビーム発生技術に関するものであるが、その研究で得られた結果は、応用物理学、生体光学、量子エレクトロニクス、精密加工など広範囲の光学関連の応用分野で極めて実用的な手段を提供するものである。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。