

審査の結果の要旨

論文提出者 氏名 今野 進

本論文は「高出力LD励起固体レーザーに関する研究」と題し、半導体レーザー励起固体レーザー及び波長変換レーザー装置の高性能化を目的として行われた研究についてまとめたものである。

本論文は5章からなる。第1章は「序章」と題し、本研究の背景、意義、目的について述べ、高出力LD励起固体レーザーに用いられる光学素子の特性と共振器設計方法について説明している。

第2章は「高出力TEM₀₀モード赤外レーザーの研究」と題し、LD励起固体レーザーによる高出力TEM₀₀モード赤外光の発生について述べられている。拡散集光器型励起部と複レンズ解消構成を採用した側面LD励起Nd:YAGレーザー発振器によって153W、増幅器構成によって206Wという開発時の連続発振光としては最大出力のTEM₀₀モード赤外光を得ている。また、フレネル積分を用いた2次元波動計算により回折の効果による出力低下を定量的に解析している。

第3章は「カスケード型構成における出力ビーム安定化構成の提案」と題し、この研究の新規性、独自性を表している。まず、カスケード型固体レーザー装置の構成および特徴が説明され、当該レーザー装置が高出力、高ビーム品質レーザー光を発生するのに適していることから産業分野に広く適用されていることが強調されている。また、固体レーザー装置におけるレーザー結晶の熱レンズ効果の影響や、従来開発されてきた熱レンズ補償構成が精密な配置と能動的制御を必要としたことなど、本研究の意義と背景が述べられている。次にカスケード型固体レーザー共振器（増幅器）内部のビーム曲率、ビーム径の励起強度に依存した変化についての解析が行われ、上記、解析に基づいて提案された新規構成が説明されている。そして、最後に100WクラスのNd:YAGレーザー発振器、増幅器構成において、本研究に提案された構成を用いることにより、出力ビームの安定性を従来装置に比べ1桁向上した結果が報告されている。

第4章は、「高出力第2高調波レーザーの研究」と題し、内部波長変換構成に基づいた高出力第2高調波Nd:YAGレーザーの開発について述べられる。序として高出力fsチタンサファイアレーザー励起用第2高調波レーザーに求められる性能が説明され、従来の第2高調波レーザー装置は集光性とパルスエネルギーが不十分であり、この要求を満たすことが開発の目的であることが述べられている。続いて100Wクラス第2高調波レーザー装置の開発について説明しており、拡散集光器型励起部と複レンズ解消構成を採用したLD励起内部波長変換Nd:YAGレーザー装置を用いて、出力138Wの第2高調波光を、電気→光効率7.9%、ビーム品質M²=10.7で得ており、100W級の第2高調波レーザー装置としては開発当時の最高の集光性を持つ。続いて、50mJクラスのレーザー装置の開発について述べられる。光学素子の損傷回避と高効率波長変換を両立する共

振器設計と擬似連続波励起方式の採用により、53mJ、1 kHz の第2高調波レーザー光を電気→光効率6%で得たことが説明されている。このパルスエネルギーは従来の内部波長変換型グリーンレーザー装置を大きく上回るものである。また、出力結合率が時間変化するQスイッチ内部波長変換レーザーをシミュレーションするため、共振器パラメータの周期的な時間変化を繰り返し計算するレート方程式に基づく計算コードを開発し、上記のレーザー装置の解析に適用した結果が説明されている。さらに、上記の第2高調波レーザーは実際にチタンサファイアレーザー励起用レーザーとして科学研究に活用されていることが述べられている。

第5章は以上の結果に対するまとめである。第2章、第4章の成果の多くは開発段階において高出力LD励起固体レーザーの分野で世界的に見ても先進的なものであり、多くの場合世界記録を更新した。また、第4章に述べられたレーザー装置は科学研究に活用されている。また、第3章に述べられた出力ビーム安定化構成は、15年以上前に提案され、広く産業分野で使用されている装置に対して新しい構成を考案した点に大きな意味がある。以上の内容からこの研究は物理工学に大きく寄与するものであり、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。