The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	半導体励起高平均出力スラブレーザーの開発
Author(s)	松本, 修
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49490
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【143】

氏　　名	松　本　　修（まつ もと おさむ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２３２５５　号
学位授与年月日	平成21年３月24日
学位授与の要件	学位規則第４条第２項該当
学　位　論　文　名	**半導体励起高平均出力スラブレーザーの開発**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　乗松　孝好 （副査） 教　授　堀池　　寛　　教　授　粟津　邦男　　教　授　猿倉　信彦

論　文　内　容　の　要　旨

大エネルギー出力レーザーは核融合開発のための炉用ドライバや新しい産業創成をめざしてさらなる大出力化の研究が行われている。大出力レーザーの開発では熱効果の低減、レーザーダメージ閾値の低減、寄生発振の抑制等が大きな課題であり、解析・評価手法の確立が急務である。本論文は、大出力ジグザグスラブレーザーシステムの開発課題と設計手法に関する研究についてまとめたものであり、10章より構成される。

第1章は緒論であり、レーザーとその応用の一つであるレーザー核融合について述べ、本研究の意義と目的を明確にした。

第2章では、レーザー媒質の選定項目と、レーザーガラスの吸収効率と実効的吸収効率についてまとめ、効率的にエネルギーを抽出するためのジグザグスラブジオメトリーの設計について述べた。第3章では、レーザー媒質内の抽出エネルギー領域をセグメント化し増幅計算式を導出する手順と出力エネルギーの見積もりについてまとめ、増幅計算手法を確立した。

第4章では、Crisp とArenbergの求めた式に訂正を加えGoos-Hänchenシフトの位相量を考慮して、レーザーガラスと冷却水の全反射面におけるレーザーダメージ閾値を与える式の導出について述べた。第5章では、レーザーガラスの入出射面に施したゾルゲル反射防止膜の設計手法、治具を利用したdip-coating法による膜作成について述べ、単層反射防止膜のレーザーダメージ閾値を与える式の導出とダメージ閾値の測定結果についてまとめた。第6章では、均一なビーム空間分布を得るために導入したセレイテッドアパーチャの設計と作製したアパーチャの評価法について検討し、考案した組み合わせセレイテッドアパーチャの回折ピークの評価実験についてまとめた。

第7章では、HALNA10レーザーシステムを構成するレーザースラブ、LDガイド、LDモジュール等の特性や動作について詳述し、システム要素の光学配置についてまとめた。第8章では、HALNA10システムを動作させ、増幅エネルギーの入出力特性、およびビームの近視野像と遠視野像を測定した結果についてまとめ、3章で導出した増幅計算式による計算結果との対比について検討した。また、スラブの温度上昇によるスラブ高さ方向の熱効果とスラブ内での発熱量の見積もりについても言及した。

第9章では2台の増幅モジュールから構成されるHALNA20レーザーシステムのレイアウト、スラブジオメトリーの設計について検討した。また、レーザースラブの寄生発振について解析を行い、寄生発振の閾値を求めた計算結果について述べた。

第10章は結論であり、得られた成果をまとめ本論文の総括を行った。

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

レーザー核融合の分野では将来のレーザー核融合発電所に必要な出力がMJクラスの単ショットベースのレーザーが米国で建設され、2011年から点火燃焼の実験がスタートしようとしている。レーザー開発で緊急の課題は発電所を運転するのに必要な高繰り返しのレーザーが建設可能であることを実証することである。

本論文の位置づけはそのような高繰り返しレーザーが建設可能であることを実証するために実機と同様の手法を用いた小型のレーザーシステムを建設し、技術的課題を明確にして将来の研究開発方針の策定に貢献するものである。主な課題は高出力化に伴う冷却の問題、増幅媒質の温度上昇に伴う熱レンズ効果の克服、発電所を経済的に運転するのに必要な10%の電気からレーザー光への変換効率の証明などである。

学位申請者は半導体励起ジグザグスラブレーザーで構成される出力10J/パルス、繰り返し10Hz、変換効率10%を目標に増幅システムを設計すると共に、光学部品の開発とそのシステム動作評価を行った。

レーザー媒質にHAP-4を採用し、ジグザグスラブ構造とレーザーダイオード励起に対応したNdのドーピング量の最適化を行った。マルチパスレーザー光路に対応するため媒質をセグメント化して増幅率を計算する手法を導出し、実機の増幅性能が設計通りであることを確認した。この評価手法はより複雑なシステムへの展開が可能な手法である。

また、高平均出力レーザーを長時間安定に運転するための無反射膜コーティングをゾルゲル法により行った。コーティング膜の損傷閾値の測定を行い理論通りの特性で有ることを示した。これにより、ゾルゲル法を導入した場合のシステム設計が可能となった。

ビーム断面周辺部における増幅媒質の損傷の原因となる回折の効果を抑えるセレイテッドアパーチャの最適化を行った。熱レンズ効果の影響を最小にするためのスペイシャルフィルターを利用した像転送系の導入を行った。

これらを導入した半導体励起ジグザグスラブレーザーHALNA10システムを開発し、レーザーダイオード52J励起に於いて8.4J／パルスの10Hz動作に成功した。10Hz動作での電気からレーザーへの変換効率は約8%であった。また1Hz動作では出力10.6Jが得られ、変換効率は約10%となった。10Hz動作での出力低下はスラブの温度不均一によるためで、補助ヒーターを導入し媒質内の温度差を減少させることにより、10Hz動作においても変換効率の目標値10%は達成可能であることを示した。

以上のように、本論文は核融合用レーザー装置が基本的に建設可能である事を示すと共に、産業用の高平均出力レーザーの設計にも指針を与えている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。