The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ジグザグスラブによるレーザー核融合炉用ドライバーの開発研究
Author(s)	川嶋, 利幸
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44465
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

氏　　名　川　嶋　利　幸（かわしま　としゆき）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　17412　号

学位授与年月日　平成15年1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　**ジグザグスラブによるレーザー核融合炉用ドライバーの開発研究**

論文審査委員　（主査）
教　授　井澤　靖和

（副査）
教　授　高橋　亮人　　助教授　山中　正宣

論文内容の要旨

本論文は、ジグザグスラブ型ガラスレーザー増幅器を用いるレーザー核融合炉用ドライバーの可能性を評価することを目的とし、小型のレーザー増幅器モジュールを試作して実験によりその性能を実証した研究の成果をまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は緒論であり、レーザー核融合発電炉用ドライバー開発の重要性について述べ、本研究の意義と目的を明確にした。

第2章では、これまでのドライバー設計において主流となっていたディスク型増幅器とジグザグスラブ型増幅器の特性を比較し、冷却性能の点からジグザグスラブ型の優位性を明らかにすると共に、水冷方式ジグザグスラブ型増幅器を用いる炉用ドライバーの概念設計とその性能を実験により実証するための小型増幅器モジュールの設計指針を明らかにした。また励起用LD、レーザー材料、レーザー増幅器、システム性能などの検証すべき研究課題を検討し、それらの達成目標値を示した。

第3章では、ジグザグスラブ型増幅器の励起に用いる2次元LDアレイの開発成果をまとめた。必要な励起強度と繰り返し動作を実現するための2次元LDアレイ積層方式と冷却方式について検討し、伝熱面積を大きくできる新しい伝導冷却構造を開発して、ピーク出力密度2.5 kW/cm^2 を実証した。これを一方向に40個並べた2次元LDアレイを製作し、入出力特性、熱的特性及び発振スペクトル特性を測定し、ジグザグスラブ型増幅器の励起用LDに要求される仕様を満たしうることを明らかにすると共に、世界最大出力110 kWを達成した。

第4章では、小型のジグザグスラブ型増幅器モジュールの開発成果をまとめた。増幅器として必要な小信号利得と蓄積エネルギー密度などを測定し、設計に用いた基本パラメータが実現可能であることを実証した。またスラブレーザー媒質内の発熱特性を解析し、最大の繰り返し動作においてもレーザー媒質の熱負荷が破壊限界値の1/3以内であり、設計値通りの動作が可能であることを示した。さらに増幅媒質であるレーザーガラスの耐水性の評価を1年以上に亘り長期的に独自に試験し、レーザーガラスに水冷方式が適用可能であることを初めて明らかにした。

第5章では、小型モジュールを用いた増幅システムとしての特性をまとめた。増幅システムは小型モジュールを4パスの前置増幅器及び4パスの主増幅器として利用するもので、光路中に光シャッター、ファラデー旋光子、空間フィルターなどの光学素子を配置するものの、基本的にはレーザー発振器1台と増幅器モジュール1台で構成した。増幅器モジュールの入出力特性をモデル計算結果と比較し、設計通りの性能が得られることを実証して、出力エネルギー8.5 Jを回折限界の2倍というビーム品質で達成した。またジグザグ光路における損失低減の方策について検討し、

さらに出力が向上可能であることを明らかにした。

第６章では、増幅器モジュールの熱効果の制御について述べた。スラブ中に誘起される熱レンズ効果、熱複屈折効果を実験とモデル解析により評価し、スラブの前後に２台のガリレオ型望遠鏡を導入することやファラデー旋光子自体の熱効果を考慮することにより、繰り返し動作においても熱効果の補償が可能であることを明らかにした。また増幅システムに導入した位相共役ミラーは、熱的に誘起された波面収差の補正に効果的であることを示した。

第７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

レーザー核融合炉の実現には、MJ 級の出力エネルギーとともに、10 Hz を越える繰り返し運転と 10%以上の総合効率が可能なレーザードライバーが必要とされている。半導体レーザー（LD）励起固体レーザーはその有力な候補である。本論文は、従来のガス冷却型ディスク増幅器とは異なる、水冷型ジグザグスラブ増幅器を利用するレーザー核融合炉用ドライバーの概念設計を下にして、その実現可能性を評価することを目的とし、小型の増幅器モジュールを開発し性能を実証した研究の成果をまとめたものである。主な成果を要約すると以下の通りである。

(1) ２次元 LD アレイの積層方式に関して伝熱面積を大きくできる新しい背面冷却型構造を開発し、ジグザグスラブ型増幅器の励起に必要なピーク出力密度 2.5 kW/cm^2 を実現するとともに、これを一方向に 40 個並べた２次元 LD アレイを製作し、世界最大出力 110 kW を達成している。

(2) レーザー出力特性に関する比例則を下にして、レーザー核融合炉用ドライバー概念設計の実現可能性を評価しうる小型のジグザグスラブ型レーザー増幅器モジュールを開発し、小信号利得やエネルギー蓄積密度などを測定して、概念設計に用いた基本パラメータが実現可能であることを実証している。

(3) レーザー発振器とジグザグスラブ型増幅器で構成されるマルチパス増幅システムを用いてレーザー出力特性を測定し、モデル計算結果との比較により設計値通りの性能が得られることを実証して、LD 励起固体レーザーとしては世界最高性能の出力エネルギー8.5 J を回折限界の２倍というビーム品質で達成している。

(4) ジグザグスラブ中に誘起される熱レンズ効果や熱複屈折効果を実験とモデル解析により評価し、スラブ増幅器の前後に２台のガリレオ式望遠鏡を挿入する新方式を提案して、繰り返し動作時においても熱効果の補償が可能であることを明らかにしている。

(5) 増幅媒質として用いるレーザーガラスの耐水性を長期にわたる実験を通して評価し、シリカ-燐酸系のガラスでは、従来の考え方とは異なり、水冷方式が適用可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、水冷型ジグザグスラブ増幅器を用いるレーザー核融合ドライバーの概念設計手法が正当であることを実験により明らかにするとともに、その実現に向けて実用上有用となる多くの新しい知見を明らかにしており、レーザー核融合工学、および原子力工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。