

Title	銅蒸気レーザー用全固体化電源の開発に関する研究
Author(s)	出口, 博史
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39623">https://hdl.handle.net/11094/39623</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏 名 出 口 博 史

博士の専攻分野の名称 博 士 ( 工 学 )

学 位 記 番 号 第 1 2 2 2 7 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 8 年 1 月 3 1 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 銅 蒸 気 レーザー用全固体化電源の開発に関する研究

(主査)

論 文 審 査 委 員

教 授 井 澤 靖 和

教 授 山 中 龍 彦

教 授 西 川 雅 弘

教 授 桂 正 弘

教 授 三 間 罔 興

教 授 青 木 亮 三

教 授 中 井 貞 雄

教 授 権 田 俊 一

教 授 中 塚 正 大

教 授 西 原 功 修

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、銅蒸気レーザー用励起電源の長寿命化を目的として、これまでスイッチ素子として用いられてきたサイラトロン放電管の負荷低減をめざす磁気アシスト法、ならびにサイラトロンを半導体スイッチに置き換え、磁気パルス圧縮回路を付加した全固体化電源の開発に関する研究の成果をまとめたもので、7章より構成されている。

第1章は緒論であり、銅蒸気レーザー用励起電源における問題点をまとめ、本研究の目的及び意義を明らかにしている。

第2章では、銅蒸気レーザーの放電特性と励起電源用スイッチ素子に要求される特性から可飽和リアクトル用磁性材料やパワー半導体スイッチの特性を考察し、磁気アシスト用にはNi-Zn系フェライト材料が、磁気パルス圧縮用にはCo系アモルファス磁性材料が適していることを明らかにしている。

第3章では、磁気アシスト回路を20W級銅蒸気レーザーの励起電源回路に適用し、可飽和リアクトルの磁心体積を変えて、サイラトロン導通直後の電流阻止時間がサイラトロンでのエネルギー損失や可飽和リアクトルの発熱に及ぼす影響を実験的に調べた結果について述べている。電流阻止時間の最適値はサイラトロンの内部抵抗減衰時間かそれよりやや短い時間であり、このときサイラトロン損失は磁気アシストを利用しない場合の約50%程度にまで減少すること、さらに励起回路全体の損失低減に伴い同じ電気入力でレーザー出力は約10%増加することを明らかにしている。

第4章では、磁気パルス圧縮回路の動作特性を理論的に解析し、多段の磁気パルス圧縮回路においては可飽和リアクトルの磁心体積や磁心でのエネルギー損失が全体の圧縮段数や各段への圧縮率の配分比に大きく依存することを明らかにして、体積や損失を最小にできる最適な圧縮段数、圧縮率配分比に対する指針を与えている。

第5章では、第4章の理論的解析には取り入れることができない漏れ電流の効果を含めて磁気パルス圧縮回路の動作特性を解析できる計算機コードを開発し、2段の磁気パルス圧縮回路からなる100W級銅蒸気レーザー用励起電源回路に適用して、可飽和リアクトルでのエネルギー損失を評価し、各段の圧縮率や励起電源回路素子のパラメータを決定している。

第6章では、前章の検討結果をもとに、SIサイリスタと2段の磁気パルス圧縮回路を組み合わせた100W級銅蒸気レー

ザー用全固体化電源を開発し、その動作特性を評価している。特にスイッチング効率、同期安定性、レーザー出力などの基礎的特性に注目して測定を行い、広い入力エネルギー範囲にわたって高い電源効率を維持できること、磁気パルス圧縮回路からの漏れ電流がレーザー動作へ与える影響は無視できること、複数のレーザー装置の同期運転が可能であることなどを明らかにしている。また、開発した全固体化電源の寿命予測を行い、極めて長寿命が期待できることを示している。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果をまとめ、本論文の総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

銅蒸気レーザーは高くり返し動作が可能であり、高い平均出力が得られる高効率の可視レーザーとして、ウラン濃縮をはじめとする様々な分野への応用が期待され、高出力化への努力が行われている。それにつれて、励起電源回路に用いられているサイラトロン放電管のスイッチング容量は増大し、その短寿命性に対する対策が重要課題となっている。本研究は、サイラトロンスイッチ時の負荷を低減させることにより長寿命化を図る磁気アシスト法と、サイラトロンを長寿命の半導体スイッチ素子に置き換え、半導体スイッチからの長パルスを短パルス化する磁気パルス圧縮回路を付加して全固体化を図ることにより長寿命化を実現する全固体化電源について研究開発を行ったもので、得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) サイラトロンに可飽和リアクトルを付加した磁気アシスト型励起電源の動作特性を詳細に測定し、サイラトロン導通後の電流阻止時間とサイラトロン内でのエネルギー損失ならびに可飽和リアクトルの発熱特性の関係を明らかにしている。その結果、電流阻止時間の最適値はサイラトロン内部抵抗の時間かそれよりやや短い時間であり、そのときサイラトロンでのエネルギー損失は磁気アシストを使用しない場合の約50%にまで低減できることを指摘している。また励起回路全体のエネルギー損失の低減に伴い、同じ電気入力でレーザー出力は約10%増加することを示して、磁気アシスト法がサイラトロンの長寿命化だけでなく、レーザー出力向上にも有効であることを明らかにしている。
- (2) 可飽和リアクトルの磁心体積や磁心でのエネルギー損失を与える式を導出して、多段の磁気パルス圧縮回路動作を理論的に解析し、磁心の体積やエネルギー損失と全体の圧縮段数や各段の圧縮率との関係を明らかにして、全磁心体積は各段の圧縮率が等しい場合に最小となること、隣あう各段で前段の圧縮率が後段の2倍のときエネルギー損失は最小となることを示している。また、体積および損失は圧縮段数の増加とともに急速に減少するが、圧縮段数の増加に伴う励起回路の複雑化と損失の減少率から、圧縮率25倍程度の銅蒸気レーザー用電源回路の最適な圧縮段数は2段であると結論している。
- (3) 磁気パルス圧縮回路を付加した銅蒸気レーザー電源回路の動作を解析できる計算機コードを開発し、理論解析には含まれない可飽和リアクトルからの漏れ電流の効果を含めて各圧縮段でのエネルギー損失を評価し、電源損失が最小となるような100 W級銅蒸気レーザー用全固体化電源を設計している。またこの計算機コードがエキシマレーザーやTEA炭酸ガスレーザーなどの放電励起気体レーザーの電源設計に適用可能であることを明らかにしている。
- (4) 計算機コードによる設計指針にそって、サイラトロン放電管を半導体スイッチに置き換え、2段の磁気パルス圧縮回路を付加した100W級銅蒸気レーザー用全固体化電源を開発し、全電源効率として最大84%を達成している。また可飽和リアクトルの磁束密度変化量を外部から抑制するリセット回路を磁気パルス圧縮回路の各段に付加する方法を開発し、広い入力エネルギー範囲で高い電源効率を維持できることを実証している。さらに入力電圧の脈動率が可飽和リアクトルの飽和やレーザー発振の時刻変動に与える影響を調べ、脈動率を小さくすることによって発振の時刻変動を無視できる程度に抑制しうることを示して、全固体化電源が複数のレーザーを同期して動作させるMOPAシステムにも適用できることを明らかにしている。
- (5) 全固体化電源の寿命評価を行い、極めて長寿命が期待できることを明らかにして、全固体化電源が銅蒸気レーザー

の最も重要な課題である励起電源回路の長寿命化に有効であることを示している。

以上のように本論文は磁気アシストならびに磁気パルス圧縮回路を付加した全固体化レーザー電源の最適設計指針を与えるとともに、両方式が高出力銅蒸気レーザーにおいて最も重要な課題である励起電源回路の長寿命化に極めて有効であることを明らかにしており、レーザー工学ならびに電磁エネルギー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。