



Title	化学励起酸素—ヨウ素レーザの実用化研究
Author(s)	藤井, 洋郎
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37457
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・(本籍)	ふじ 藤	い 井	ひろ 洋	お 郎
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	9 4 4 1	号	
学位授与の日付	平成 2 年 12 月 19 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
学位論文題目	化学励起酸素 —— ヨウ素レーザの実用化研究			
論文審査委員	(主査) 教 授 難波 進	教 授 蒲生 健次	教 授 中井 貞雄	
	(副査) 教 授 末田 正	教 授 松縄 朗	助教授 小林 哲朗	

論文内容の要旨

本研究の対象である酸素—ヨウ素レーザは、化学反応により生成された励起酸素から基底状態のヨウ素原子へのエネルギー移乗により、ヨウ素原子 $I(^2P_{1/2}) - I(^2P_{3/2})$ 間に反転分布を形成させ発振する純粋な化学レーザである。本レーザは、化学レーザであることから高出力の発振が可能であること、レーザ発振波長が $1.315 \mu m$ で石英系光ファイバにより導光が可能であること、さらに従来のレーザに比べて高効率の発振が期待できることなど、産業用レーザとして優れた特徴を有することに着目し、これを新しいタイプの材料加工用レーザとして実用化することを目的に本研究を行った。

レーザ発振の原理としては、まず過酸化水素と可溶ソーダの混合溶液中に塩素ガスを吹き込むことにより励起酸素を発生させる。励起酸素は、同時に発生する水蒸気とともに真空配管によりレーザ共振器に導かれるが、発振に有害な水蒸気は、途中水蒸気トラップにより除去される。レーザ共振器に導かれた励起酸素は、ヨウ素インジェクタより吹き込まれたヨウ素ガスと混合され、ヨウ素分子を原子に解離し、さらに解離されたヨウ素原子を励起する。そして、この励起ガスの流れに直交する方向に組んだ共振器により、近赤外レーザ光(波長 $1.315 \mu m$)を発振させる。

本レーザは、前述のごとく優れた特徴を有するが、産業用レーザとして実用化するためには、レーザ光を長時間安定に発振する技術、高出力のレーザを高効率で発振する技術、および加工用として、レーザ・ビームの特性を向上し小スポットに高エネルギーを集中させる技術、さらに小径の光ファイバに高エネルギー・ビームを導入し遠隔地に伝送する技術、などの確立を行う必要がある。その他、装置の小型化、経済性、保守の簡便性なども、実用化のための重要な開発要素である。

本研究では、まず長時間安定発振を目的として、励起酸素発生のための溶液の最適状態を解明し、励起

酸素発生器の溶液を常にその状態に保つためのシステム技術、また反応により生成する塩を高効率に処理する技術、さらに活性媒質の失活原因となる種々の反応を調査し、共振器内で励起されたヨウ素の失活原因となる水蒸気を、連続的に系外に効率良く取り除く技術、などについて研究を行い、長時間安定発振を可能とする技術の基礎を築いた。

ついで高出力・高効率発振の研究を行い、励起酸素の生成に関するメカニズムを検討し、励起酸素の失活を最小とする技術を確立し、高い励起効率を可能とした。励起酸素の失活に関しては、酸素同士の衝突による反応を主原因と考え理論を展開し、実験データとの良い一致を得た。また、共振器内でのヨウ素ガスと酸素の混合については、励起酸素からヨウ素へのエネルギー移乗を最適化するヨウ素インジェクタの配置、またエネルギー移乗を受けた励起ヨウ素原子による活性媒質場領域と、光子場領域との相互位置関係を解明し、高いエネルギーの取出効率を可能とした。これらの効率を総合した化学効率（発振効率）で40%の値を達成した。これは、従来加工用として用いられている CO_2 レーザや YAG レーザの効率を大きく凌ぐものである。

また、レーザ・ビームの特性向上を目的として、ビームの拡り角を低減する最適な共振器パラメータの組合せを明らかとした。また、これにより小口径光ファイバへの高効率なビームの入射、導光を可能とした。最後に、ここで発振した $1.315 \mu\text{m}$ のレーザ光により材料加工試験を行い、短波長であるヨウ素レーザは、期待通り金属材料の表面での吸収率が高く、切断加工性能において長波長の CO_2 レーザに比較し 2 倍以上優れていることを確認した。

以上の成果をもとに、レーザ発振装置と 3 次元ロボットとを光ファイバにて組み合わせたレーザ加工システムを完成させ、世界で初めての 1 kW 級ヨウ素レーザ加工機を実現した。

論文審査の結果の要旨

化学励起酸素—ヨウ素レーザは、発振波長が $1.315 \mu\text{m}$ で石英系光ファイバーによる導光が可能のこと、従来のレーザに比べて高効率であることなど産業用レーザとして優れた特徴を有するにもかかわらず、高出力レーザの実用化は未だなされていない。本研究は高出力酸素—ヨウ素レーザを新しい材料加工用レーザとして実用化することを目的として行った研究をまとめたものである。酸素—ヨウ素レーザ装置は、過酸化水素と可溶ソーダの混合溶液中に塩素ガスを吹き込むことにより発生する励起酸素をレーザ発振器に導き、ヨウ素インジェクタより吹き込まれたヨウ素ガスと混合することによりヨウ素原子を励起し、この励起ガスの流れに直交する方向に組まれた発振器内でレーザ発振を行わせるシステムであり、長時間の安定発振、高出力・高効率発振およびビーム特性の向上が実用化の要点となる。本論文はこれらの実用化研究の結果をまとめたものである。

まず、励起酸素発生溶液を常に最適状態に保つ技術、反応中生成する大量の塩を高効率に処理する技術、発振器内で励起ヨウ素失活の原因となる水蒸気を連続的に系外に除去する技術などにつき研究し、長時間安定発振を可能とする基礎技術を確立した。

次に高出力・高効率化の研究を行い、励起酸素を効率よく発振器内に導く技術、発振器内で励起酸素からヨウ素へのエネルギー移乗を効率よく行う技術などを確立することにより、発振効率40%という、従来加工用として用いられてきたCO₂レーザやYAGレーザの効率を大きく凌ぐ高効率を達成した。さらに、レーザ発振装置と3次元ロボットとを光ファイバで組合わせたレーザ加工システムを完成させ、世界で初めて1kW級ヨウ素レーザ加工機を実現した。

これらの成果は、レーザ工学の進歩に貢献するところ大であり、工学博士論文として価値あるものと認める。