

研究事業評価調書(平成19年度)

作成年月日	平成19年11月9日
主管の機関・科名	窯業技術センター 陶磁器科

研究区分	経常研究(事後評価)
研究テーマ名	紫外波長可変レーザーガラスロッドの開発

研究の県長期構想等研究との位置づけ

長期構想名	構想の中の番号・該当項目等
ながさき夢・元気づくりプラン (長崎県長期総合計画 後期5か 年計画)	重点目標: 競争力のあるたくましい産業の育成 重点プロジェクト: 5 明日を拓く産業育成プロジェクト 主要事業: 産業の多様化・高度化の推進
長崎県科学技術振興ビジョン	(2) 活力ある産業社会の実現のための科学技術振興

研究の概要

1. 研究開発の概要

紫外波長領域は、オゾン層問題などに代表される環境計測の研究や青色半導体レーザーの研究において、また実用面では半導体製造や医療分野において必要不可欠と考えられる波長領域である。

しかし、これまで紫外波長を発振する良好な固体レーザー材料が見いだされていないため、紫外光発振は高調波発生、光パラメトリック発振などの複雑な波長変換技術に頼るしかないのが現状である。

また波長可変固体レーザーの媒体として主流となっている単結晶は、高効率化・高出力化に不可欠な良質な結晶の合成や結晶の大型化が困難である。

一方ガラスは安価な上、大型化も容易で、波長可変レーザーの発光中心となる金属イオンを単結晶同様に含有することが可能なことから、単結晶に変わるレーザー媒体として期待されている。

以上のような利点を持ちながらこれまでガラスが波長可変レーザー媒体になり得なかったのは、ガラス中の発光中心となる金属イオンの原子価制御が困難だったためである。

当センターでは15年度までの研究で発光中心となるイオンを高濃度に含有可能なガラスの開発に成功した。

そこで高出力かつ安価な紫外波長可変ガラスレーザーシステムの開発を目的として、レーザー発振の心臓部となるガラスロッドを開発し、レーザー発振を試みる。

研究の必要性

1. 背景・目的

【社会的、経済的情勢から見た必要度】

レーザーは、身近ではDVDやCDの読み書き、最先端では核融合まであらゆる分野で利用され、我々の生活に不可欠なものとなっている、

本研究で開発に取り組む紫外レーザーの波長領域は、オゾン層問題などに代表される環境計測の研究や青色半導体レーザーの研究において、また実用面では半導体製造や医療分野において必要不可欠な領域である。

【研究開発成果の想定利用者】

既存の紫外レーザーのユーザー

【どのような場所で使われることをも想定しているか】

- ・ 大学や企業の研究機関
- ・ 半導体製造現場
- ・ 医療分野

【どのような目的で使われることを想定しているか】

オゾン層問題などに代表される環境計測の研究や青色半導体レーザーの研究、また実用面では半導体製造や医療分野での利用を想定している。

【緊急性・独自性】

ガラスは安価なうえ、大型化も容易で、波長可変レーザーの発光中心となる金属イオンを単結晶同様に含有することが可能なことから、従来からある単結晶に変わるレーザー媒体として期待できる。

また、これまでにガラス組成および溶融条件制御による発光イオンの原子価制御技術確立した点が優位である。

2. ニーズについて

【今利用されている技術・商品には、何が足りないのか】

紫外波長を発振するレーザーには、すでに実用化され集積回路製造用のステッパー光源などにも用いられている希ガスやキセノンガスを媒体とするガスレーザー（エキシマレーザー）と、まだ実験段階ではあるがレーザー発振が確認されている単結晶を媒体とする固体レーザーがある。

エキシマレーザーは発振波長が固定で、変えることができない。また単結晶レーザーは、良質な結晶の合成や結晶の大型化が困難であり、非常に高価である。

【想定利用者は、現在どのようなニーズを抱えているか】

高出力で低コスト、メンテナンスフリーの紫外波長可変レーザーシステム

3. 県の研究機関で実施する理由

レーザーシステムの構築には基礎的な研究の蓄積が必要であり、製品化までに開発期間を要することから、企業が取り組みにくい分野である。

効率性

1. 研究手法の合理性・妥当性について

主要な研究段階と期間、各段階での目標値（定性的、定量的目標値）とその意義

研究項目	活動指標名	期間(年度 ～年度)	目標値	実績値	目標値の意義
紫外線耐久性の高い ガラスの開発	耐久性の高いガ ラスの作製	17～18	1種	0	基本となるガラス組成を見いだ す
ロッドの開発および レーザー発振試験の 実施	ロッドの作製	18	3個	0	レーザー発振試験実施に必要な ロッド試料数
	発振試験	18	3回	0	レーザー発振の確認に必要な試 験回数

2. 従来技術・競合技術との比較について

紫外波長を発振するレーザーには、すでに実用化され集積回路製造用のステッパー光源などにも用いられている希ガスやキセノンガスを媒体とするガスレーザー（エキシマレーザー）と、まだ実験段階ではあるがレーザー発振が確認されている単結晶を媒体とする固体レーザーがある。

エキシマレーザーは発振波長が固定で、変えることができない。また単結晶レーザーは、良質な結晶の合成や結晶の大型化が困難であり、非常に高価である。

レーザー発振媒体の素材としてガラスを用いることで、高出力、安価、メンテナンスが容易でしかも波長可変といった利点により、十分に競争力のある製品となる。

【研究の実施上、想定される主要なリスクとその対策】

紫外線耐久性がレーザー発振用ロッド素材としては十分ではないため、共同研究者と連携を密にしながらガラス組成の調整により対応する。

3. 研究実施体制について

構成機関と主たる役割

- (1) 窯業技術センター：材料開発およびガラスロッド作製技術の確立
- (2) 九州東海大学：ガラスロッドの紫外線耐久性向上
- (3) 大阪大学レーザーエネルギー学研究中心：レーザー発振試験の実施

4. 予算

研究予算 (千円)	計	人件費	研究費	財源			
				国庫	県債	その他	一財
全体予算	12,783	7,422	5,361				5,361
17年度	7,063	3,663	3,400				3,400
18年度	5,720	3,759	1,961				1,961
年度							

：過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案

有効性

1. 期待される成果の得られる見通しについて

本研究では、ガラス材料の研究で実績のある九州東海大学と、レーザー結晶の研究で世界最高出力を達成した実績のある大阪大学レーザーエネルギー学研究中心との共同研究により効率的に実施するので、成果が期待できる。

2. 成果の普及、又は実用化の見通しについて

平成13～15年度 ロッド材料の探索（終了）
17～18年度 ロッドの開発
19～20年度 光学系の構築
21～22年度 制御系の構築（完成）

【将来の経済的・社会的効果】

レーザーシステムの製品化には、光学材料、機械、光学システム、制御システム等、様々な分野の力が必要である。そこで事業化にあたっては、関心のある県内企業を募り、工業技術センター等と研究会を立ち上げ、新産業創出に向けた環境を整備し、技術の普及を図る。

成果項目	成果指標名	期間(年度～年度)	目標数値	実績値	目標値の意義
レーザー特性の解析	レーザー出力	17～18	10 μ J	0（測定できず）	従来の単結晶媒体を超える出力である

【研究開発の途中で見直した内容】

年度と研究環境上の変化、途中評価等々からの計画の見直し等の内容

研究評価の概要

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(年度)</p> <p>評価結果 (評価段階： 数値で)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 ・ 効率性 ・ 有効性 ・ 総合評価 	<p>(年度)</p> <p>評価結果 (評価段階： 数値で)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 必要性 ・ 効率性 ・ 有効性 ・ 総合評価
	対応	対応
途中	<p>(年度)</p> <p>評価結果 (評価段階： 数値で)</p>	<p>(17年度)</p> <p>評価結果 (評価段階： 3)</p> <p>達成状況について(進捗)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 進捗度の20%は、残り1年で達成すべき内容を考えると遅れているようである。残りの期間の頑張りを期待したい。 ・ 世界を相手に研究をするのは大変である。 ・ 紫外線耐久性と発振特性とは競合するように思われるがそのバランスをとることが難しいと思える。 ・ 本格的な開発に向けた準備段階と思われる。予定通りの進捗状況と考える。 <p>今後の対応について(報告)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 中間報告書の今後の方向の内容を拝見しますと、あまりにも抽象的であり、残された期間の1年で、どこをどのような方法で解決したら計画の目標が達成できるかの、具体的記述がないので、簡単に内容のコメントができない。 ・ 将来性、市場性の高い研究テーマと思われる。 <p>応用範囲を広角にとらえ、研究を続けて頂きたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地元にある研究機関、「地元の利」を活かした方向が考えられるのか。 ・ 特許を取得し、メーカーとの共同を目指す。 ・ 他に例がない開発であるので、早く特許を出願できるようにしてほしい。 <p>総合意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本研究は、紫外線耐久性の高いガラスの開発に関する基礎および応用研究という点では、期待されているテーマと思いますが、残

	<p>された課題を達成するために、中途半端な研究で終わらせてほしくないので、一段とスピードアップした研究をおこない、研究成果の検証と応用性についても推進する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 難しい課題であるが、遅れずに進めて欲しい。 ・ 地元窯業に貢献できるよう、また産業化できるように、研究員さんの活躍を期待している。 ・ 「地元窯業技術センター」としての意識が必要である。 ・ 解析データを詳細に提示すること。 ・ 窯業における新しい技術分野として育てていきたい。
<p>対応</p>	<p>達成状況について（進捗）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2月に分子科学研究所へ出向き、レーザー照射によるガラスの評価試験を実施し、さらに研究を推進します。 ・ ロシアや中国などで単結晶をベースにした紫外固体レーザー材料の研究は行われていますが、ガラスをベースにした紫外レーザー材料の研究はほとんどありません。光学ガラス研究及びレーザー発振研究でそれぞれトップクラスの九州大学及び分子科学研究所と共同研究し、レーザーガラス分野で先導します。 ・ 紫外線耐久性はガラス組成のみに依存しますが、発振特性はガラス組成だけでなくロッドサイズにも依存しますので、最適なバランス範囲が存在すると考えています。 <p>今後の対応について(報告)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 耐久性向上のため、原子間結合力を強化する ZrF₄ の添加を試みます。レーザー発振試験を実施し、目標出力 10 μJ を目指します。 ・ 短期間での技術移転は困難ですが、ガラス技術の研究は地元の陶磁器メーカーの新分野進出に寄与すると考えています。 <p>又、釉薬関係の基礎分野にも関係していますので、応用技術として、地元企業へ貢献できると考えています。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 特許出願につながるような研究成果をめざします。 <p>総合意見</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 共同研究機関との連絡をさらに密にし、研究のスピードアップを図ります。 ・ 評価方法を十分に検討し、詳細データの提示に心掛けます。

事後	<p>(19年度)</p> <p>評価結果 (評価段階： C)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性： 集積回路のさらなる高集積化やレーザー加工の高精度化にはより短波長の紫外波長レーザーは欠かせず、またメンテナンスが容易な固体レーザーに対するニーズも高いことから必要性は高い。 ・効率性： 紫外線耐久性の高いガラスが見いだせず、最終目標であるレーザー発振試験に至らなかった。 ・有効性： ガラスロッドの素材となるガラス材料が開発できず、レーザー特性に関する十分な評価ができなかった。 ・総合評価： レーザーシステムの要となるガラスロッドが開発できず、進展できなかった。 	<p>(19年度)</p> <p>評価結果 (評価段階： C)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性： 研究は必要であり、想定された成果は出なかったものの、窯業分野に活用できる副次的な効果は認められる。 ・効率性： 九州東海大学との連携等評価できる点もあるが、ガラスロッド製造に難があり、計画通りには進まなかった。他の方法を考える余地はなかったか。 ・有効性： 残念な結果だが目標を達していない。費用を掛けても無理と判断したならばやむを得ない。副次的なデータがあればまとめて他の用途への転用も考える必要がある。 ・総合評価： 必要性は認めるが、非常に難しいテーマであり、手法や技術的問題点が多い。この時点での撤退は妥当である。
	<p>対応</p> <p>レーザーシステムの開発に関して今後の進展は困難と判断し、本研究課題から撤退する。なお、本研究で得られたガラス調整技術は、引き続き陶磁器釉薬や上絵具の開発・改良、プリント利用製品開発等に活用していく。</p>	<p>対応</p> <p>当初の計画であった、ガラス組成の探索により、紫外線照射によるガラスの劣化を防止することはできなかった。一方、熱処理による劣化の改善が実験的には確認できたが、ガラスロッド実用化のための手法としては十分ではないと判断した。</p> <p>紫外線領域に吸収と発光特性を有する光機能性ガラスとして、高強度な光照射が必要なレーザー発振以外の分野、例えば光学フィルターや波長変換素子などの分野への応用を調査したい。</p>

総合評価の段階

平成19年度以降

(事前評価)

- S = 着実に実施すべき研究
- A = 問題点を解決し、効果的、効率的な実施が求められる研究
- B = 研究内容、計画、推進体制等の見直しが求められる研究
- C = 不適當であり採択すべきでない

(途中評価)

- S = 計画を上回る実績を上げており、今後も着実な推進が適當である
- A = 計画達成に向け積極的な推進が必要である
- B = 研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C = 研究費の減額又は停止が適當である

(事後評価)

- S = 計画以上の研究の進展があった
- A = 計画どおり研究が進展した
- B = 計画どおりではなかったが一応の進展があった
- C = 十分な進展があったとは言い難い

平成18年度

(事前評価)

- 1：不適當であり採択すべきでない。
- 2：大幅な見直しが必要である。
- 3：一部見直しが必要である。
- 4：概ね適當であり採択してよい。
- 5：適當であり是非採択すべきである。

(途中評価)

- 1：全体的な進捗の遅れ、または今後の成果の可能性も無く、中止すべき。
- 2：一部を除き、進捗遅れや問題点が多く、大幅な見直しが必要である。
- 3：一部の進捗遅れ、または問題点があり、一部見直しが必要である。
- 4：概ね計画どおりであり、このまま推進。
- 5：計画以上の進捗状況であり、このまま推進。

(事後評価)

- 1：計画時の成果が達成できておらず、今後の発展性も見込めない。
- 2：計画時の成果が一部を除き達成できておらず、発展的な課題の検討にあたっては熟慮が必要である。
- 3：計画時の成果が一部達成できておらず、発展的な課題の検討については注意が必要である。
- 4：概ね計画時の成果が得られており、必要であれば発展的課題の検討も可。
- 5：計画時以上の成果が得られており、必要により発展的な課題の推進も可。