

<p>サブテーマ名：高輝度Yb:YAG固体レーザー技術に関する研究 小テーマ名：高出力紫外光発生用希土類カルシウムオキシボレート非線形結晶の開発</p>
<p>サブテマリーダー（所属、役職、氏名）Aグループ（分子科学研究所、助教授、平等拓範） 研究従事者（所属、役職、氏名） （大阪大学 大学院工学研究科、教授、佐々木 孝友） （大阪大学 大学院工学研究科、助教授、森 勇介） （大阪大学 大学院工学研究科、助手、吉村 政志）</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 希土類カルシウムオキシボレート非線形結晶の紫外レーザー光損傷耐性を向上させ、高出力紫外光の発生が可能な素子開発を行う。</p> <p>研究の独自性・新規性 研究従事者らは、希土類カルシウムオキシボレート結晶 GdYCOB が、Gd と Y の混合比を調節することで波長 355nm 付近の紫外光を高効率・高ビーム品質で発生できることを世界で初めて見いだした。本結晶の基本光学特性は極めて優れていることから、出力を制限している光損傷を解決することで、産業用レーザーの小型化・高性能化を進めることができる。</p> <p>研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に） フェーズ：紫外光発生用非線形光学結晶の開発（複屈折の制御と紫外光：波長 350nm の発生） フェーズ：紫外域波長変換の高出力化：平均出力 10 W （途中で変更：1W 紫外光の安定動作、開発技術の民間への技術移管と製品化） フェーズ：研究成果の実用化を目指す。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して） フェーズ：GdxY1-xCa4O(BO3)3結晶中におけるGd/Y組成比の勾配と結晶育成条件との相関について調べ、発熱による温度分布と組成勾配との精密な相殺条件を見出した。しかしながら、高出力光を発生させるためには、発熱の主要因と考えられる光損傷の抑制に取り組む必要がある。そこで、現在は育成雰囲気中の最適酸素濃度の決定、定比組成からのずれ、育成中に生成する欠陥の抑制などを行い、光損傷耐性の系統的な評価を行っている。 フェーズ：育成条件や組成に対するGdYCOB結晶の複屈折変化を調査し、複屈折の制御、及び紫外光発生条件を確立させた。GdYCOB系により波長343～393nmの紫外光が非臨界位相整合条件下の第3高調波発生で可能なことを確認した。紫外光発生時に生じる光損傷の抑制対策としては、1) 結晶を高温に加熱して用いる、2) 酸素含有雰囲気中で結晶育成を行う、3) 異相を含まない単相焼結体を育成原料に用いる、3) 溶液に少量のZnOを添加することなどに効果があることを見いだした。しかしながら、いずれの場合も紫外光強度が0.1MW/cm²以上になると、光損傷による紫外光吸収が避けられないため、大口径レーザーに応用するか、小型でポータブルな低出力光源に応用することが望ましい。本研究では、この考え方に基づいて、500mW出力のレーザーの製品化、さらにはポータブル紫外光源の製品化に至っている。 フェーズ：研究成果の実用化を目的として、これまで得られた研究成果をベースに残された研究課題の解決を図る。</p>
<p>主な成果 具体的な成果内容： [ポータブルペン型紫外レーザー光源の試作] 赤外レーザー光をファイバー伝送させ、その先端部に独自に開発したSHG用KTPとTHG用GdYCOBのオプティカルコンタクトデバイスを配置した。ファイバー伝送に課題があるが、この方法で高品質ビームを維持したポータブルなペン型紫外レーザー（波長：355nm、出力50mW）が開発できた。</p> <p>特許件数：4 論文数：4 口頭発表件数：9</p>

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

GdYCOBの研究で特に紫外光発生に関しては、この性能を世界で初めて見いだした当研究従事者らが、現在も最先端の成果を出している。最近、紫外光発生に関する研究が中国、フランスで実施されているが、研究内容はまだ基礎的な範囲であり、実用化はまだ先のレベルである。また、GdYCOB材料の研究については、米国、ドイツでも行われているが、紫外光の発生は検討されていない。材料特許（JSTより出願）に関しては国際審査を経て一部の国では権利化に至っているため、特許の点からも研究従事者の方が優位な立場にある。

2 実用化に向けた波及効果

本研究に基づいて開発した紫外レーザー光源を、微細描画装置、微細加工装置などに組み込むことで製品化に成功している。このように、様々なレーザー応用装置への導入が期待できる。特に、後半で開発したペン型紫外レーザーの波及効果は大きいと考えられる。

残された課題と対応方針について

当初の目標であった平均出力10Wの紫外光発生には、光損傷の完全な抑制が必要であり、結晶欠陥に起因するわずかな非線形吸収なども防ぐ必要がある。一方で、材料の基本光学特性、機械的・化学的な安定性は、既存結晶に比べて優れているため、低出力用途で小型・ポータブル紫外光源を実用化するのが得策である。出力を高めるためには、結晶の動作温度を高くするか、紫外光強度が0.1 MW/cm²以下になるように大口径化する必要がある。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	H 17	小計	
人件費	45	129	133	192	208	163	870	0	0	0	0	0	0	0	870
設備費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	1,800	2,000	1,800	2,500	3,000	2,000	13,100	0	0	0	0	0	0	0	13,100
旅費	4	52	47	17	17	10	147	0	0	0	0	0	0	0	147
その他	5	6	96	9	57	37	210	0	0	0	0	0	0	0	210
小 計	1,854	2,187	2,076	2,718	3,282	2,210	14,327	0	0	0	0	0	0	0	14,327

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備 : なし

地域負担による設備 : なし

複数の研究課題に共通した経費については按分する