

光アイソレーター用ガーネット型単結晶の開発に成功

－ 高出力・広帯域化するレーザー光源への対応 －

平成21年10月22日

独立行政法人物質・材料研究機構

株式会社フジクラ

概要

1. 独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：潮田 資勝）の島村 清史グループリーダー、ガルシア・ビジョラ主任研究員らは、株式会社フジクラ（取締役社長：長浜 洋一）の直江 邦浩室長らと共同で、高出力・広帯域化するレーザー光源に対応した光アイソレーター用ガーネット型単結晶の開発に成功した。
2. 近年、高出力光源を持つレーザー加工機による精密加工において、光源の更なる高出力化が進んでおり、光源の安定化と破壊防止が必要とされている。光ファイバーケーブルを用いた光通信においても、情報量の増大に伴うレーザー光源の高出力化と広帯域化、伝達情報の信頼性の向上のため、光源の安定化と破壊防止が必要とされている。光アイソレーターは光源の安定化と破壊防止を担う重要なデバイスの一つであり、性能やコストの点で優れた磁性ガーネット型単結晶が必要とされていた。
3. 今回開発したのはテルビウム・スカンジウム・ルテチウム・アルミニウム・ガーネット単結晶であり、この結晶は従来用いられるテルビウム・ガリウム・ガーネット単結晶と比較し、波長により最大30%を超えるファラデー回転角の増大、大型単結晶育成の容易性、優れた波長透過性を有することがわかった。このため、コストダウンが可能な、高出力・広帯域化するレーザー光源に対応した光アイソレーター用磁性ガーネット単結晶として期待され、今後は更なる大型化と高品質化に関する研究を進めていく。
4. 本研究成果は2010年3月開催の応用物理学会春季学術講演会や日本セラミックス協会春の年会をはじめ、各種の国際会議等で発表を予定している。

研究の背景

近年、レーザー加工機が精密加工用として普及し始めているが、溶接、溶断も含め、光源となる各種レーザー（固体、ガス、半導体、ファイバ）が今後ますます高出力化していく。これに伴い、光源の安定化と破壊防止への対応が必要とされている。また、光ファイバーケーブルを用いた光通信においても、情報量の増大に伴うレーザー光源の高出力化と広帯域化、ならびに伝達情報の信頼性の向上のため、更なる光源の安定化、破壊防止が必要とされている。

光アイソレーターは光源の安定化と破壊防止を担う重要なデバイスの一つであり、従来は鉄系の磁性ガーネット薄膜単結晶が主として用いられてきた。しかしながら、光源の高出力化に伴う薄膜単結晶の劣化、光を透過する波長域が狭いため、使用できる波長領域が限定されるといった点などが問題となってきた。特にレーザー加工機に使用される波長 $1\mu\text{m}$ 帯において、鉄系磁性ガーネット薄膜単結晶の透過性は十分でなく、光アイソレーターとして利用可能な波長域の拡大が必要とされてきている。

近年、テルビウム・ガリウム・ガーネット ($\text{Tb}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$: TGG) 単結晶が注目を集め始めている。TGG は可視から近赤外まで透明で適度なファラデー回転角を有するが、回転角の増大、結晶育成の容易性、更にはコストダウンなど、様々な要求もなされてきている。

研究成果の内容

当機構が今回、開発したのはテルビウム・スカンジウム・ルテチウム・アルミニウム・ガーネット ($\text{Tb}_3(\text{Sc}, \text{Lu})_2\text{Al}_3\text{O}_{12}$: TSLAG) 単結晶である。TSLAG は TGG と比較し、波長により最大 30% を超える大きなファラデー回転角を示し、大型単結晶の育成が容易であるという特徴を持つ。透過率においても TGG より優れた特性を示し、400nm から 1300nm の波長域での利用が可能と考えられる。TGG の結晶育成が比較的困難であることに比べ、今回 1 インチの TSLAG 単結晶が引上げ法により容易に得られたことは、2 インチへの大型化が容易であることを示している。結晶育成が容易であることはコストダウンと資材の安定供給において大きな意味を持つ。また一般に Al 系ガーネットは Ga 系ガーネットよりも優れた熱伝導率を有することが知られており、TSLAG の優れた熱伝導性と安定性は高出力レーザーに対する高いダメージしきい値につながるとも期待される。

波及効果と今後の展開

レーザー加工機や光通信の進展にあわせ、高出力・広帯域化が進むレーザー光源の安定化と破壊防止を可能とする光アイソレーターの実現が急がれている。今回の成功により、レーザー加工機による精密加工・光通信分野へのブレークスルーがもたらされるだけでなく、実現へ向けた現実的な道が拓かれ、今後広く産業界に波及する材料、技術として期待される。今後は大型 2 インチ単結晶の育成、高品質化による透過率、熱伝導率、レーザー耐性など各種物性の向上など、実用化を視野に入れた研究を展開する。なお、本研究成果は 2010 年 3 月開催の応用物理学会春季学術講演会や日本セラミックス協会春の年会をはじめ、各種の国際会議等で発表を予定している。

問い合わせ先：

(報道担当)

〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1
独立行政法人物質・材料研究機構
広報室 TEL:029-859-2026

(研究内容に関すること)

独立行政法人物質・材料研究機構
光材料センター
光周波数変換グループ
島村 清史
TEL：029-860-4318
FAX：029-851-6159
E-mail：SHIMAMURA.Kiyoshi@nims.go.jp

【用語解説】

1) 光アイソレーター

光デバイスの一つで、一方向の光のみを透過し、逆方向の光を遮る機能を有する。偏光素子やファラデー効果を利用した回転子などの光学部品により構成され、レーザー光源への反射戻り光を阻止する。光学部品からの反射戻り光があると半導体レーザーなどの光源がダメージを受け、不安定動作、ノイズの原因となる。

2) ファラデー回転角

ある物質に磁場をかけることにより、透過してきた光の偏光面が回転する現象をファラデー回転と呼び、その回転角をファラデー回転角という。この特性を利用した素子をファラデー回転子といい、光アイソレーターを構成する素子の一つである。例えばファラデー回転子により入射光の偏光方向を 45° 回転し、更に戻り光の偏光方向を 45° 回転させると、偏光方向は 90° 回転することになる。この 90° 偏光が回転した光を、特定の偏光面を有する光だけを透過する偏光素子を通してることにより、戻り光を遮断し入射光だけを透過する光アイソレーターを構成することができる。ファラデー回転素子には磁性ガーネット結晶が使われることが多い。

3) 引き上げ法 (Czochralski 法)

単結晶を育成する代表的な技術。引き上げ法は坩堝と呼ばれる容器に原料を入れた後に熔融し、そこに種結晶を接触させ、連続的に引き上げることで単結晶を育成する技術。Czochralski 法とも呼ばれる。



図1 磁性ガーネット TSLAG 単結晶 (直径約1インチ)

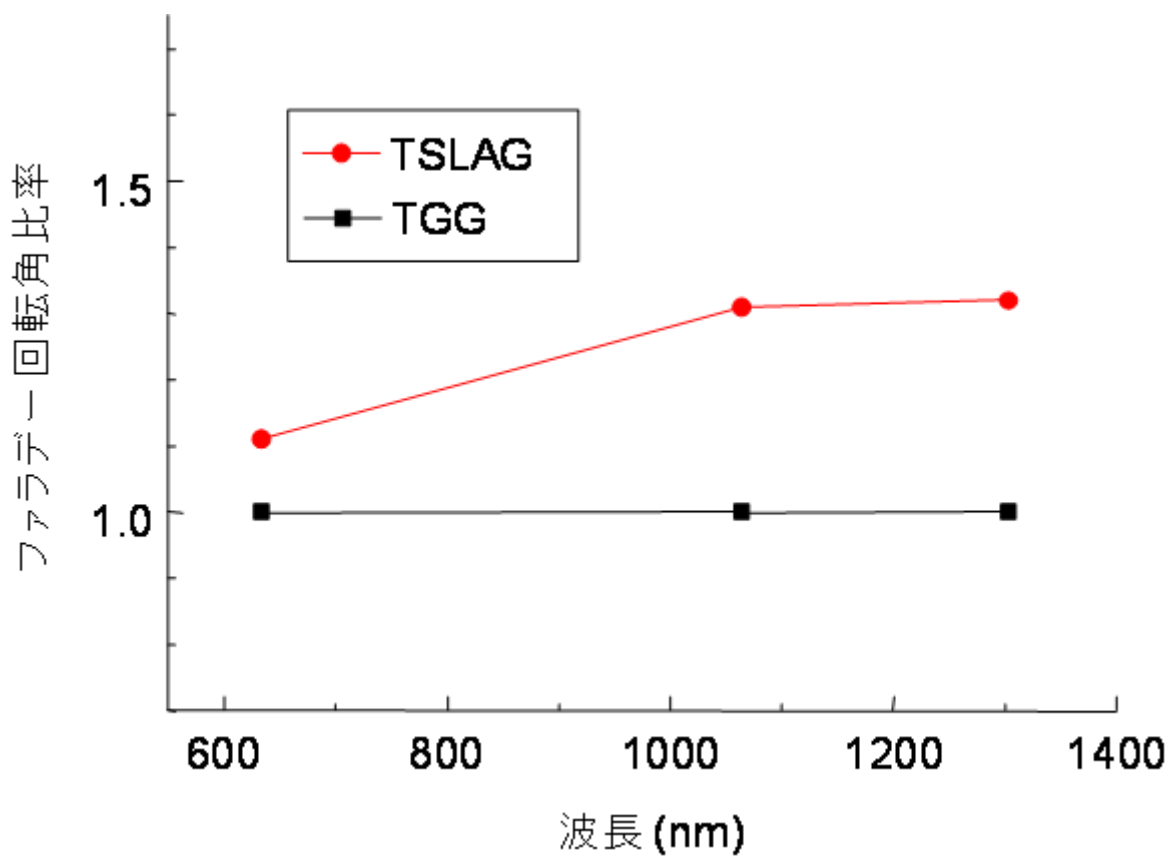


図2 ファラデー回転角の TSLAG 単結晶と TGG 単結晶の比較。TGG を 1 とした場合の相対比較。サンプル長 20mm。(測定：(株) 光学技研)

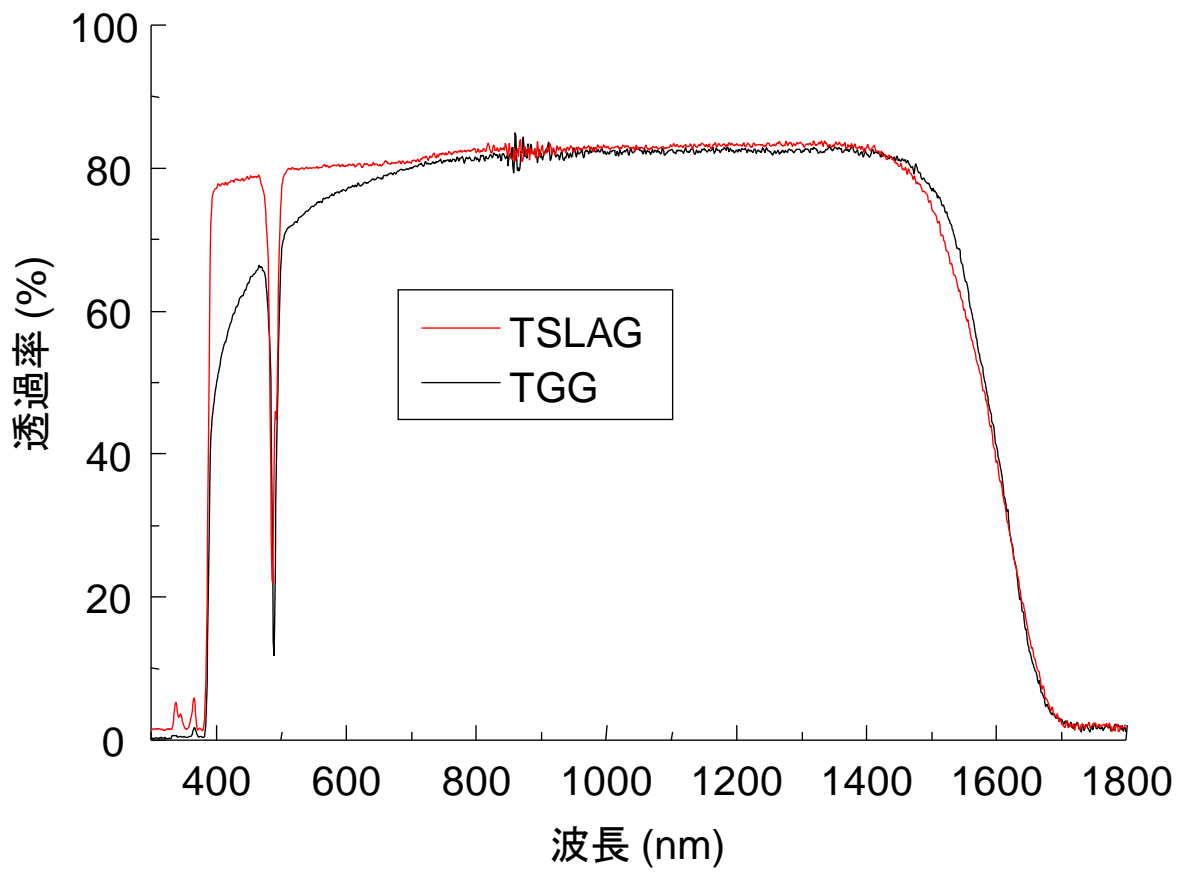


図3 TSLAG 単結晶と TGG 単結晶の透過率の比較。表面へのコーティングなし。
 サンプル長 12mm。(測定：(株) 光学技研)