

<p>&lt; 1 - 1 &gt; LDを用いた高強度フェムト秒レーザーの開発  サブテーマ名：&lt;1-1-a&gt;YAGレーザーの開発  小テーマ名： 半導体レーザーの直接利用 (フェーズ )</p>
<p>サブテマリーダー：光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究リーダー 岡田康光  研究従事者：光科学技術研究振興財団 コア研究室 研究員 瀧口義浩、稲田晴彦</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標  研究の概要  半導体レーザー (LD) を用いたレーザー加工は、その高効率性とコンパクト性から将来のレーザー加工産業の中心的な役割を担うものとする。その際の問題点は、LD で高輝度光を得ようとしたときには、単一の LD のみでは不十分であり、これを狭い空間にたくさん横に並べたバー構造を用い、さらにこのバーをたくさん積層させたアレー構造が必要である。そのアレー状に並んだレーザー群からの光を 1 点に集中させることがレーザー加工には不可欠である。一方、このようにして得られた LD からの高輝度レーザー光を用いたレーザー加工応用は、これまで主にプラスチック加工や生体応用などに用いられてきた。本テーマでは、より出力の高い LD から光を金属導波路を介して集光し、さらには光ファイバーに接続し、これをロボットアームなどに取り付けて機能性を向上させることで、新たな 3 次元レーザー加工産業の開拓を狙う。</p> <p>研究の独自性・新規性  808nm の中心波長を有する 400W 出力を達成した LD アレー (10 段×2 列) と金属導波路などの集光光学系を用いて、小型でかつロボットに直接搭載可能な LD 直接加工機を提供すること。</p> <p>研究の目標  本テーマは当初計画には無かったものであるが、産業ニーズからは、本事業の研究成果を LD 直接加工に応用できることが分かってきた。そこで、LD 直接加工のために 20kW / cm<sup>2</sup> の集光密度を達成することを目的として、LD アレーからのレーザー光を金属導波路または反射レンズ系を用いて均一に集光する手法の着手を行ない、重量が 500 g 以下の集光系を組み上げる。また、それを取り付ける 1mm 以下の 3 次元位置精度を有するロボット機構系などの周辺技術を合わせて開発の検討を進める。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況  1 . はじめに  半導体レーザーを高出力化しこれを用いて産業用のレーザーにすることで、高効率のレーザー加工機になる。その際の問題は、LD 単体では高輝度を得ることが困難であり、多くの LD を束ねた LD アレーによって高輝度化を達成するしか現状では方法がない。そのため、LD 間のコヒーレンスが低いために、ビームを細く集光し、光の集光密度を上げることがやはり難しい。そこで、光学的に、LD からビームを縮小光学系で縮小投影することで、光密度を向上させようと考えている。</p> <p>2 . LD アレーの駆動と集光  10 段×2 列の LD バーからなるアレーを導入し、連続 400W 程度の出力を得ている。これを 30% のロスを見込んで、直径 1.3mm まで集光することで 20kW / cm<sup>2</sup> の集光密度を達成できた。一方、光の集光系として、サブテーマである金属鏡の開発において作製された金属円錐導波ミラーの導入によって、LD の高効率集光と、アシストガスの導入などの多機能レーザー加工ヘッドへの応用を進めた。LD の波長が 808nm であるために銅を構造および反射材として用い、LD アレーの出力部の形状を考慮して、開口径 10mm と出射部の開口 1mm を目指して金属の円錐の設計・解析を行った。</p> <p>3 . ロボットアームとの接続  ロボットアームにこのような LD を取り付けること、さらにレーザーによる発熱を考慮して導波路の軽量化、冷却構造も検討した。LD アレーの重量が 500g であることから、LD 直接加工用の全系の重量は 1kg 以下とすることができた。取り付けを行うロボットの模擬実験として、光ファイバーを用いて導いたレーザー光を、6 軸駆動の小型ロボットアームと接続することで、3 次元 LD 直接レーザー加工を可能とすべく、基礎実験を進めた。</p>
<p>主な成果  具体的な成果内容：  光導波路の基礎検討として行った銅反射鏡を 2 枚用いた実験では、3 スタックの LD アレーを入力部とし、出力部の開口を 1mm 幅にして出力の空間パターンを 2 次元観測した結果、入射部の LD アレーの出射パターンではなく、導波路の配置に強く依存した出力になることを確認した。一方、円錐状の導波路を導入してその透過特性を評価したところ、LD ビームの広がり角ど円錐の頂角とで決まる光学的な反射形状により、入射角によっては透過率が十分稼げないことがわかった。  ロボットアームにファイバーを取り付けて 3 次元加工の模擬動作をさせた際に、レーザーの位置決め精度が、ロボットアームの駆動速度とその駆動パスによってかなりの影響があること</p>

がわかった。当初の 100 ミクロンの位置精度を達成するには、ロボットの駆動を低速とし、移動によるトルクが少ない状態で加工することが、現在のシステムに対して有効であることがわかった。

特許件数： 0 件

論文数： 0 件

口頭発表件数：0 件

研究成果に関する評価

1. 国内外における水準との対比

国内では、主に米国あるいはドイツ製の LD を用いた装置が輸入されており、LD 直接の加工機の国産装置はまだ性能が十分なものはない。本事業において用いる装置では、より高い集光密度を達成し、従来の応用であるプラスチック加工、エステ応用のみではなく、実際の工業加工に使えるレベルを目指す。

2. 実用化に向けた波及効果

高効率でコンパクトな LD 直接加工装置が提供できれば、808nm の波長で吸収特性の高いさまざまな材料の容易な加工を提供できる。レーザー加工を大掛かりな装置による加工業者のみの道具ではなく、より生活に近いところでの高精度加工に利用できることとなる。

今後の課題と研究開発方針について

金属導波路などの最適化設計を行い、系全体のコンパクト化および高伝送効率化が不可欠である。その際の集光スポットサイズと、そこにおける除熱とデブリ処理に関しても詳細な検討が必要である。

	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	30	151	169	0	0	0	350	30	151	169	0	0	0	350	700
設備費	3,723	922	775	0	0	0	5,420	0	0	0	0	0	0	0	5,420
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	15,299	3,417	5,725	0	0	0	24,441	0	0	0	0	0	0	0	24,441
旅費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	53	146	341	0	0	0	540	0	0	0	0	0	0	0	540
小 計	19,105	4,636	7,010	0	0	0	30,751	30	151	169	0	0	0	350	31,101

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：デジタルオシロスコープ、LD電源

地域負担による設備：共焦点顕微鏡 ( 平坦面の評価装置 )、各種評価用レーザー光源、光検出装置