

<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-c&gt;高性能化の研究  小テーマ名： 高機能LD電源の開発 (フェーズ , )</p>
<p>サブテーマリーダー：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 柳澤 靖、瀧口義浩</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要  超高密度フォトン産業化において、半導体レーザー (LD) を用いることは、レーザー装置の高効率化、小型化、そして高機能化には不可欠である。そのLDの駆動電源についても、LDの有する特性を十分に生かすための最適化設計が最も重要な課題である。本テーマでは、LD駆動電源を小型・高性能化・高効率化するために、電源配線機構や電源冷却機構の再検討、さらには、そのコンピュータ接続における制御性の向上などを目指している。</p> <p>研究の独自性・新規性  本事業におけるテラワットレーザーは従来のフラッシュランプ励起のレーザーを模倣することなく、すべての光源として半導体レーザーを用いている。そのために、高出力の直流電流が必要であり、それを満足できる小型、高効率、コンピュータ制御型の電源は市販されておらず、新規開発が不可欠であった。特に、ヒートパイプ方式による電源内部の除熱特性の向上、銅板配線による電力損失の低減、電子部品の高密度配置、高機能コンピュータインターフェースUSBの導入を行ない、新規構造の電源を提案した。</p> <p>研究の目標  電源の交流→直流変換効率を 90%以上するべく電源の熱特性と導電特性を改良し、USB を用いたコンピュータにより直接容易に駆動可能な電源を作り上げる。その際、実証レーザーシステム全系における電源供給を制御することで、レーザー装置全体のバランスのとれた電力供給を可能とする。</p> <p>フェーズ 1：シミュレーションにより 90%以上の変換特性を有する電源の基礎設計を行い、具現化したプロト機 1 台を作り上げる。また、その段階で、USB インターフェースによる電源制御の導入も最適設計する。</p> <p>フェーズ 2：ゼロクロススイッチングなどの新たな技術を導入し、92%程度の変換効率を達成する。その際、電源内の熱を効率よく排出するための新たな熱輸送系の導入を行う。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>1. はじめに  テラワットレーザーでは、投入する電力に対して熱として放出される損失が大きくては環境への負荷が大きく産業用への展開は望ましくない。そこで、まずは、電源における交流入力を直流出力に変換する電源における変換効率を高めると同時に、電源としての操作性を高めるために、コンピュータから制御が可能になると必要である。さらに、よりコンパクトな電源にすることで、産業界への応用が容易になる。</p> <p>2. 電源の熱損失の低減  新規冷却技術、あるいは熱分散のための技術を導入し、熱による電力損失の増大を押さえ、高効率で大電流の流せる電源システムを組み上げた。&lt;1-1-a&gt; &lt;1-1-b&gt; で用いられている各種LDのインピーダンス特性を評価し、電源の最適化を検討したフェーズ 1 では、伝送抵抗を低減させるために、空中配線を減らし、銅版を用いた基板内での配線を行い変換効率を90%以上とすることができた。フェーズ 2 では、ヒートパイプ技術を導入することで電源内の廃熱効率を向上させることに成功し、最終的に変換効率を92%とすることに成功した。</p> <p>3. コンピュータインターフェースの検討  USBやFire Wireと呼ばれる最近のコンピュータインターフェースの導入を検討し、より制御性の高い電源を開発することとした。フェーズ 1 では、高効率の電源の開発に主眼を置き、コンピュータインターフェースは電源効率の向上を見てから進めた。フェーズ 2 では、ヒートパイプを用いた小型電源化の達成に基づき、このコンピュータ制御のためのUSB接続を可能とした。</p> <p>4. 小型化  フェーズ 2 で開発した電源は電圧が40Vで電流が60Aの直流電源であり、その際、交流→直流変換効率が90%以上を達成した。この際の電源のサイズは50cm×60cm×20cm程度で重量は40kgと重かった。そこで、より軽量化を図るために、フェーズ 2 では、直流出力80Vで60Aを流せる小型電源で、効率が93%のものを開発した。その結果、電源は標準のラックマウントに取り付けが可能で、重量としても25kgとすることができた。</p>

**主な成果**

具体的な成果内容：低電圧高電流出力のDC電源では、大容量の整流回路を電力損失が少なくなるように設計し、系全体の小型化を図った。また、電力の変換に伴う熱損失により発生する熱の冷却構造にヒートパイプなどの独自のアイデアを盛り込むと同時に、銅版配線における低損失化をもくろみ、その詳細構造を検討中である。その結果、当初目標の交流 直流変換効率として92%を達成し、装置のラックマウント化、USBインターフェースを介した全外部制御を達成した。  
 特許件数：0 論文数：0 口頭発表件数：0 プレス発表：1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

LD 駆動用の電源として海外では米国とドイツの電源がコンパクトで、比較的大きな出力を発生している。また、日本でも数社が特殊な電源として開発を進めている。しかしながら、本事業で開発するフェムト秒レーザーシステムは、LD を大量にかつ同時に使用するため、このような大容量の出力を安定して発生できる電源はまだない、また、DC 動作と同時にパルス電流も必要とされており、大容量の DC 電源とパルス電源が同時に要求されることも特異である。このような要求に対し、直流電源としての高い性能を達成し、小型化にも成功し、さらには、コンピュータから直接制御可能な電源を開発できたことは今後の高輝度レーザーの産業化には重要である。

2．実用化に向けた波及効果

世の中には、多くの産業用、科学研究用電源が販売されており、これらの電源全体の変換効率の向上がなされれば、省エネルギー効果として大きな成果になる。また、将来の LD を用いた多くの産業応用にかかせないものを提供できるものとする。さらに、TW レーザー用の安定化電源として制御性とコンパクト性を有する電源ができ、レーザー加工装置あるいは医療用レーザーとしての産業化のための大きなステップとなった。今後は、本研究によって得られた成果をもとに、研究者派遣企業である鈴木電機工業(株)において高性能電源の市販に向けた開発を継続することになった。

**残された課題と対応方針について**

LDの特性として、低電圧駆動、大電流動作であるために、一般の電源では起こりにくい電極の酸化の問題があり、現在システム全体を考慮して、この課題を解決すべく検討を重ねている。また、電源開発のための大電力用電子部品は、海外の電子部品メーカーからの輸入に頼っているのが現状であり、新たな電源の開発にはこのような特殊半導体素子の新規開発を待つて実用化となる。独自の電源回路を作製するためには、国内の関連企業とも共同して、新たな電源用素子の最適化の研究を展開する必要がある。

	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	100	503	565	885	1,220	633	3,906	100	503	565	554	545	354	2,621	6,527
設備費	2,060	14,394	2,327	536	0	0	19,317	0	0	0	0	0	0	0	19,317
その他研究費 (消耗品費、材料費等)	621	3,417	1,436	1,545	475	1,750	9,244	0	0	0	0	0	0	0	9,244
旅費	0	43	43	0	0	0	86	0	0	0	0	0	0	0	86
その他	53	146	365	312	411	623	1,910	0	0	0	0	0	0	0	1,910
小 計	2,834	18,503	4,736	3,278	2,106	3,006	34,463	100	503	565	554	545	354	2,621	37,084

**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：システム交流電源、電子負荷装置、スペクトラアナライザ  
 地域負担による設備：LCRメーター