パルス幅90psを実現した短パルスドライバボード

井上 憲人

島津製作所は、BEAM IMPACTシリーズ、外部共振器型短パルス半導体レーザ HK-5630を製品化している。同社は、ドライバボード開発会社トリマティスと共同で、＜100psを実現する製品を市場に投入する。両社は、ピコ秒レーザの外に、青色短パルスレーザなども共同開発していく。

パルス幅90psはノウハウのかたまり

超短パルスレーザと言えば、モード同期方式のフェムト秒レーザがあるが、島津製作所とトリマティスが共同開発したピコ秒レーザは、レーザダイオード（LD）直接駆動方式で短パルスを発生させる。フェムト秒とピコ秒では桁違いであるが、ピコ秒で足りるアプリケーションには、圧倒的に低コストで簡素な構成のピコ秒レーザに優位性がある。

開発が完了したLDドライバボードの仕様は、パルス幅:100ps、ピーク電流:～12A、繰り返し周波数:～1MHz、サイズ:45×45㎜（**図1**）。

開発製品を計測した結果が**図2**、33GHz帯域のリアルタイムオシロスコープで計測してFWHM: 90psとなっている。これが、この製品の真の値と考えとよい。

このレベルのパルス幅を生成できるドライバボードは世界トップクラスと考えられる。海外にも世界的なドライバボードメーカーがあるが、直接駆動方式でピコ秒パルスを生成できる製品は、現在のところ市販されていない。ドライバボードを開発したトリマティスの社長、島田雄史氏によると、このようなドライバボードに対する需要はあるが、それを設計・開発する企業が近年、激減しているのが現状だという。

トリマティスが、このようなハイエンドのドライバボードを製品化できた理由は、「ノウハウの蓄積」の一言に尽きる。このボードに使用されている主要部品はFETであるが、技術的なキーポイントは、配線設計、パターンの引き方と部品の配置にある。ボード設計の経験が少ない技術者が、トリマティスと全く同じ部品をボードに並べてもピコ秒パルスを生成することはかなり難しい。「これこれの部品を開発し、選択して設計した」と言えないところが、「ノウハウの蓄積」の本当の意味になる。

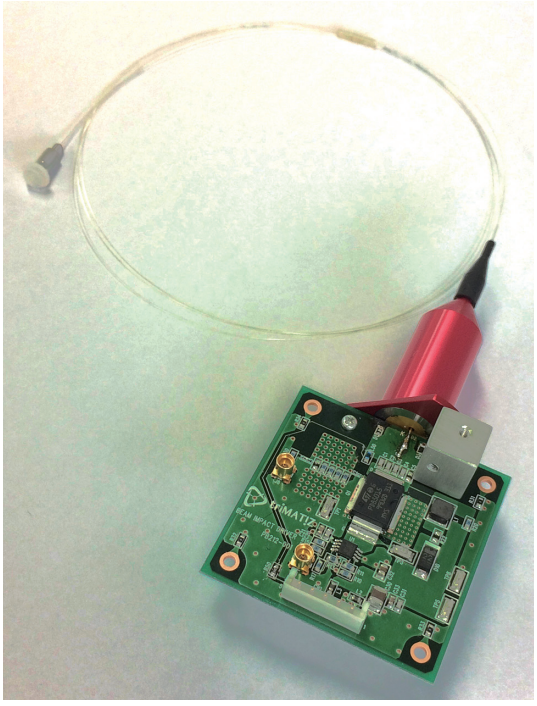

図1　BEAM IMPACT用超短パルスLDドライバボード。LD直接駆動方式で、100psのパルス幅を達成。光変換効率、小型、低コストのピコ秒レーザ光源を実現。用途は、ファイバレーザシード光、分析用光源。

部品の配置に関連してトリマティス技術グループのリーダー、山田直氏は、「短パルスのLDドライバの場合、LDの配置が重要。特に空間出力の場合は、ユーザが場所を指定してくる。その場所が適切でなくても、そこに置くためにどのように配線して行くかをシミュレーションして考えなければならない。このあたりはノウハウになる」と語っている。ここで見ているピコ秒レーザは、空間出力ではなくファイバ出力だが、部品配置の重要性は変わらない。

高周波ボードの設計では、ボードそのものを多層化して伝送線を通すカスタマイズ設計もあるが、これはハイエンドの通信用途。トリマティスは、ボード自体を開発するのではなく、パターンレイアウトと部品の配置で島津製作所の要求に応えるドライバボードを実現した。

トリマティスには、短パルス発生用のユニバーサルボードがある。これまでに10ns用、1ns用などを設計している。山田氏は、ボード作

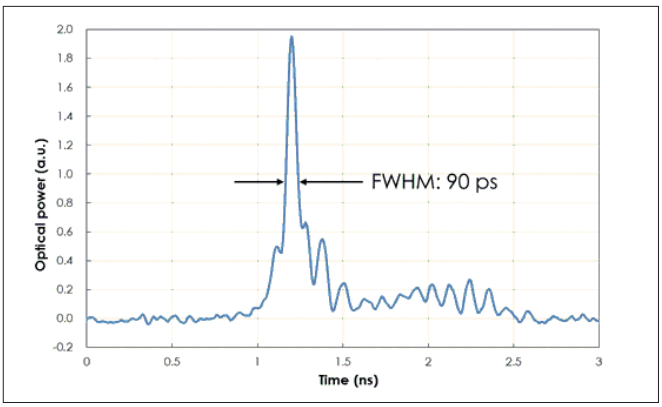

図2　測定値はオシロスコープのパフォーマンスに依存する。パルス幅90psは、テクトロニクスの協力により、同社のMSO73304DX、33GHz帯域で測定した結果。

製手順について、「LD素子そのもののインダクタンス、基板のキャパシタなどをすべて計算した上で、回路定数を決め、パターンの引き方の設計をする。最初から、それを緻密にシミュレーションして定数を決めて行ったところが大きなポイントになる。パターンの引き方が最終的には決め手になる」と語っている。

島田氏は、「ドライバボード設計の仕事は、カタログ化が難しい。ノウハウの塊であり、経験の蓄積。今回は、島津のBEAM IMPACTにフォーカスしたドライバを設計し作製した」と話しており、実際のところ、「ノウハウ」「経験知」なるものは「ブラックボックス」的であり、一般には公開できない部分と理解するのが適切である。

ターゲットアプリケーション

トリマティスは、ファイバレーザシード光用としては、最短パルス幅で安定化して、電源を内蔵し、ピーク電流調整用のつまみを付け、筐体に収めたユニット形状でファイバレーザメーカー向けに市場投入することを予定している。サンプル用ユニットは現在デザイン中。レーザは、島津製作所もカスタマイズ可能としており、波長は920nm～1070nm。代表値は1064nm。

島津製作所の製品、BEAM IMPACTシリーズ短パルス半導体レーザHK--5630は、外部共振器構造であるので、1μm帯に反応するような分野で、パルス幅が狭い分析用途もターゲットにできる。その他、OCTもターゲット市場となる。また、波長が安定しているので基準光源も射程に入る。3倍波にすると紫外の基準光源として使える。

市場戦略的には、「まず、ファイバレーザのシード光を出して、狭いパルス幅をアピールして分析用途を探る。現状、このレベルのパルス幅でこれだけのパワーが出ているシード光は市場に存在しない。同様に、このパルス幅100ps以下が生きてくる分析用途もターゲット市場になる」と島田氏は予想している。

次の共同開発テーマ

島津製作所とトリマティスの次の開発テーマとしては、450nm青色レーザ用のボードがある。これは現在開発中。1μm帯よりも青色波長の方が加工効率がよいので、市場からの注目度も高い。

「1μmは、ファイバレーザのシード光としては競合がひしめいている状況にある。島津製作所は青色レーザを製品化しているので、そのドライバボードも次の1～2年で開発する」(島田氏)。

青色波長のアプリケーションとしては、先ずは金や銅など金属加工が考えられる。1μm帯では金、銅の光吸収率は5%程度であるが、450nm青色は、50%程度の吸収率となる。エネルギー効率が10倍になる。

トリマティスの市場認識によると、プリント基板、ワイヤハーネスも銅であるので、銅を直接接続、つまり溶接する技術が産業分野で関心を持たれている。「ただ、現在は市場にはあまり効率がよくない波長の光しか存在ないので、多重化してハイパワー化する力業で加工しようとしている」(島田氏)。

こうした市場状況に応えて島津製作所とトリマティスは、青色短パルス(<20ns)、ハイパワー光源の開発に着手している。この帯域の波長で課題となる点について島田氏は、「1μm帯は増幅器が使えるので、このようなシード光のパワーはあまり必要でない。励起レーザで増幅すればよい。450nm青色用の増幅器は存在しない。したがって、レーザを並べてアレイにするしかない。これらを同期させなければならないので、全く異なるノウハウになる。もちろん光も合波するが、電気のドライバも大電流を供給して一気に光らせることが必要になる。こちらはピコ秒は難しいと考えており、まずはナノ秒レベルの短パルスをターゲットにしている」と話している。

トリマティスは、2016年に市場投入するスケジュールで開発を進めている。

トリマティスは、富士通のエンジニアが独立して設立した企業であり、主にバースト対応の光増幅器の開発、設計にフォーカスしていた。光通信技術から出発して、現在は産業用レーザ、バイオ・メディカル、センシング・計測分野に製品を供給している。最近では、ピコ秒レーザLDボードの外に、世界最高の70A短パルスLDボードの開発を発表している。 LFWJ