

最新の基盤技術から コンパクトなIR、THz光源

井上 憲人

スコットランドの光源メーカー、Mスクエアレーザー社は、斬新なマウンティング技術InvarianTと、エレクトロニクスデザイン技術をベースにして、コンパクトでメンテナンスフリーの光源を相次いで市場投入している。

すべての光源に共通する特徴

Mスクエアレーザー社(Mスクエア)が最近発表した光源に共通する特徴を最初に見ておこう。3つ上げるとすれば、コンパクト、メンテナンスフリー、ハンズフリーとなる。これらの特徴は、中赤外波長可変光源Firefly-IR、ナノ秒パルス波長可変THz光源Firefly-THz、ウルトラファーストTi:S光源Sprite-tに共通している。もちろん、3年前に製品化されたCW単一周波数波長可変Ti:S光源SolsTiSも同じ特徴を備えている。どの程度コンパクトであるかをこれらの光源の中から代表として、Firefly-THzを取り上げると、励起レーザ内蔵で540×140×90mmだと言う。テラヘルツ(THz)光源として使われることが多いフェムト秒レーザと比較すると、MスクエアのFirefly-THzのコンパクトサイズが容易に理解できる。量子カスケードレーザ(QCL)は、Firefly-THzよりも一段とコンパクトではあるが、チューニングレンジやピークパワー、使いやすさの点ではFirefly-THzに太刀打ちできない。

Firefly-THzだけでなく、Firefly-IR、Sprite-t光源すべてが共通してコンパクトであり、しかもメンテナンスフリーであるという特徴はどこから来るのか。

9月に横浜で開催されたInterOpto 2012に来日したMスクエア、マーケティング・ダイレクターのデービッド・アームストロング氏は、これらの光源のベ

スになる要素技術を3つ挙げている。

独自のマウンティング技術

Mスクエアの光源をコンパクトにし、メンテナンスフリーにする重要技術、同社独自のマウンティング技術はInvarianTと言う(図1)。

「ミラーのアライメントにInvarianTと呼ぶ技術を用いている。工場で、溶けたソルダーの中でミラーをマウント

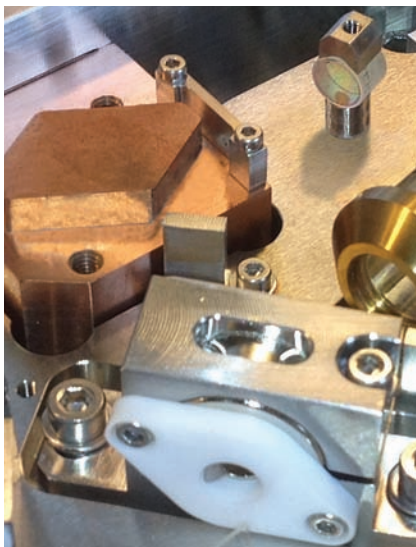


図1 InvarianTと従来のBall+Springの違い。従来技術は、ユーザーが一定期間で再調整する必要がある。バネ定数の経年変化、温度の影響を受けやすいためにドリフトが生ずる。オブティクスに対する圧力のかけ方に起因する歪が生ずる。こうしたことからメンテナンスが必要。一方、InvarianT技術を使ってマウンティングすると、工場で設定した後の再設定、メンテナンスは不要となる。設計、材料の選択により温度の影響も小さく、ドリフトフリーとなっている。

し調整して固めると、ミラーの安定性は極めて高くなる。この後、ユーザーが自ら再調整する必要はない。また、この技術のために材料を慎重に選んでおり、歪も熱膨張も少ない材料を選択している」(アームストロング氏)。

この技術は、現在特許申請中であり、詳細は公開されていない。

これに対して、従来技術では、ボールとスプリングを用いているため、時間とともにバネ定数が増減し、歪が生じ、ユーザーが自分でアライメントをやり直すが必要になると言う。

エレクトロニクス技術

Mスクエアの光源を使いやすくしているのは、エレクトロニクス設計のノウハウを熟知したデザインチームによって実現された最新の制御システムである、というのがアームストロング氏の説明。同氏によると、通信市場をターゲットとする大手測定器メーカー出身の技術者もチームの一員となっており、ハイエンドHi-Fiシステム設計の経験者も含まれている。競合の光源メーカーは、旧来のアナログデザインにとどまっているところも少なくないが、Mスクエアのデザインチームはデジタル技術を採用し、小型でコンパクトなコントローラを開発している。デジタル技術を使うとは、デジタル信号処理をしてローノイズのコントローラを実現することまでも含んでおり、これは製品化されている同社の各種ICE-BLOC製品に反映されている。ICEとは、Instrument Control by Ethernet:

Ethernetによる機器制御を意味する。

これらのICE-BLOC製品はEthernetベースの制御システムであり、これによりMスクエアのエンジニアと顧客はリモートサイトからレーザドライバの電流制御、温度コントロール、アクチュエータのコントロールなどの操作することができる。また、このICE-BLOCコンセプトは、世界のどこにいても光源のモニタリング、診断が可能であることも示唆している。ユーザーが所有するMスクエア製品がネットワークに接続されていれば、スコットランドのMスクエア本社のエンジニアが問題の発生した光源を診断することもできる(図2)。ICE-BLOCは、あらゆるものがネットワークに接続される時代に相応しい制御システムの設計になっていると言える。

大学との密接な関係

スコットランドには、オプティカル研究ラボが多くあり、アームストロング氏によるとレーザ研究支援も歴史的に手厚い。15世紀に設立された大学もいくつかあり、Mスクエアのレーザキャビティ設計は、これらの大学のうちのセントアンドリュース大学の研究チームのアイデアをベースにしている。

「大学で開発されたイントラキャビティ OPO技術ノウハウのライセンスを受け、製品化した」というのがアームストロング氏の説明。

Mスクエア製品のキャビティデザインと従来の光源デザインとの最大の違いは、MスクエアのデザインではポンプレーザとOPOがキャビティを共有している点にある。競合製品では、このキャビティを分けている。これらのキャビティを分けずに1つにしたことのアドバンテージは、コンパクトサイズと高いピークパワー。

「OPOがレーザキャビティ内にある

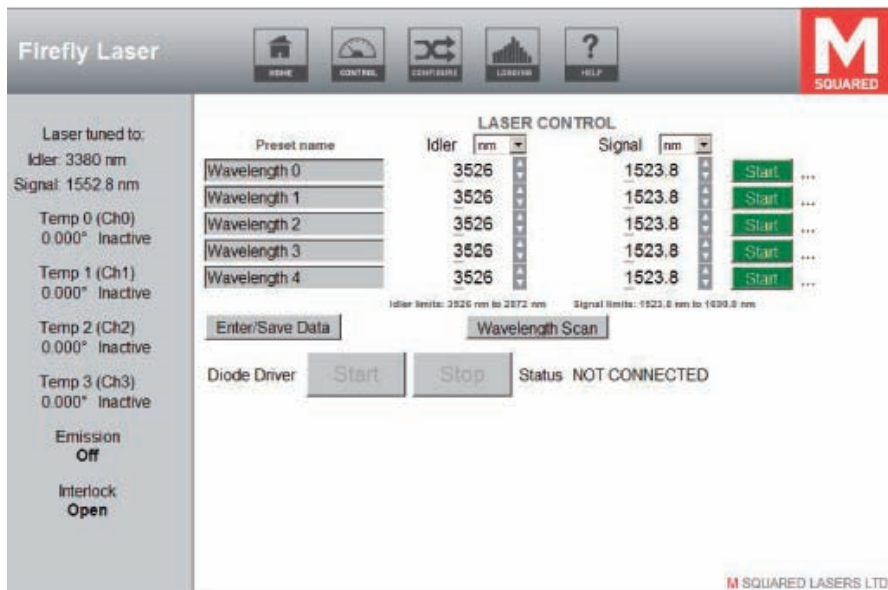


図2 Fireflyレーザの制御画面。波長、温度などの設定を行う。光源がネットワークに接続されていれば、世界中どこからでも制御、モニタリング、診断が可能。

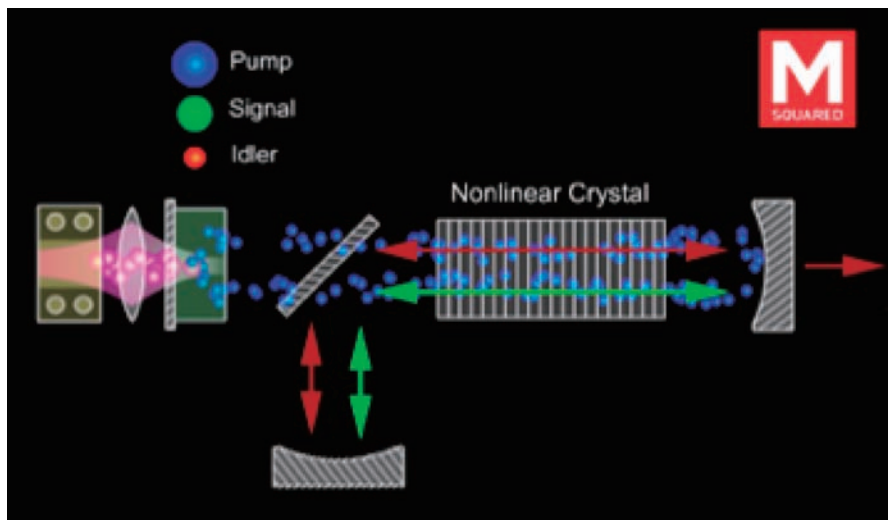


図3 イントラキャビティ OPO デザイン。これはIR光源の例だが、基本構造は他の光源も同じ。図では、ポンプ光、シグナル、アイドラがそれぞれブルー、グリーン、レッドで示されている。非線形結晶を含むキャビティが共有されていることが分かる。

のでピークパワーが高くなり、コンパクトになる」(図3)。

Mスクエアの光源はすべて、上に見てきたマウンティング技術InvariantT、Ethernet制御技術、密接な大学との関係から得たキャビティ設計コンセプトをベースにして実現されている。

以下では、最近リリースされた各種光源について簡単に見ておこう。

テラヘルツ光源

今年1月にリリースされた新しい光源の1つがテラヘルツ光源Firefly-THz。特徴について、ニュースリリースでは、「400Hzで出力 $>10\mu\text{W}$ (同等のTHz光源の10倍)が、 $1\sim 3.5\text{THz}$ ($<100\sim 250\mu\text{m}$)のチューニングレンジで実証されている。一段と高出力、チューニングレンジ拡大も可能」と説明されて

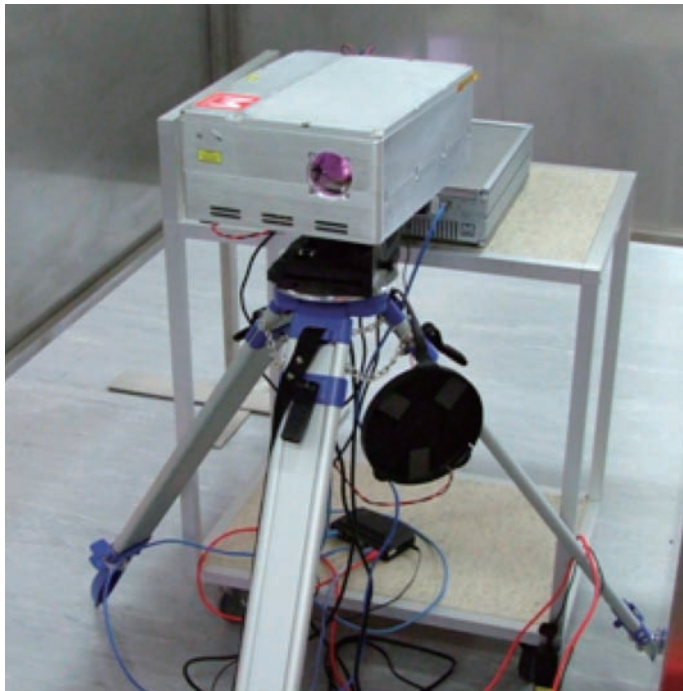


図4 赤外リモート検出装置。チューナブルFirefly-IRとディテクタ、スキャナを組み合わせ、バッテリー動作、可搬検出装置を実現。

いる。さらに、説明は「1つのデバイスで、多くの異なる物質の“フィンガープリント”（吸収特性）をカバーできる。フェムト秒レーザーベースのTHzシステムと異なり、Firefly-THzはタイムドメインではなく周波数ドメインで動作するので、フーリエ変換データ処理やアベレーシングが不要。QCLもTHz光源であるが、これは一般に冷凍機を必要としており、実用上の問題点となる」と続き、競争技術との差を強調している。

これらの特徴の中で、Mスクエアの光源を国内で販売しているオーシャンフォトニクス代表取締役、船木真悟氏は、特に高出力である点を重視しているようだ。

「従来テラヘルツシステムで用いられてきた広帯域フェムト秒光源は、例えば1~2THzのレンジを一度に照射するので出力は低い。それに対してFirefly-THzは、50GHz以下という狭線幅で1~2THzをピークパワーでチューニングする」。

この点はアプリケーションによって

は重要で、狭線幅で高いピークパワーであればディテクションレンジが長くなることを意味する。この光源のアプリケーションは、非破壊検査、薬・爆発物の分析／イメージング、生物学的診断など。遠隔から爆発物の特定をする用途などではこの光源のパフォーマンスが際立ってくるはずだ。

市場性については、船木氏は、「テラヘルツシステムはこれまでフェムト秒レーザーだったのでFirefly-THzのようなコンパクト光源が市場で認知度が高まるのは今後のことだ。しかし、国内では、大学の研究者など十指に余る人々から好感を得ている」とコメントしている。

近・中赤外波長可変レーザー

Firefly-THzと並んでディテクションレンジが長いことが重要視されるのがFirefly-IR光源。これは「高繰り返しナノ秒近・中赤外波長可変レーザー」。ベースになるテクノロジーから来る特徴は、上に見たようにコンパクト、メンテ

ナンスフリー、ハンズフリー。励起光源DPSSが組み込まれており、ネットワークに接続されていれば、世界中どこからでもEthernetを介して操作できる。

光源のデザインはNIRとMWIRのデュアル出力となっており、それぞれローパワーバージョン、ハイパワーバージョンが用意されている。パルス幅、繰り返しレート、ビーム径などは両方も同じ。線幅は、ハイパワーバージョンで違いを設けている。

アプリケーションは、産業用途ではメタンやCO₂などのガスセンシング、炎光分析、埋立層モニタリング、軍用とでは爆発物検出、ヘルスケアでは呼吸分析などがある(図4)。

ウルトラファーストTi:S光源

パッシブモードロック技術を採用したウルトラファーストTi:S光源、Sprite-t。ラインナップは、広帯域自動波長可変フェムト秒／ピコ秒バージョンと固定波長超短パルスフェムト秒バージョンの3機種。船木氏は、「パフォーマンス的には競合と同等だが、コンパクトでPC制御可能、リモート診断ができる点で優位性がある」と語っている。同氏によると、この種のレーザーで、最も大きなターゲット市場は多光子励起顕微鏡のOEM用途。また、アームストロング氏は、「いろんなメーカーの多様なポンプレーザーを幅広く利用することができる点で柔軟性が高い。価格もパワーも柔軟に構成でき、競争優位性が高い製品だ」と説明している。

Mスクエアの製品について見てきたが、いずれもベースになっているのはInvariantT、エレクトロニクス設計技術、スコットランドの大学との密接な関係。Mスクエアにとって残る課題は、製品が市場に認知され、製品の普及に拍車がかかると言える。 LFWJ