

実用市場に鋭く切り込む 量子ドットレーザ

井上 憲人

量子ドット(QD)レーザは、1982年に荒川泰彦氏が提案してから、30年経過した。この技術を利用した製品は世の中に存在するが、量子井戸レーザの地位を脅かすほどではない。QDレーザの最適市場はどこか。

量子ドットレーザ

QDレーザを製品化している会社は、ドイツのインルーム社(Innolume)、日本のQDレーザ社の2社のみ。2001年に米国アルバカークに設立されたZIA Lasersは、2006年にインルーム社が買収した。

半導体レーザは、現在、量子井戸レーザが主流であり、波長範囲650nm～1.1μmではInGaAs/GaAs、1.3μm～1.8μmまではInGaAs/InPがある。この間、1.0μm～1.3μmがインルーム社が製品化できるQDレーザの守備範囲となっており、同社のターゲット市場もこの範囲。インルーム社のQDレーザは、AlGaAsバリア層としたInAs/GaAsで、高出力が特徴。現在提供できる最大出力の製品は400mW、波長やモードによるが効率は40～60%になるという。

QDレーザの出力は、レイヤあたりのドット密度とスタックできるレイヤの数によって決まるが、2008年に来日した同社CTOのアレクセイ・コーヴィシュ氏(Alexey Kovish)は、同社がコムレーザ(comb-laser)用に開発している製品は「10層積んで75nmの帯域をカバーする」とコメントしていた。今年初めに来日したプロダクトマネージャのアレクセイ・シコーリニック氏(Alexey Shkolnik)は、「段階的にハイパワー設計を行っており、現在スタックできるレイヤは25層」としている(図1)。

QDレーザの層は、単純にスタックしていくと歪が累積するので、歪補償、歪緩和層を入れながら総数を増やしていくが、この点についてインルーム社は、過去の論文で「InGaAs層でドットをカバーしてQD歪を抑制する」⁽¹⁾としている。また、製品アップデートより高出力化が進んでいることは事実であり、同社のQD作製技術は着実に進化していると考えてよさそうだ。

ラマン増幅用ポンプ光源の可能性

シコーリニック氏の関心事は、言うまでもなく市場にある。

「価格設定の問題があるのでテレコム市場で既存製品と競合しないようにしている。特に要求があれば1.0μmの製品も出せるが、980nmと争うつもりはない。通信波長1.3μm帯で、中国メーカーの製品と争うこともない」(シコーリニック氏)。

これはインルーム社の市場戦略でもあるが、このようにターゲットを絞ったときに射程に入ってくるアプリケーションの1つがラマンアンプ用の励起光源である。2011年5月に発表した12xxシリーズは、1350mAで出力350mWであり、1175～1280nmのどこでも中心波長をカスタマイズできる。

PONシステムの長延化では増幅器が必要になる。ファイバ増幅器を使う場合、1.55μm帯の信号は価格のこなれ

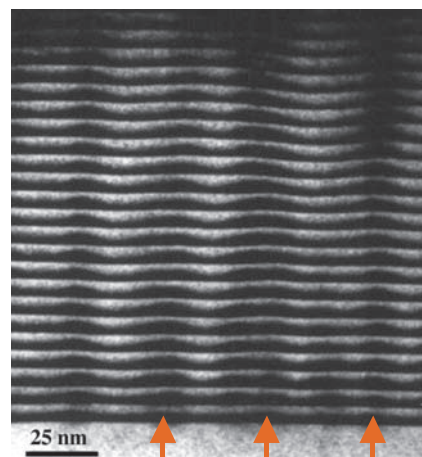


図1 25層スタックしたQDレーザ。

たEDFAが使えるが、Sバンド(1450～1490nm)はトリウムドープのファイバ増幅器、1.3μm帯にはプラセオジウムドープのファイバ増幅器となる。光ファイバ増幅器は、EDFA以外はほとんど需要がないので価格は高い。半導体光増幅器(SOA)もノイズが大きいなど、問題がある。これらの問題を回避する目的でラマン増幅の検討がされている。

上り信号1310nmの増幅用に、インルーム社の波長1240nm、出力300mWのQDレーザを使用して実験を行ったのはイギリスの大手通信事業者のBT社だ。商用GPONシステムで、上りバースト信号にラマン増幅を適用した初めての実験であると報告されている。この報告では、QD励起レーザは、波長1240nm、動作電流1100mAで300mW超のファイバ出力。レーザは、偏波依存利得(PDG)が2.4dBとなっており、偏波状態が直交する2つの励起光源を偏波多重してPDGを0.8dBに下げたとして

いる⁽²⁾。

ラマン増幅を使う利点は、長延化(BTの実験では50km)の他に、コンパクト、ローコストなどが考えられるが、シコーリク氏は「BT社のプロジェクトでは、局舎とユーザ宅との間の電気ボックス(E-box)が不要になる。通常はE-boxを置いて信号を増幅するが、BTプロジェクトでは初めてE-boxをなくしながら長延化を実現した」と付け加えている。これらは、まとめて「OPEX、CAPEXの抑制」と言い換えることもでき、システムの設計によっては局舎の数を少なくして、1つのPONシステムあたりに収容できるユーザ数を増やすことも可能だ。

国内でも、光アクセスの今後の方向性の1つとして、NTTアクセスサービスシステム研究所、木村俊二氏は、「局統合(広域化)」を、効率的運用が可能なFTTHインフラネットワークへの進化(OPEX削減)と捉えている(8 Lambda Forum 2012)。NTTは、今年3月、北海道に「100km以上の広域加入者系ネットワークを模擬したテストベッド」を構築したと発表している。ここでは、利得媒体としてSOAが採用されているが、このような方向性ではラマン増幅にもチャンスがあると考えてよいことになる。

BT社のプロジェクトの現状についてシコーリク氏は、「すでに次の段階に入っており、サードカンパニーとともに、ラマンポンプシステムをプロダクションレベルに持って行く準備を進めている。ポンプレーザ、ファイバ、ボードを組み合わせてワンボックスにする。現在、BTはこのシステムをラボで評価している」と説明している。

インルーム社のQDレーザは、テレコム用にはTelcordiaテストを行い、「今年中にはTelcordia完全認定が得られ

る」とシコーリク氏は見ている。また、自社サイトでもライフタイム計測、FIT計測が行われている。

DFBアレイに代わるコムレーザ

以前の記事では、コーヴィッシュ氏は「今のわれわれの関心事は光インタコネクタだ。われわれの技術は、こうした市場に適している」⁽³⁾と語っていたが、数年の時間の経過でラマン増幅アプリケーションが前面に出ることになった。とは言え、コムレーザの開発は今も続けられている。

コムレーザは、ブロードな光源から適切なチャネルスペースで波長を切り出し、各波長を個別に変調した後、合波してWDM送信器を構成する。コーヴィッシュ氏によると、DFBアレイに対するQDコムレーザのアドバンテージは、シングルローコスト光源、温度依存性が少ない、波長ロックがシンプルである、などとなっていた。同じ構成は、光源にSLDや量子井戸FPレーザを使ってもできそうに見えるが、出力が一定しなかったり、スペクトラムの安定性が得られなかったり、実用レベルには達しない。これらの点で全く問題がない光源がQDコムレーザである、というのがインルーム社の主張だ。

シコーリク氏は特に触れていないので、ここでは深く立ち入らないが、インルーム社はブロードなQDレーザと外部共振器を組合せ、QD外部共振器ダイオードレーザ(QD-ECDL)の開発にも取り組んでいる。2010年の段階で、480mW、InAs/GaAs QD-ECDLのチューニングレンジは202nmとされていた⁽⁴⁾。

上のコムレーザからマルチチャネルを切り出して使うには、DEMUX、MAX、変調器アレイが必要になる。これらのパーツはシリコンフォトニクスベンダから調達して組み合わせて使うことも

可能だ。OFC/NFOEC 2012でも、これらのパーツを使ったデモンストレーションが行われていたので、インルーム社のコムレーザを使ったWDM光源は、実用化一歩手前にあるとも言える。ただ、インルーム社は、リング共振器ベースの変調器を自社開発しており、シコーリク氏は、この種の製品の市場を「5年先」と見ているようだ。とは言え、コムレーザは、欧米の大手テレコムベンダ向けに、これまでに10台程度サンプル提供しており、需要次第では量産時期が早まる可能性もある。

日本市場の動向

インルーム社の主な製品は、ハイパワーシングルモード、マルチモードレーザ。DFBレーザの開発は現在進行中で、近々最初の成果が発表される予定。「ファイバ出力は20mW、線幅は1MHz。これはプレリミナリ計測結果。さらなる高出力化を進めており、この製品のフィジビリティ実験から、ファイバ出力数100mWは可能ではないかと考えている」(シコーリク氏)。

国内でインルーム社の製品を販売しているセブンシックスの安野航太氏によると、日本市場では医療用途で波長帯1.1~1.3 μ mに強い需要がある。インルーム製品の特徴の1つはハイパワーであり、この点を活かしSHGでオレンジ、イエローなどに変換して使用されている。波長帯600nm前後は、DPSSレーザのテリトリーの一部であるが、ハイパワーQDレーザが鋭く切り込んでいるのが現状のようだ。

参考文献

- (1) Christian Meuer et al., 2008/Vol16, No. 11 Optics Express
- (2) Drek Nasset et al., OthW6, OFC/NFOEC 2010
- (3) LFWJ_2008年11月
- (4) Ksnenia A. Fodorovs et al., 2010/Vol.18 No.18 Optics Express