

## レーザーコンパス

## 面発光半導体レーザー

伊賀健一\*

Kenichi IGA\*

筆者らは、1977年以来面発光半導体レーザーの研究を続けているが、ここ2、3年頃に面発光レーザーへの感心が高まり、いろいろな形式の面発光レーザーの研究が活発化してきた。面発光レーザーの共通的な特徴はというと、基板と垂直方向にレーザー光が取り出せる、レーザーデバイスがモノリシックに製作できる、2次元アレーレーザーが容易に作れる、などが挙げられる。筆者らが進めている垂直共振器型面発光レーザーはこれらに加えて、円形ビームが得られる、単一波長発振が可能、など優れた特性が期待できる半面、現在の半導体技術では、すぐに使えるデバイスがたちどころに出来るというわけではないという困難さがある。例えば、通常のストライプレザーでは、研究室に入ってくる大学院修士課程の新入学生でも、3ヶ月もあれば自分で作れるようになるのに対し、面発光レーザーでは、修士課程の2年間が少なくとも必要な様である。

元々、大学での半導体光デバイスの研究は、予算、設備などの点でも決して易しいものではなかった。さらに企業の研究所と比べて、学術的な基礎の構築、未開拓技術の冒険的探索、勉強した学生が社会に出てハッピーになること、

等考えねばならないことがある。従って、それ自体の難しさ、上記の制約をまともに考えると、面発光レーザーの研究遂行はドンキホーテ的である。事実、当初、面発光レーザーの実現を信じる人は本当に少なかった。最終的にデバイスの研究が成功したとするのは、やはり、工場において生産され、システムに取り入れられて、産業規模に発展する事と心得れば、面発光レーザーはまだ未知数である。しかし、最近の光エレクトロニクスの発展を見るに、面発光レーザーの将来における役割が、少しずつ鮮明になってきたような気がするのである。

まず第1は、大容量光通信への適用である。光通信の実用化も進み、加入者系への適用、さらにテラbits/s程度のPCMシステムの大容量化も検討されている。しかし、現在の4kHz帯域の電話から、約100MHzの帯域を必要とする高精細TVが通常のベースとなれば、トランク伝送路の帯域は少なくともその比25,000倍だけ大きくなければいけない。現在の最高速PCMの等価アナログ帯域が5GHzとすれば周波数にして $1.5 \times 10^{14}$ Hz、すなわちペタbits/s程度のPCMデジタルシステムが対応する（ペタ：Peta= $10^{15}$ ）。送・受・中継器に用いる最高速

\* 東京工業大学精密工学研究所 (〒227 横浜市緑区長津田4259)

\* Tokyo Institute of Technology, Research Laboratory of Precision Machinery and Electronics (Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 227)

のエレクトロニクス周波数限界としてアナログ周波数で10GHzを期待して2Chを收容する。並列・多重方式で残りの12,500倍をいかに実現するかが問題となる。この答えを見付けるのがこれから10~20年の課題となろうが、ここでは一つの試案を提供したい。例として、波長 $1.55\mu\text{m}$ 帯の低分散光ファイバを使用した10GHzを1チャンネル(Ch)として並列・多重方式を考える。すなわち、この波長帯の波長幅1は12.5GHzに対応するので、 $10\text{\AA}$ 毎に20波程度の波長多重を考えるのはさほど困難ではない。この時、中心波長 $1.55\mu\text{m}$ に対して200の帯域(比帯域=13%)の使用率は未だ1/10である。従って、周波数多重あるいは時間多重はオプションとして残る。次に、625Ch程度の空間並列多重を行う。これでおおよそペタビットのデジタルシステムが出来る。次に、必要なデバイスの可能性について考えてみる。このように多くのチャンネルを並列多重する場合、用いるデバイスの超小型化、集積化がキポイントとなる。その一つの解決策として、2次元並列デバイスの考え方が参考となろう。すなわち、面発光レーザー型デバイスと積層光集積回路および、高速VLSIの併用である。面発光型光デバイスは今述べた並列多重方式に必須の構成法と思われ、逆に面発光型光デバイスができなければこの方式は実現が難しそうだ。そこで、面発光型光デバイスの特徴についてまとめてみると以下ようになる。(a)偏波面依存性が小さい、(b)2次元アレー化が可能、(c)結合効率が大きく取れる、(ビームモー

で単一・多モードファイバと相容れる)、(d)積層集積が可能、などなど。面発光レーザー型デバイスの組み合わせで周波数可変、増幅、スイッチング、フィルタなどの機能が実現できると期待される。ただし欠点としては、光利得や光路長変化量が小さいこと、交換デバイスが作りにくいことなどが挙げられるが、量子井戸・超格子構造の導入や立体回路構成が手助けになろう。なお、最大の問題はLSIと同じく素子間の結合をいかに能率良く行うかにあり、3次元的な光配線の考え方が必要となる。

次に、第2に考えられるのが並列光プロセスである。画像を一挙に処理するための並列マシンの概念をいろいろ考えられているが、共通的に認められる点は、光の並列性を最大限に利用することであり、そこには、どうしても並列光デバイスがなければならないのである。また、微小消費電力で動作するレーザーデバイスは、LSIの並列光結合の分野でも欠かせない。

第3は、大出力レーザーシステムであろう。連続出力で、30W以上の出力が可能になっている半導体レーザーを極端に将来外挿して発する疑問として、半導体レーザーでレーザー核融合は可能か?ということがある。事実その効率50%以上が可能ということを念頭におき、レーザー増幅器とともに真面目に考えている人も出てきている。筆者としても、結晶やプロセスの完全性追及を徹底的に行えば、あるいは夢ではないかもしれないと思っている。まだまだ、ドンキホーテの旅は続く。