

レーザーコンパス

半導体レーザーの将来

西澤潤一*

Jun-ichi NISHIZAWA*

昨今のレーザー研究から開発の発展を見ていると正に目をみはる思いがする。半導体の進展に倣らされて、「急速な発展」という言葉の標準が狂ってしまい、一寸した成功発展も大したことと思わなくなってしまっている。しかし、半導体の成功は産業革命以来と云われているが、或いは人類の歴史始まって以来と云うべきかも知れない。オプトエレクトロニクスの成功も大成功と云わねばなるまい。

いくら大型高速の電子計算機ができたとしても出入力回路につながる通信網がなければ無用の長物とまではゆかなくても機能を十分に発揮するには至らない。それを可能にしたのが光通信であり、その立役者が半導体レーザーであり、pinフォトダイオード・アヴァランシェフォトダイオードなのである。光通信から始まって中波から、いやアーク式の発振機を用いた電信通信から始まって、コツコツと築き上げてきた100GHzであった。それでも人類にとっては驚異的な3mm波であり、テレビ伝送チャンネルが10,000以上とれるということは科学技術の偉大さとして絶賛を博した。

しかし、これでも猶、現在の電子計算機の性能を十分に発揮させるには不足である。ここで半導体レーザーの出現は正に画期的というべきものであった。すなわち、従来100GHz帯まで漸く進んで来た電波の発生・増巾・検波の実現は、半導体レーザーの実現によって一挙に波長1 μm 以下、100THzを超えることになったので

ある。

これだけの波長になれば含ませうる情報量は膨大なものとなる。すなわち光通信が成功してはじめて半導体時代・集積回路時代に対応ができることになったのであり、逆に云えば光通信の実用化が、集積回路による産業革命以来の大進展を重ねてより大きなインパクトを与えつつあると云ってよいであろう。今や集積回路と光通信とは茶碗と箸、ナイフとフォークの関係にあるといえる。

北海道から九州に至る光通信幹線の敷設は、日本の中枢神経の完成ということができ、これで日本国内で、どこの間でも多量の情報が遅滞なく流れることができるようになった。しかもそれが、海底光通信ケーブルにつながり或いは衛星通信となって広く海外の通信網に接続され世界を結ぶ情報の大河となる。しかもその太さが僅かに10 μm あれば充分というのだから痛快である。

すなわち本当の意味で人間社会の中で情報が人間と共に働らくようになったのが、最近最も変化したところなのであり、その立役者が半導体集積回路と光通信なのである。これで人類は新しい生きかたに入る。

さて、少々方向を転ずることにする。では他の分野での半導体レーザーの将来は如何であろうか。レーザー・ディスクやコンパクト・ディスクの商品化によって半導体レーザーが商品となり、これと相伴って通信用の半導体レーザー

* 東北大学電気通信研究所 (〒980 仙台市片平2-1-1)

* Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University (2-1-1, Katahira, Sendai 980)

の品質が非常に向上したようである。

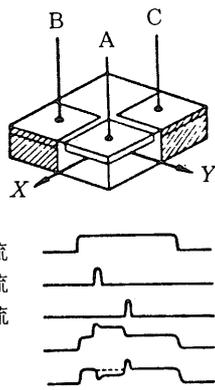
嘗ての“使えないのではないか”と云われた時代を振り返ると感無量なるものがある。

然し、それ以外の半導体レーザーの市場となるといささか悲観的なものが多い。

先ず、光計算機であるが、我々が1965年に光スイッチ・光クエンチの実験をしてその速度の測定を行い、速度は半導体レーザーの大きさできまり、相当おそいことを示した。第1図に示したのが、その原理に基づいたフリップ・フロップであるが、そのスイッチ切換速度を測定するために、一端から入る光をミリ波で変調しそれに直角な方向に出てくる光を分光すると、分光スペクトラムに側帯波が現われる。この側帯波の現われることから、光の変調が相互作用をして変化した早さを求めることができる。(第2図)

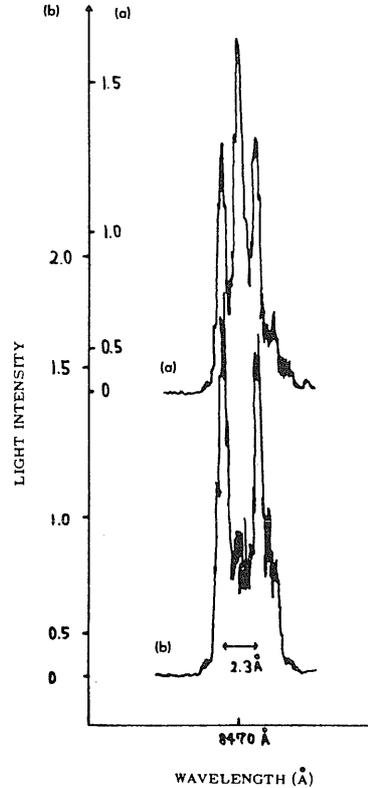
このような測定の結果変化する速度はレーザー光が半導体レーザーの両端面の間を往復して立ち上がったり、弱くなって行って安定するまでの時間に対応することを明らかにした。つまり増巾され易い場合には早く変化できるから、早い応答を示す半導体レーザーは利得の大きなレーザーであることを必要とする。

以上よりすると、現在の半導体レーザーではnsの桁の応答速度であり、GaAsの理想型 SIT



光スイッチ：BでYをon, CでYをoff動作できる。逆にBでXをoff, Cでonにする。

第1図 X-Yスイッチ



第2図 (a) 変調なし (b) 46GHz変調

やSITTの予想速度psに到達するのは猶相当の困難があると考えられる。すなわち当分の間、光計算機としての出番はないのではないかと考えられる。

最も有望な光集積回路としては、BTLで開発中の端局用の音声による光変調装置であると考えられる。それ以外に光集積回路のメリットは余りないように筆者には思われる。しかし、発光ダイオードでも外部量子効率19%をこえ、おそらく30%に乗るものと思われる。この分野の実用性を考えて見るだけでも非常に大きなものとなり、また三色ディスプレイなども大型に限っていえば三原色光が既に揃った現状では実用化も間近いのではないだろうか。

それ以外にも、先頃米国ではレーザーを用いて農地の耕作をやっているのが放映された。おそらく固体レーザーであろうが、機械加工は勿論このようなところまで実用化が進んでいる。

ビルの壁に投影するディスプレイなども更に広く実用されることになろうし、いよいよレーザーも大きな産業に育ちつつあるのはご同慶に耐えない。

しかし、私は、最も大きな将来を持つのは、光化学、フォト・エピタキシイの分野であると信じている。従来の化学が熱による化学であったのに対して、光による励起は量子効果を純粹に起こすことができる。すなわち、反応を起こさせるときに必要な特定ラジカルやイオンだけを選択的に発生させることができ、純粹な反応を起こすことができるはずである。

化学反応は多段プロセスである。この各素過程の励起を次々に行えば、非常に明確に一種の反応プロセスだけを誘起できるから、温度を上げることなく、つまりより完全な、より純粹な物質を製造できることになる。

これらが従来の化学反応の分野に新しい光を当てることになるであろうし、また、従来、合成できないと考えられていた材料の合成も可能にするものと思われる。何しろ $1\mu\text{m}$ の波長の光

の持つ光子は約 1.2eV で、これだけの平均エネルギーを持たせるためには、温度を $11600 \times 1.2^\circ\text{K}$ まで上昇させなければならないのだから、従来は全く不可能だったとも云い得るのである。

これらの特定波長を出す強力光源が今後多く必要とされるであろうし、またできたイオンやラジカルの種類を正確に知るための分光器の開発が必要である。現在までの分光技術は物質や分子構造の同定のみが対象であったがこれからは、励起状態まで測定することが要求される。また励起用の波長が決まればあとは単一波長でよいが、それまでに至る基礎研究用としては、広い範囲の波長が得られるエキシマレーザーなどの開発が今後共増々重要となろう。

それと共に、検波用としてpinフォトダイオードやAPDが我々が発明してから30年以上経つのにまだそれ以上のものが出ていない。より広帯域より高感度の検波器が要望される。この鍵の少なくとも一つはラマン・レーザーとブリュアン・レーザーであるように思われる。