Laser Compass

# 半導体レーザー

菅 博文†

## Semiconductor Laser

Hirofumi KAN†

1962年に液体窒素温度で半導体レーザーが発振してからすでに47年が過ぎました．現在でも半導体レーザーは研究，開発や産業のキーデバイスの対象となって，さらに進化，発展を続けています．初めは低温でしか発振しなかった半導体レーザーですので，常温で発振させるために多くの研究者が競争して半導体レーザーの研究が続けられました．特にレーザー発振部の活性層の形成方法に注目し，ホモ接合のキャリア濃度分布についての研究，その後はシングルヘテロ接合構造および熱処理条件と半導体レーザーの発振効率等につき，大きな努力がなされました．しかし，多くの研究所では室温での発振は不可能だと判断し，数年後に研究から撤退したり，縮小したりして半導体レーザーの研究は下火になりました．そんな時，米国，ロシアでほぼ同時にダブルヘテロ接合半導体レーザーを用いて，室温連続発振に成功しました．当時このニュースを知り愕然とした気持ちをいつまでも忘れません．まるで昨日のことのように思い出します．その当時，ダブルヘテロ接合構造は理論的には良いと推測されていましたが，具体的にどうやって実現するのか，方法がわかりませんでした．私の所属していた研究所でも早速ダブルヘテロ接合半導体レーザーの研究を開始し，半導体レーザーを試作しました．その結果，数秒間ですが室温連続発振に成功しました．しかし，その後安定に動作するまでの道程は遠く長いものでした．応用物理学会等でも半導体レーザーの信頼性の問題が非常に多く取り上げられ，その当時は会社の壁などがないように議論されたことを思い出します．信頼性の問題を解決してから，半導体レーザーの研究，開発，応用は目を見張るばかりの進歩があり，コンパクトディスク，DVD，光通信等のキーデバイスとして，現在では一大産業を形成しています．

半導体レーザーは現在も研究，開発の対象となっており，発振波長は固体レーザーの3倍波（355 nm）より短波長の紫外領域（342～336 nm）から青色～赤色の可視領域，赤外領域の4～14 μm帯，さらには電波と光の境界領域のテラヘルツ領域にまで広がっています．また，温度に対して半導体レーザーの特性の変化が非常に少ない，量子ドット構造の半導体レーザーの製品化も成功しました．今年になり日本の研究所により，これまで安定発振は不可能と思われていたグリーン領域（510～515 nm）の半導体レーザーの発振に成功しました．

半導体レーザーは小型，軽量，高効率で量産可能という特徴を持つばかりでなく，最近は外部ミラー，内部の導波路構造の研究によりコヒーレンス性も良くなり，固体レーザーに匹敵するようになってきています．この45年間にレーザー出力は数kWクラスになり，金属の溶接，熱処理等にも応用が拡大してきました．最近では，固体レーザー励起用光源としてスペクトル線幅の狭い数kW級のDFB半導体レーザーの実現にも成功しています．また，日本発の面発光半導体レーザーダイオードにおいては，高出力化，高性能化，高速性が達成されています．これまで低温でしか連続動作しなかった赤外領域の量子カスケード半導体レーザーにおいても室温以上での連続動作が可能になりました．この赤外領域の量子カスケード半導体レーザーに表面プラズモニック効果を用いて，レーザーの偏光や放射パターンの制御にも成功しました．この量子カスケード半導体レーザーの発振波長領域4～14 μm帯には，分子の指紋領域と言われる多くの分子の吸収ラインがあります．量子カスケード半導体レーザーは本質的にスペクトル線幅が非常に狭い $\Delta = 0.00000007$ nm程度と考えられています．そのため，現在話題になっています地球温暖化効果ガス，CO，$CO_2$，NO，$NO_2$，$SO_2$，$CH_4$，$NH_3$，$C_2H_4$などの種々のガスを高速高感度で測定可能となります．例えば，$H_2O$やその他の同位体の検出も可能になってきています．また，最近は全く新しい動作原理によるホトニックバンドギャップを有するホトニック半導体レーザーが出現し，スペクトル線幅が狭くてビーム放射パターンの非常に鋭い半導体レーザーが実現しています．そして，さらに新しい半導体レーザーの提案もされています．

昨年から世界の経済は非常に悪い状況が続き，レーザーを用いた産業も多くの影響を受けています．このような時に日本発の新しい半導体レーザーにより，この産業界の閉塞感を打破し，新しい半導体レーザーを用いて産業界に新鮮な風を送りたいものです．

†浜松ホトニクス（株）中央研究所（〒434-8601 静岡県浜松市浜北区平口5000）
†*Central Research Laboratory, Hamamatsu Photonics K. K., 5000 Hirakuchi, Hamakita-ku, Hamamatsu Shizuoka 434-8601*