

# 最近の技術から

## テーパ導波路半導体レーザー

雙田 晴久

(株)富士通研究所 〒243-01 厚木市森の里若宮 10-1

### 1. ま え が き

将来の光加入者系システム実現のためには、レーザーモジュールの低価格化が最重要課題のひとつにあげられている。そこで、モジュールを構成する各部品のコストダウンが積極的に進められている。しかし、抜本的な低価格化のためには、従来のレーザーモジュール構成を見直す必要に迫られている。従来の幹線系伝送システム用モジュールでは、半導体レーザーからの放射角の広いレーザー光をレンズ系を用いてファイバーに結合する方法が採用されており、高信頼で高効率な光結合がなされている。しかし、この方法では光学部品点数も多く、また光軸調整が困難で高価であった。ここでは、レーザーモジュール結合光学系の簡略化、低価格化を狙って放射特性を改善したテーパ導波路半導体レーザーについて紹介する。

### 2. 素子構造

テーパ導波路半導体レーザーは図1に示すように、レーザー発振する多重量子井戸(MQW)の活性層と出射するレーザーの放射角を狭めるテーパ導波路を集積している。また、レーザーの低しきい値電流化、高効率化、安定な横単モード動作のため、埋め込み導波路構造を用いている。出力端に向けて徐々に積層膜の厚さを

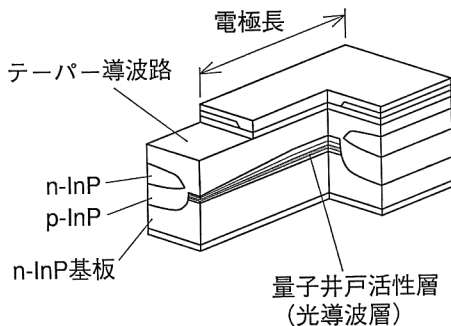


図1 テーパ導波路半導体レーザーの構造図

薄くしたテーパ導波路は、集光レンズと同じ機能を果たすスポットサイズ変換器として働く。すなわち、埋め込み導波路のコア部の厚みが減少することにより、垂直方向の光閉じ込めが弱くなり垂直方向のモードフィールド径が広がる。このことにより、水平方向への等価的な光閉じ込め率も減少し、水平方向のモードフィールド径も同時に拡大する。放射角は、モードフィールド径に反比例することから、垂直、水平とも放射角を大幅に狭くすることが可能である。本素子では、活性層とともにテーパ導波路を選択成長技術で同時形成しているところに特徴がある。有機金属気相成長法(MOVPE)では酸化膜をマスクにするとマスク近くでは成長速度が速くなる性質があり、エッチング加工等を伴わないで膜厚を変化させたウエハを容易に製作することができる。活性層には、6nm厚のInGaAsP井戸層と15nm厚のInGaAsP( $\lambda_g=1.1\mu\text{m}$ )バリア層からなる5層の量子井戸構造を用いた。また、活性領域での光閉じ込めの増大のため、厚さ100nmのInGaAsP( $\lambda_g=1.1\mu\text{m}$ )SCH層で挟んだ構造としている。出射端と平坦な利得領域との層厚比は1:3である。ビーム伝搬法を用いた解析結果ではこの層厚比でスポットサイズをレーザー部の2.5倍に拡大することができる。共振器長は500 $\mu\text{m}$ とし、うち平坦な利得領域として長さ300 $\mu\text{m}$ を確保し、テーパ領域を200 $\mu\text{m}$ とした。図2は膜厚の共振器中での分布の測定結果である。また、可飽和吸収による温度特性の劣化<sup>1)</sup>

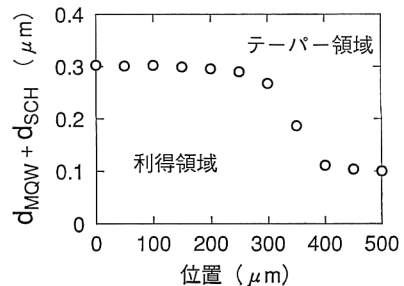


図2 MQW層とSCH層との膜厚分布

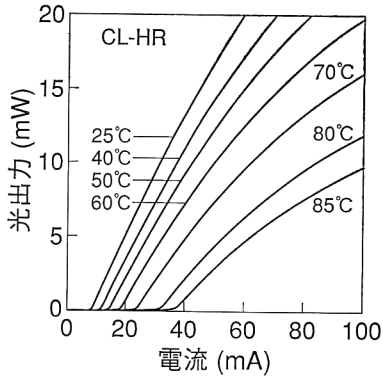


図 3 電流-光出力特性

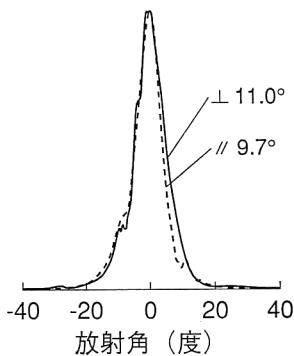


図 4 10 mW 出力時の放射特性(室温)

を避けるために電極長は平坦な領域より  $100\ \mu\text{m}$  長い  $400\ \mu\text{m}$  とした。一部の素子については後端面に高反射 (HR) コートを施した。

### 3. 発振特性

両端面とも劈開の素子の室温 cw での特性はしきい値

電流が  $11\ \text{mA}$ 、スロープ効率が  $0.27\ \text{mW/mA}$  となった。後端面に HR コートを施した素子の電流-光出力特性を図 3 に示す。しきい値電流は室温で  $8.5\ \text{mA}$ 、 $85^\circ\text{C}$  で  $36.2\ \text{mA}$  で通常のレーザーと比べて遜色のない値が得られた。スロープ効率は室温で  $0.46\ \text{mW/mA}$ 、 $85^\circ\text{C}$  で  $0.20\ \text{mW/mA}$  であった。室温、 $10\ \text{mW}$  出力時の前端面からの遠視野像は図 4 に示すように水平、垂直両方向とも単峰性であり、半値全幅は水平方向  $9.7^\circ$ 、垂直方向  $11.0^\circ$  と通常のレーザーの約  $1/3$  の値が得られた。

### 4. むすび

テーパー導波路半導体レーザーで、スポットサイズ変換器を集積しても普通の半導体レーザーと遜色のない光出力特性を維持し、放射角を水平  $9.7^\circ$ 、垂直  $11.0^\circ$  と変換器を通さない場合の  $1/3$  以下に狭めることができた。これをコア径  $10\ \mu\text{m}$  の単一モードファイバーに一個のレンズ系で集光して結合したところ、結合効率は  $5\ \text{dB}$  の改善がみられ、レンズなしでのファイバーへの直接結合では  $3\ \text{dB}$  の結合損にとどまった。今後の光加入者用レーザーモジュールには、低コスト化が可能で狭放射角特性をもったこのようなテーパー導波路半導体レーザーが積極的に用いられると考えられる。

### 文 献

- 1) H. Kobayashi, H. Soda, M. Ekawa, N. Okazaki, S. Ogita and S. Yamazaki: "Narrow beam tapered thickness waveguide integrated BH MQW laser operation at high temperatures," *Digest of 14th IEEE International Semiconductor Laser Conf.*, W 2.4 (1994).

(1995年2月28日受理)