

半導体レーザー

■モード

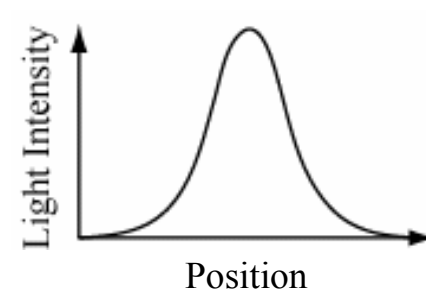
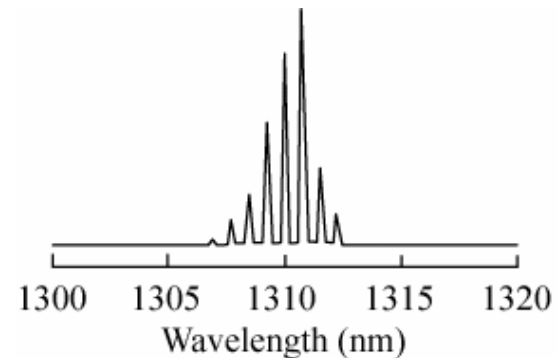
■レーザー光の電磁界分布

■縦モード

■スペクトル

■横モード

■ビーム形状



半導体レーザー

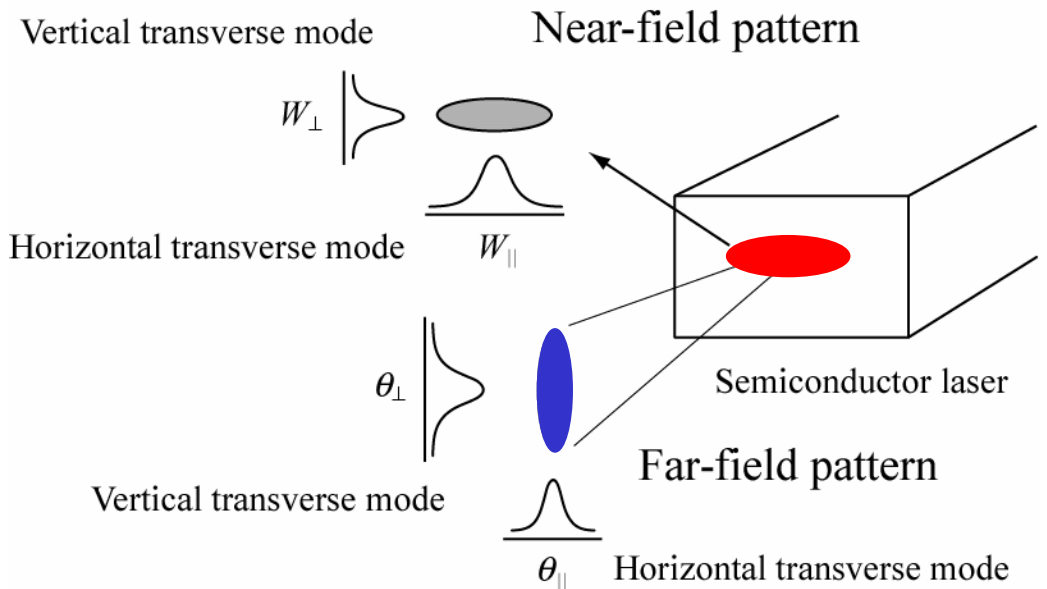
■ 横モード

■ 近視野像

■ 端面

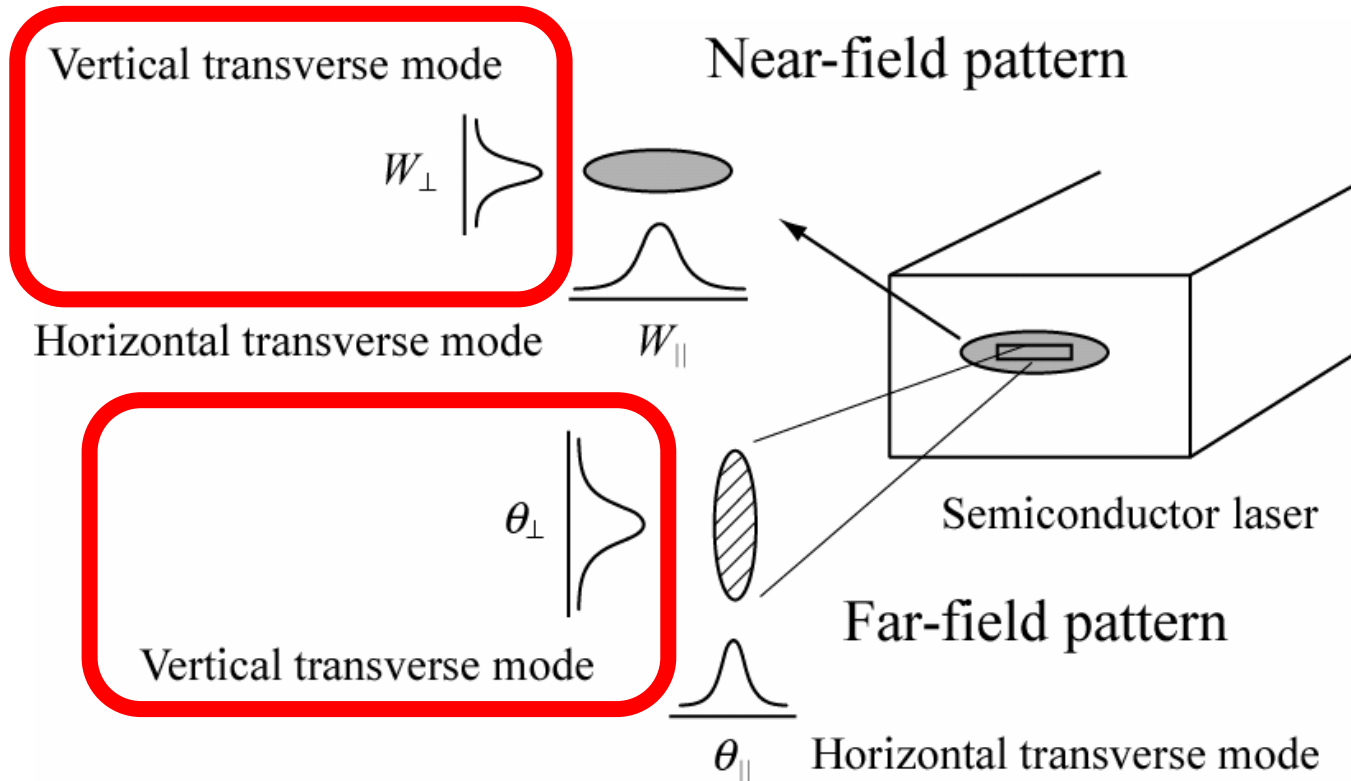
■ 遠視野像

■ 近視野像の回折像



半導体レーザー

■ 垂直横モード



半導体レーザー

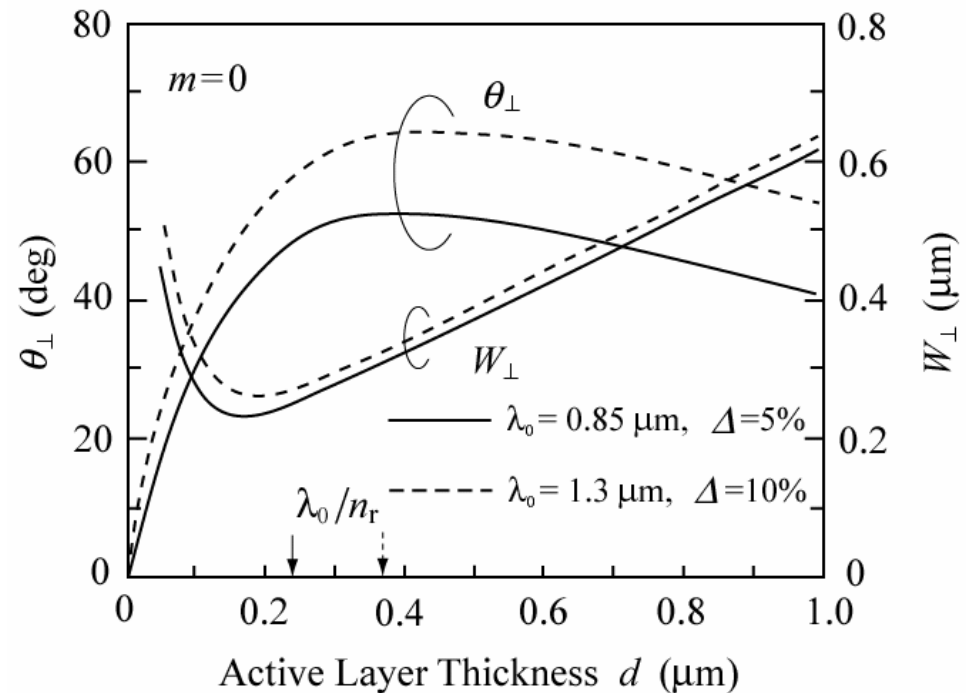
■ 垂直横モードの指標

■ 近視野像

■ ビーム径

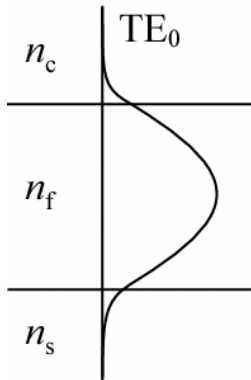
■ 遠視野像

■ 放射角

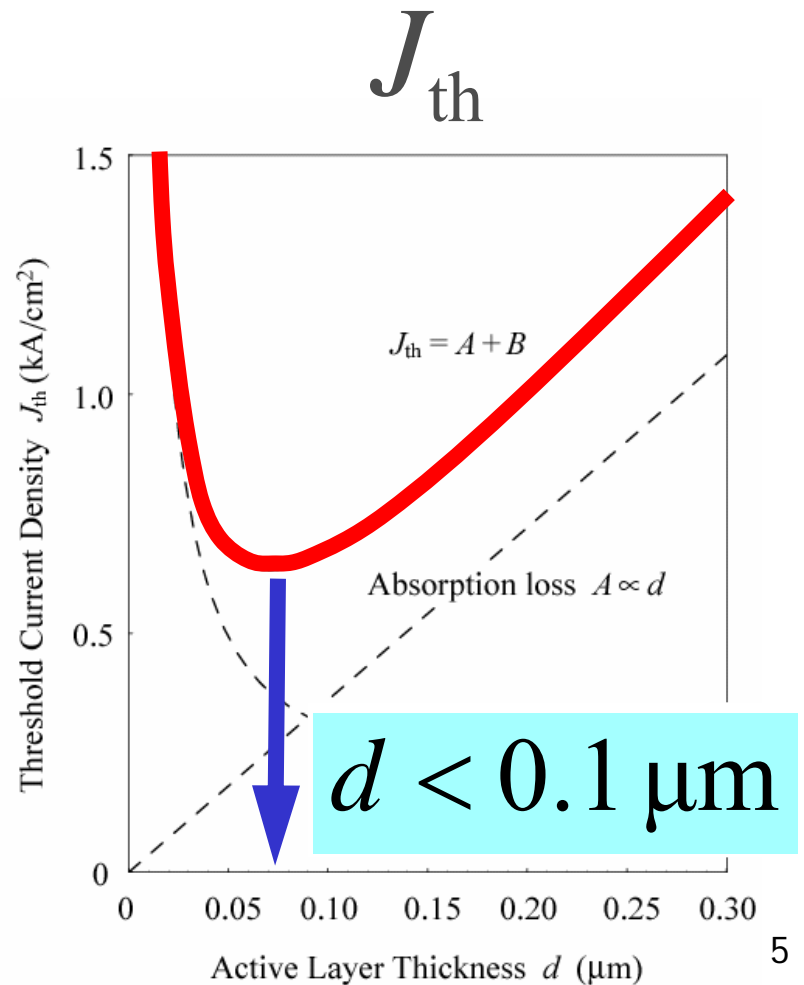


半導体レーザー

■ 垂直横モード

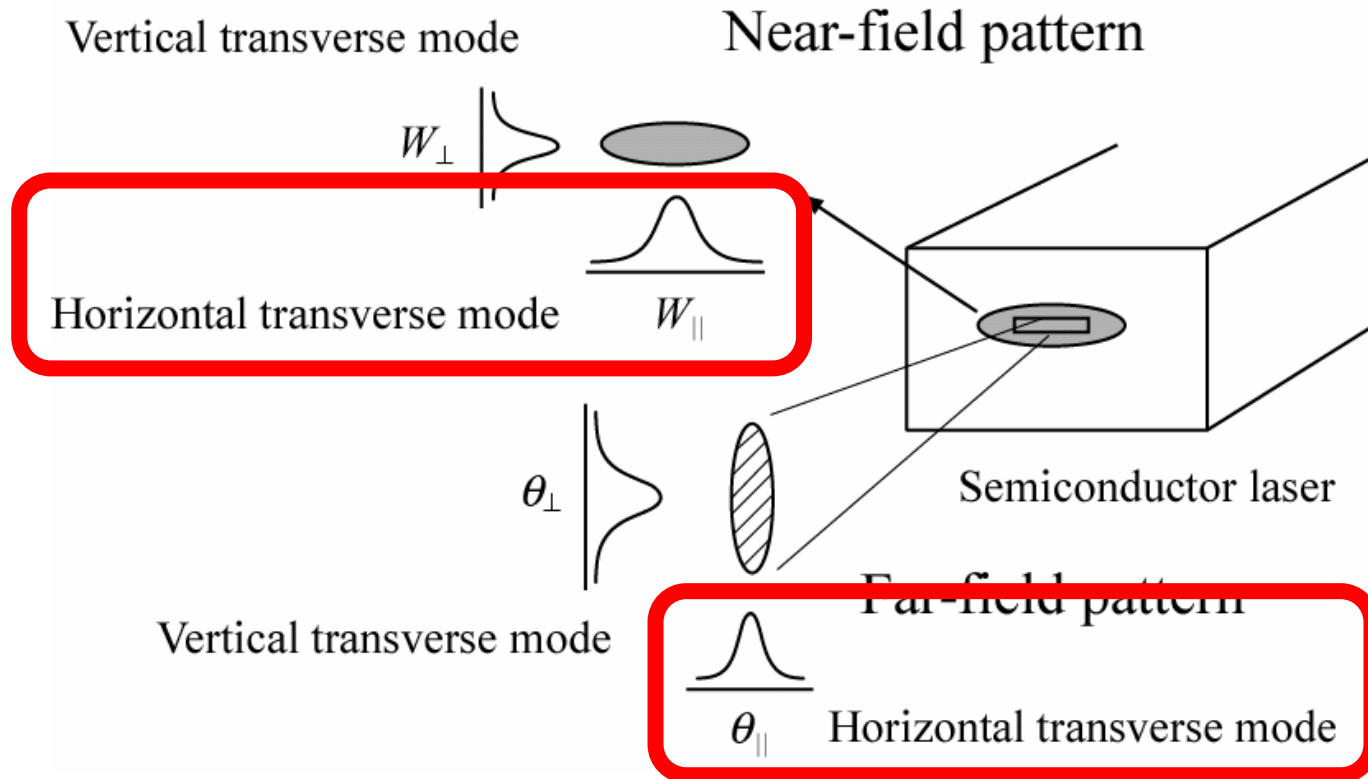


基本モード



半導体レーザー

■ 水平横モード



半導体レーザー

■ 水平横モードの制御

利得導波

g_c

g_f

g_s

不安定

I_{th} 大

製作容易

屈折率導波

n_c

n_f

n_s

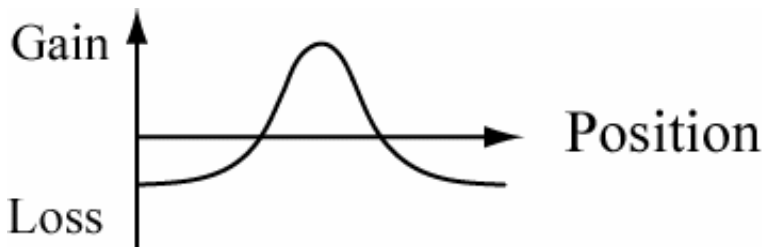
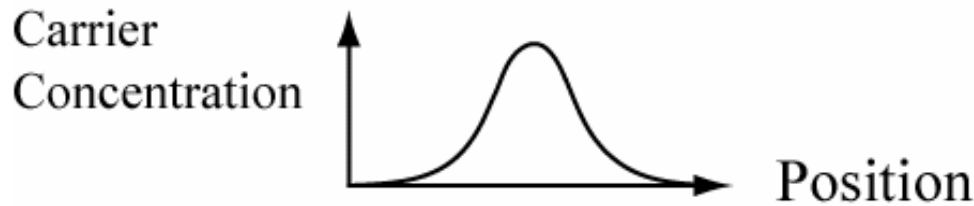
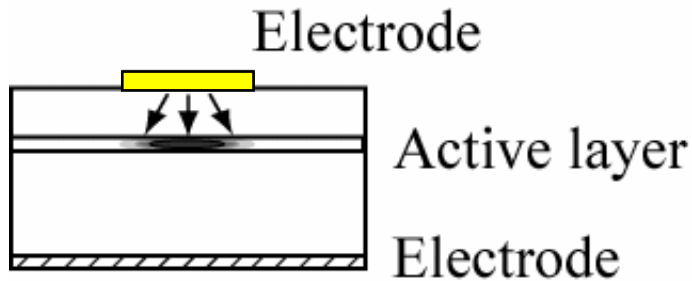
安定

I_{th} 小

製作やや難

半導体レーザー

■ 利得導波構造



電極
選択形成

キャリア濃度
分布

利得, 損失



半導体レーザー

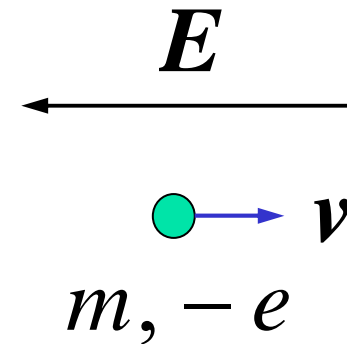
- 屈折率分布

- 自由キャリアプラズマ効果
- 空間的ホールバーニング
- 活性層での発熱

半導体レーザー

■ 自由キャリアプラズマ効果

$$D = \varepsilon_0 E + P$$



$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{1}{\tau} m \frac{dx}{dt} = -eE$$

半導体レーザー

- 自由キャリアプラズマ効果

$$\Delta n_{\text{rf}} = -\frac{e^2}{2m^* \omega^2 \epsilon_0 n_r} n$$

キャリア濃度 $n \nearrow$



屈折率 $n_r \searrow$

半導体レーザー

■ 空間的ホールバーニング

キャリア濃度 $n \nearrow$

⇒ 誘導放出レート \nearrow

⇒ キャリア濃度 $n \searrow$

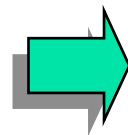
⇒ 屈折率 $n_r \nearrow$

半導体レーザー

■ 活性層での発熱

$$\Delta n_{rT} = 2 \sim 5 \times 10^{-4} \Delta T$$

キャリア濃度 $n \nearrow$



屈折率 $n_r \nearrow$

半導体レーザー

■ 屈折率分布

- 自由キャリアプラズマ効果

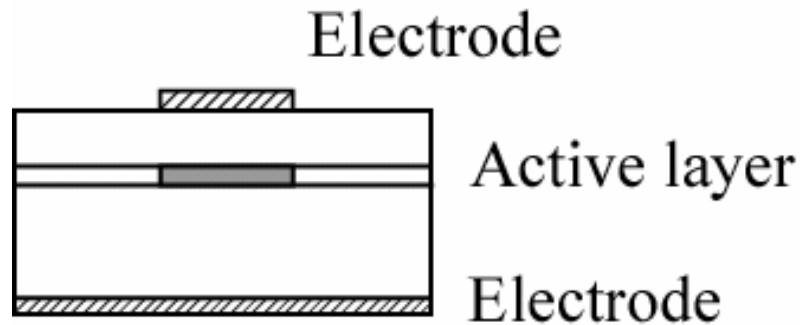
- 空間的ホールバーニング

- 活性層での発熱

横モード不安定

半導体レーザー

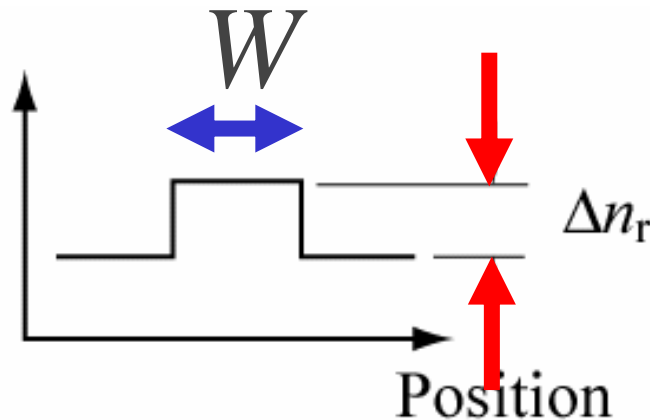
■ 屈折率導波構造



屈折率分布

$$\Delta n_r > |\Delta n_{rf}|$$

Refractive Index

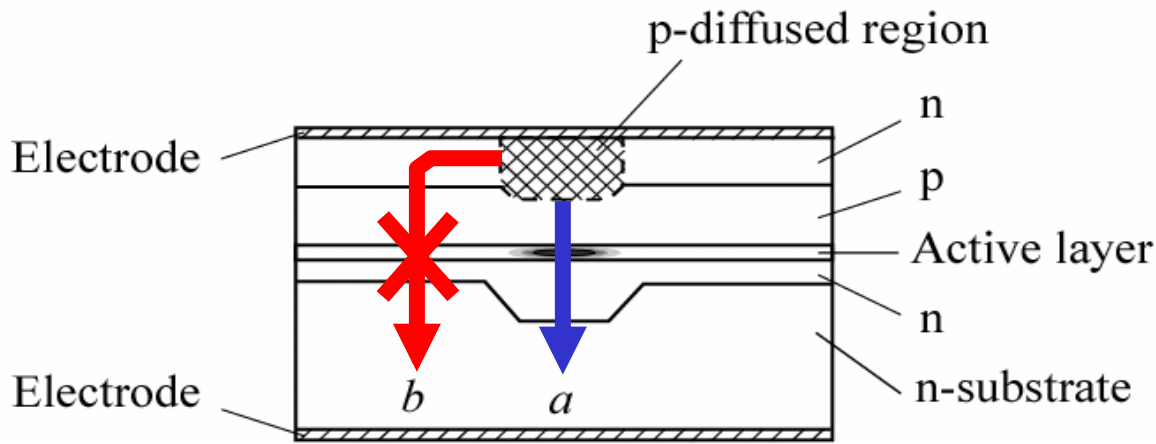


$W < \text{拡散長}$

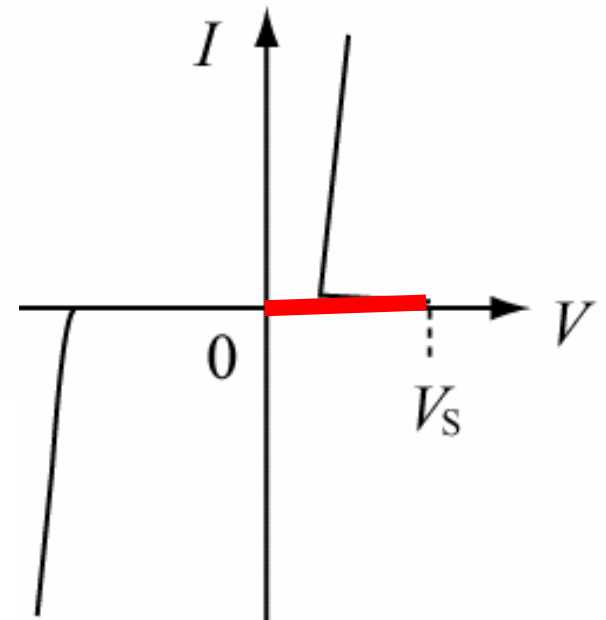
基本モード

半導体レーザー

■ リブ導波路



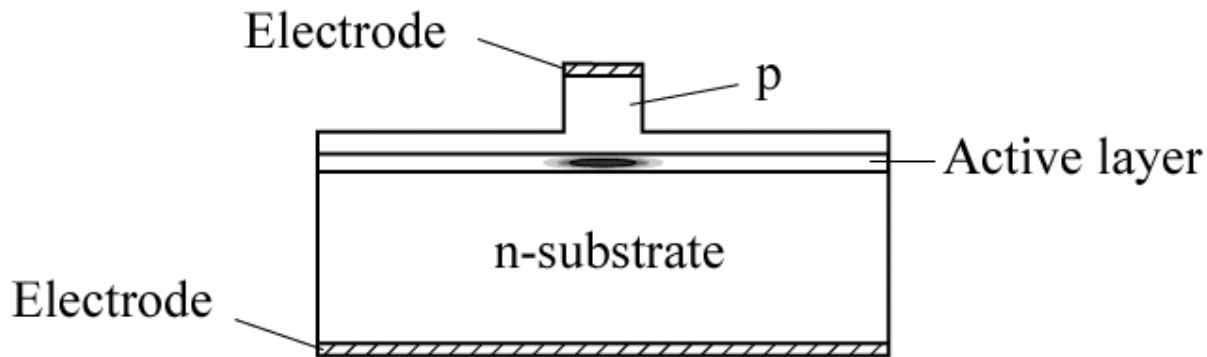
pnpn構造



結晶成長1回

半導体レーザー

■ リッジ導波路

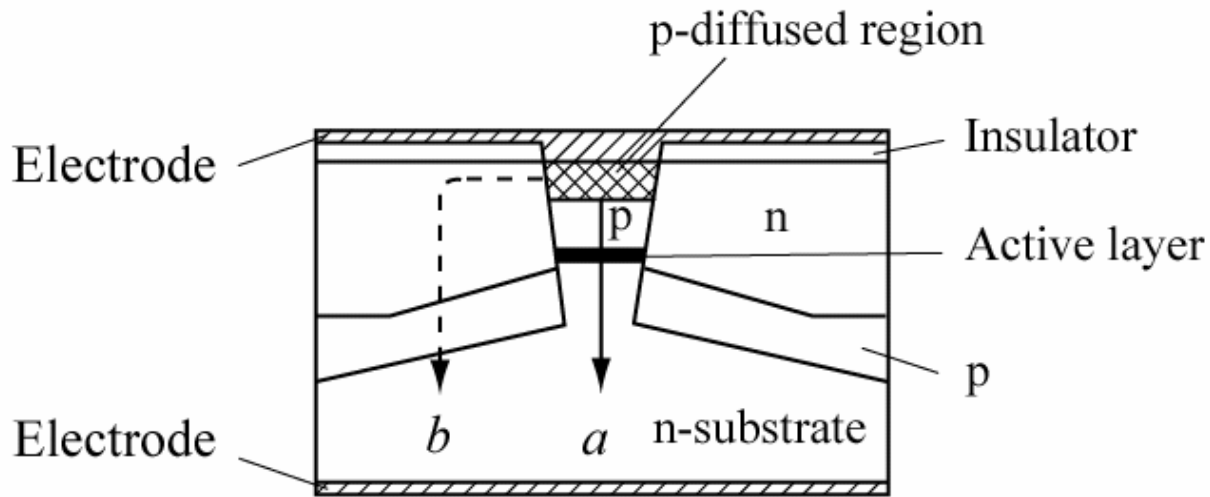


工程簡単

結晶成長後，エッチング

半導体レーザー

■ 埋め込み構造



工程複雑

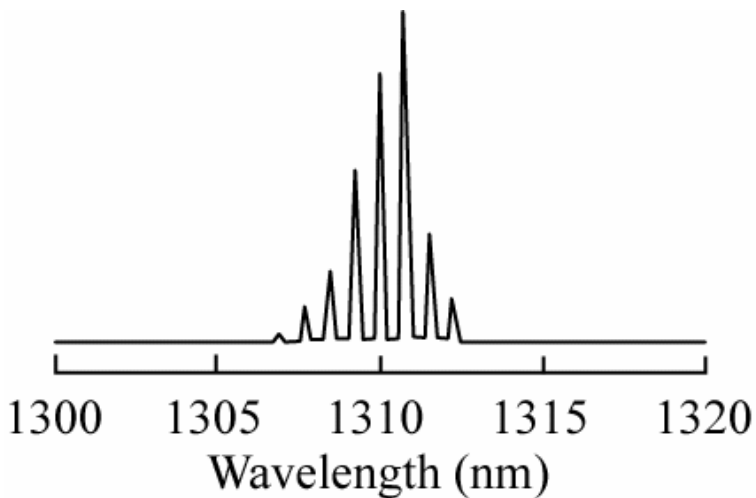
高効率

低しきい値

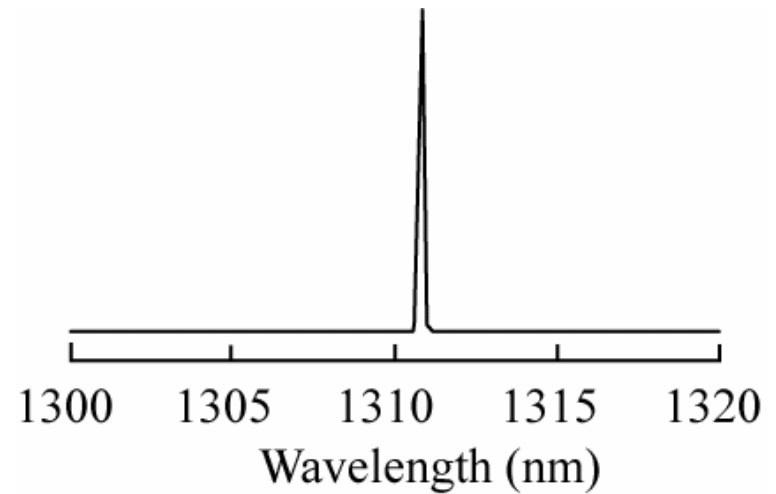
エッチング後，再成長

半導体レーザー

- 縦モード
- スペクトル



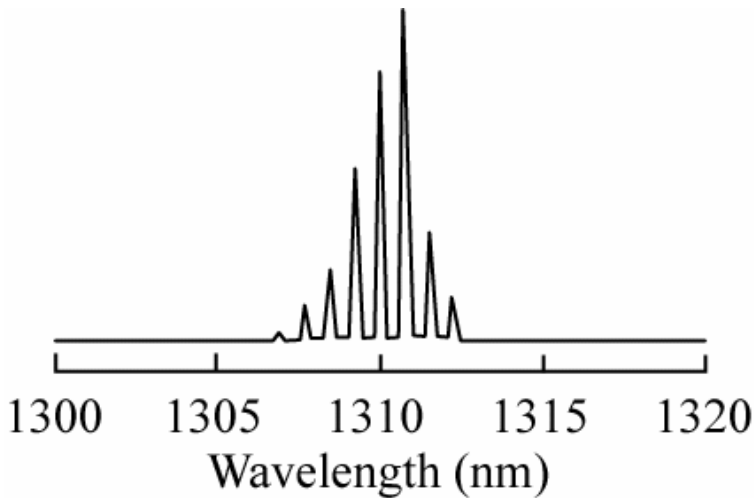
多モード発振



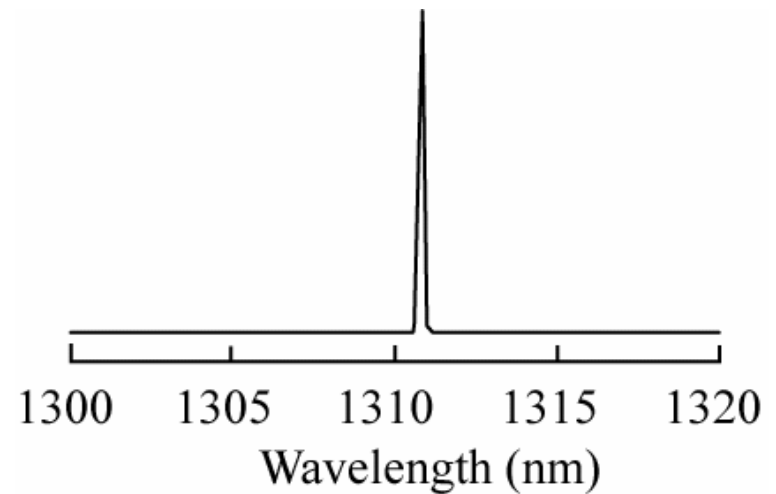
単一モード発振

半導体レーザー

■ 縦モード



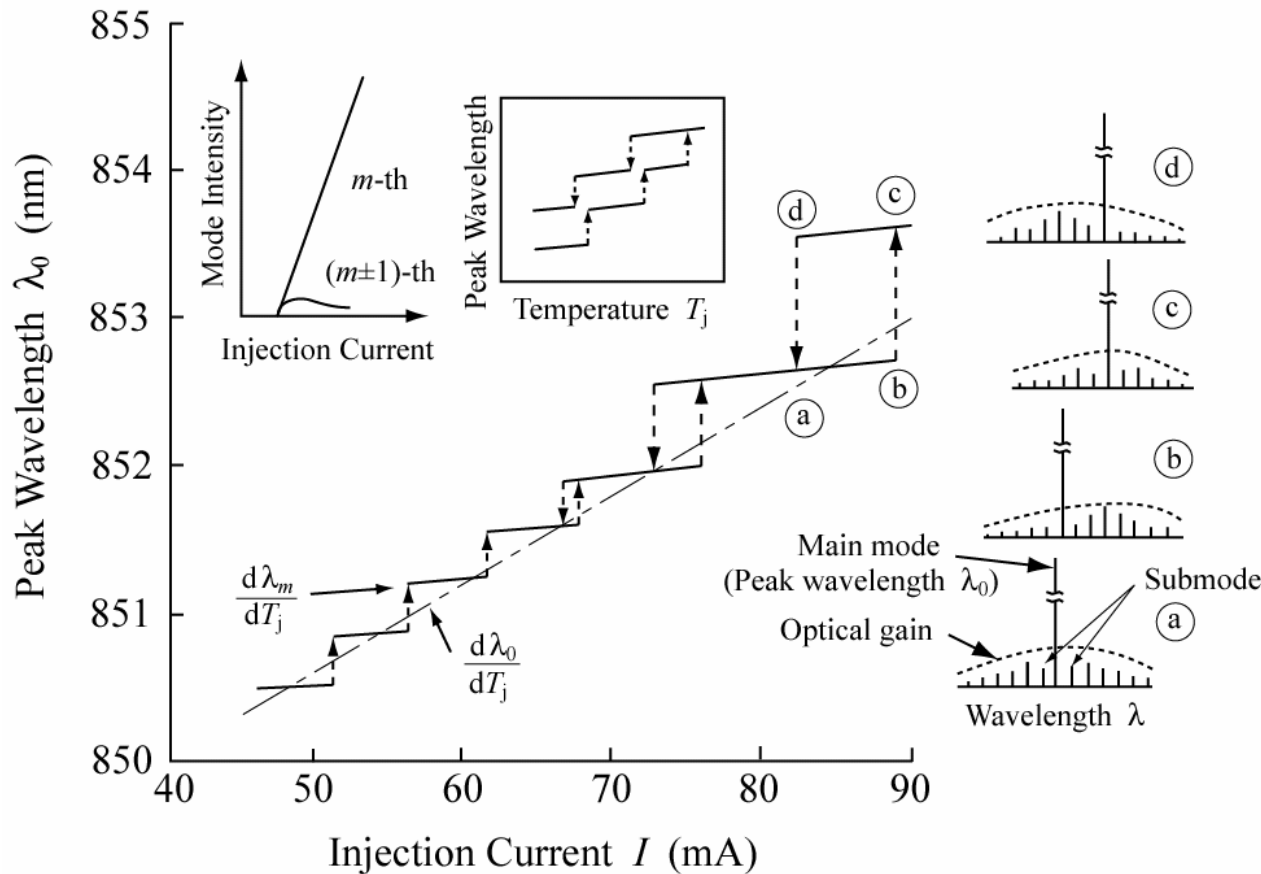
CD, DVD, LBP,
短距離光通信



長距離大容量
光通信

半導体レーザー

■ Fabry-Perot LD: 静特性



$I, T \nearrow$

$\lambda \nearrow$

モード
跳び

半導体レーザー

■ Fabry-Perot LD: 静特性

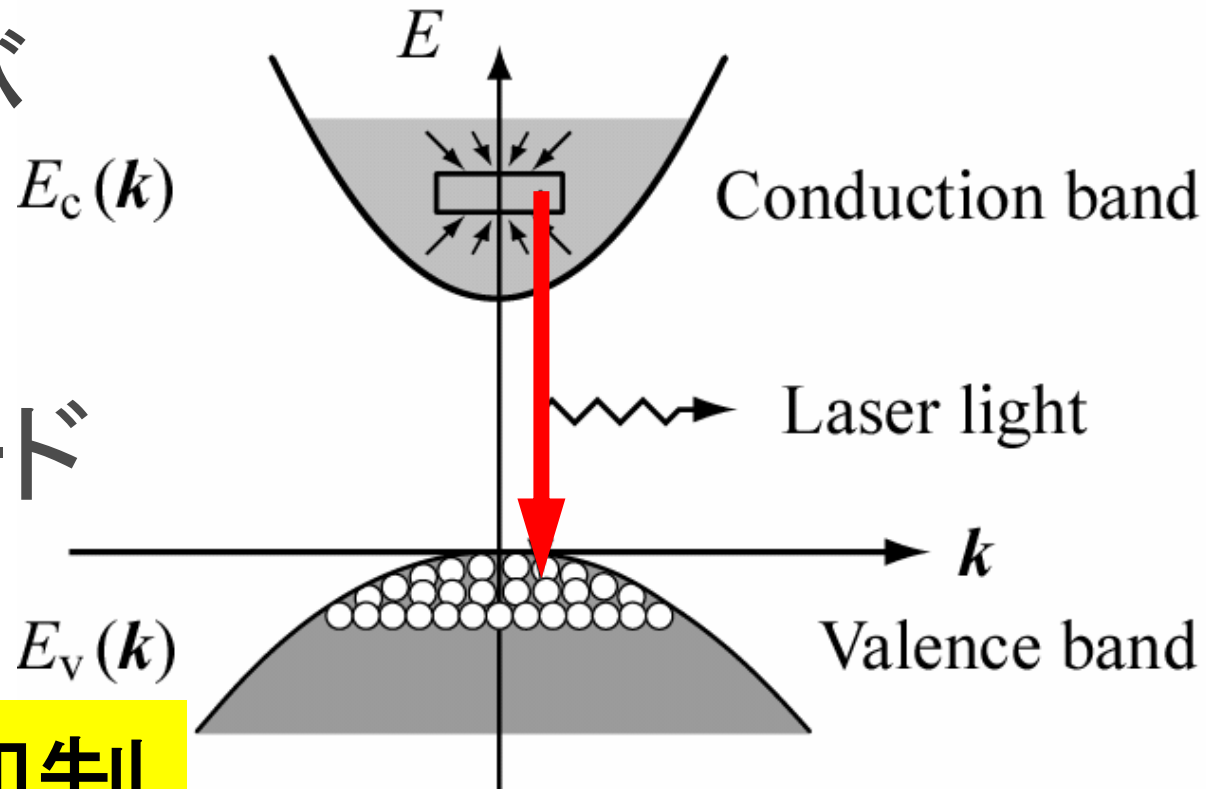
モード跳び

利得

発振モード



他モード抑制

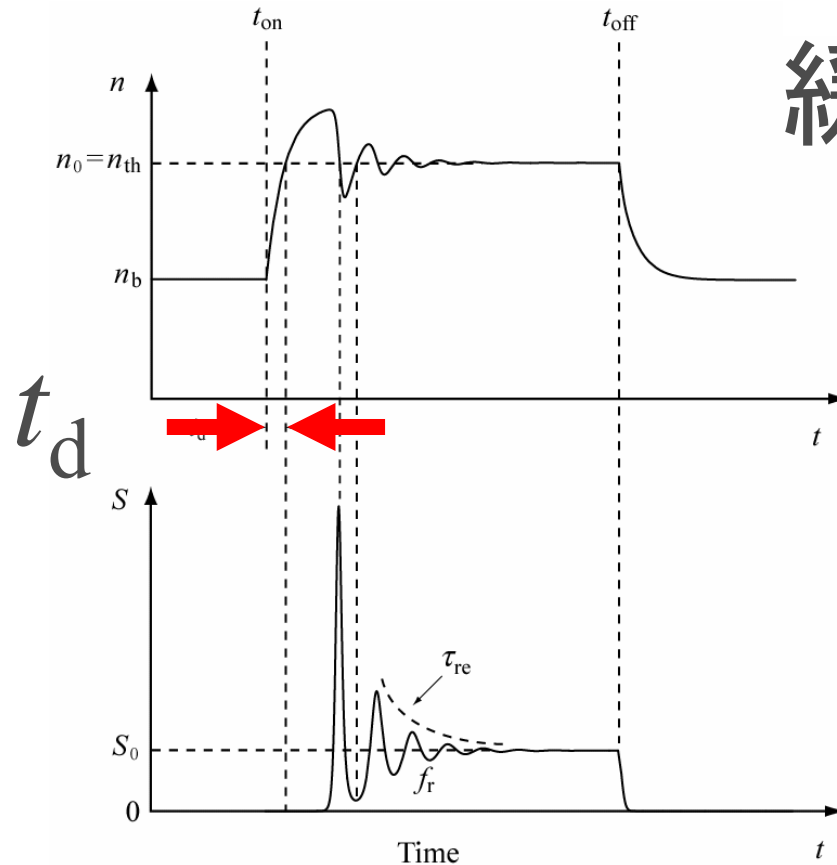


半導体レーザー

■ Fabry-Perot LD: 動特性

キャリア
濃度

光子数
密度



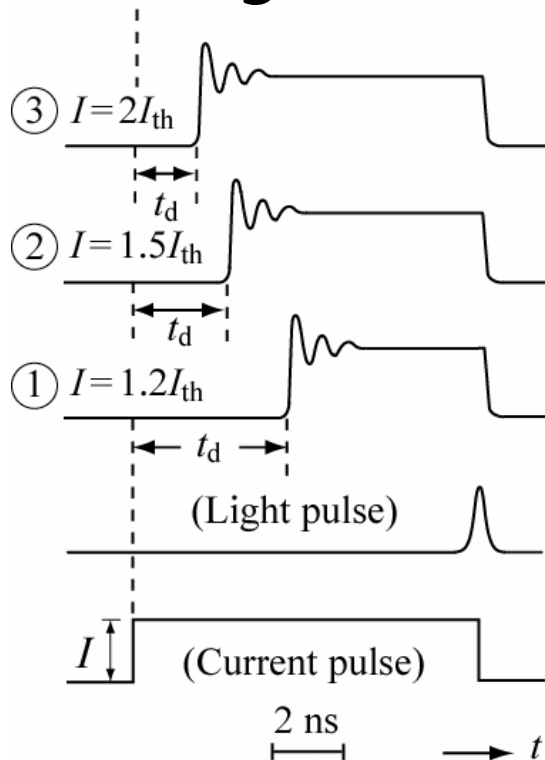
緩和振動

時間

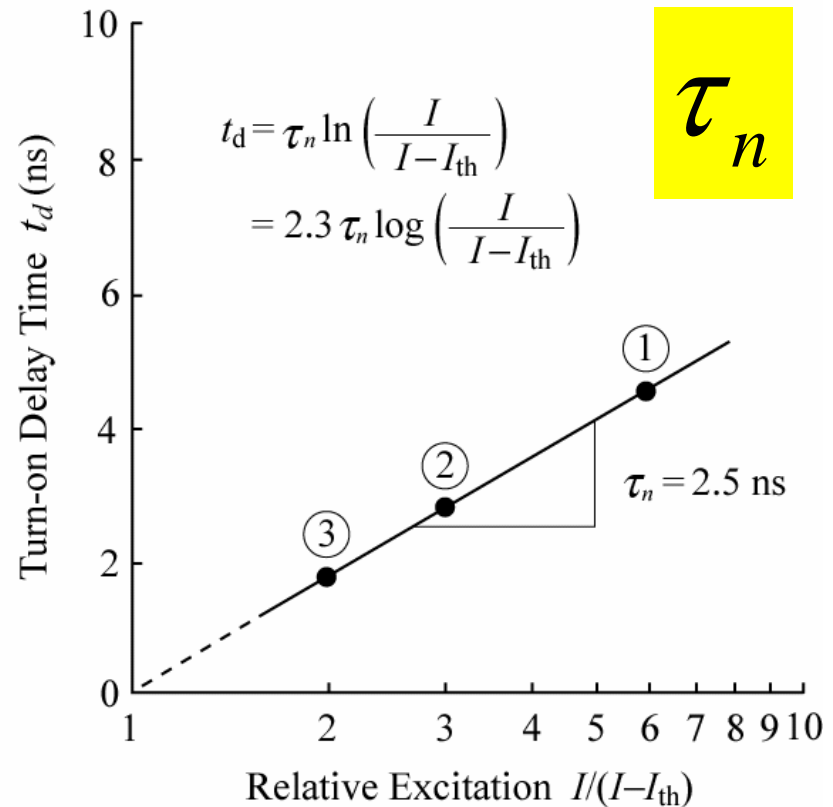
時間

半導体レーザー

■ Fabry-Perot LD: 動特性



t_d と I との関係



半導体レーザー

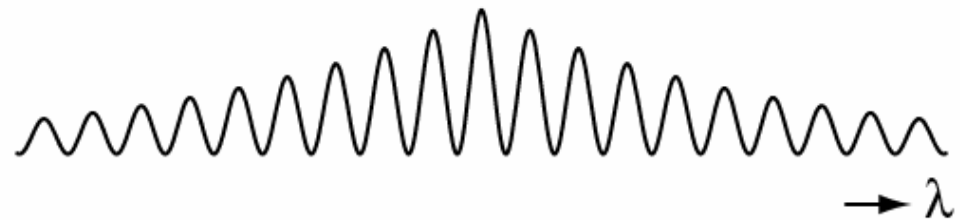
■ Fabry-Perot LD: 動特性

時刻により利得ピーク変動



波長 λ 変動

チャープニング



時間平均
スペクトル