

# 半導体レーザー

## ■モード

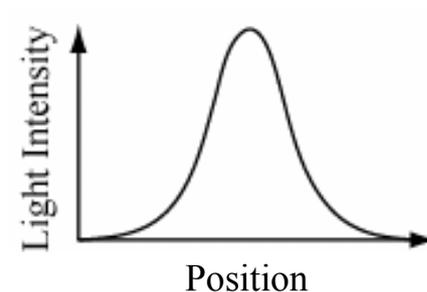
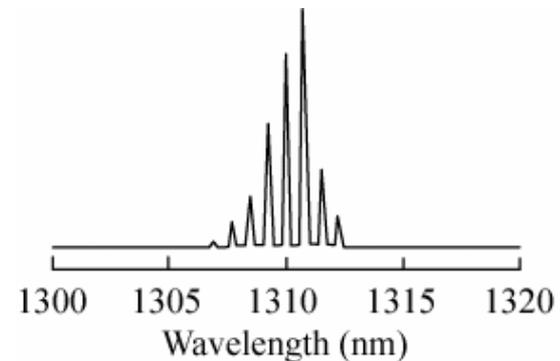
### ■レーザー光の電磁界分布

## ■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

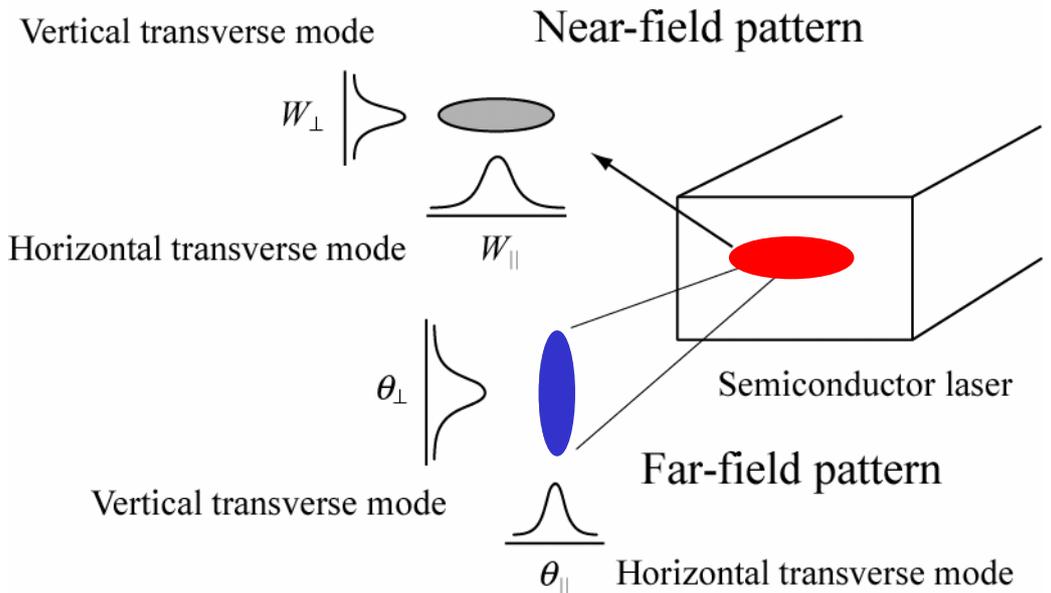
## ■ 横モード

## ■ 近視野像

## ■ 端面

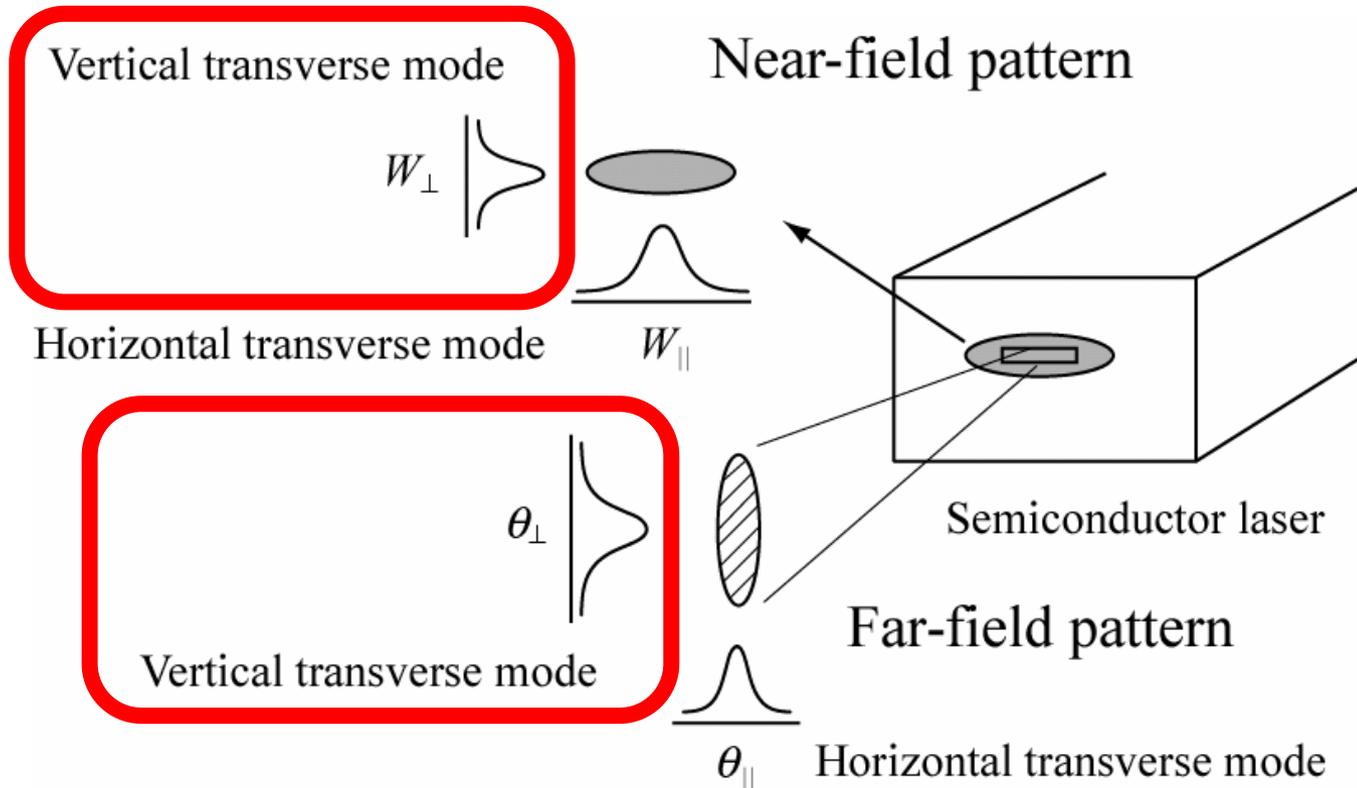
## ■ 遠視野像

## ■ 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

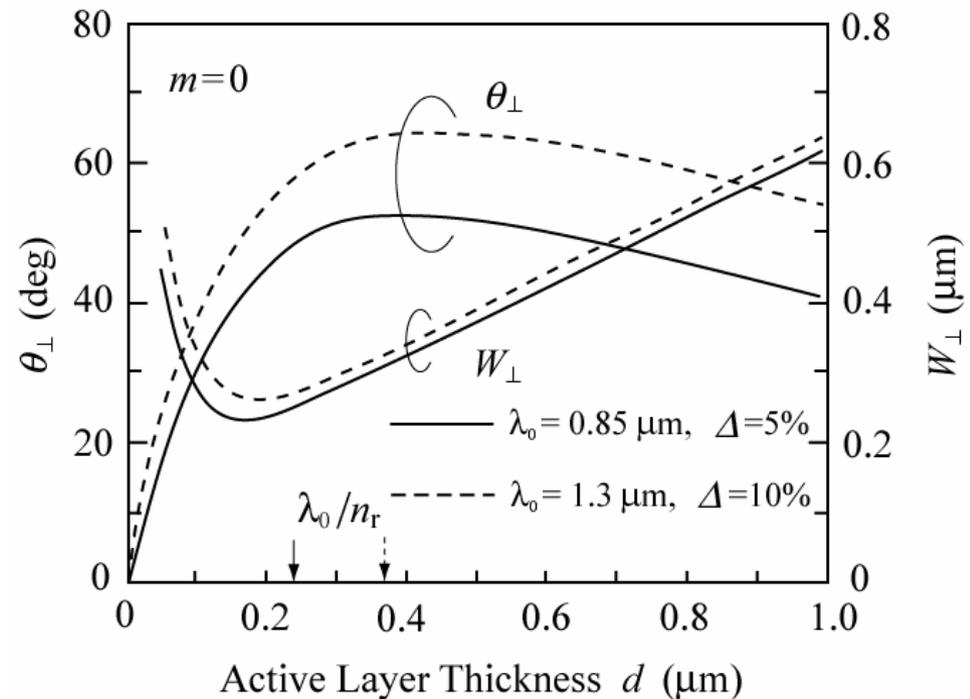
## ■ 垂直横モードの指標

■ 近視野像

■ ビーム径

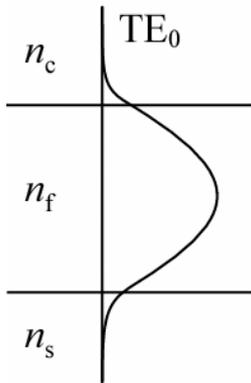
■ 遠視野像

■ 放射角

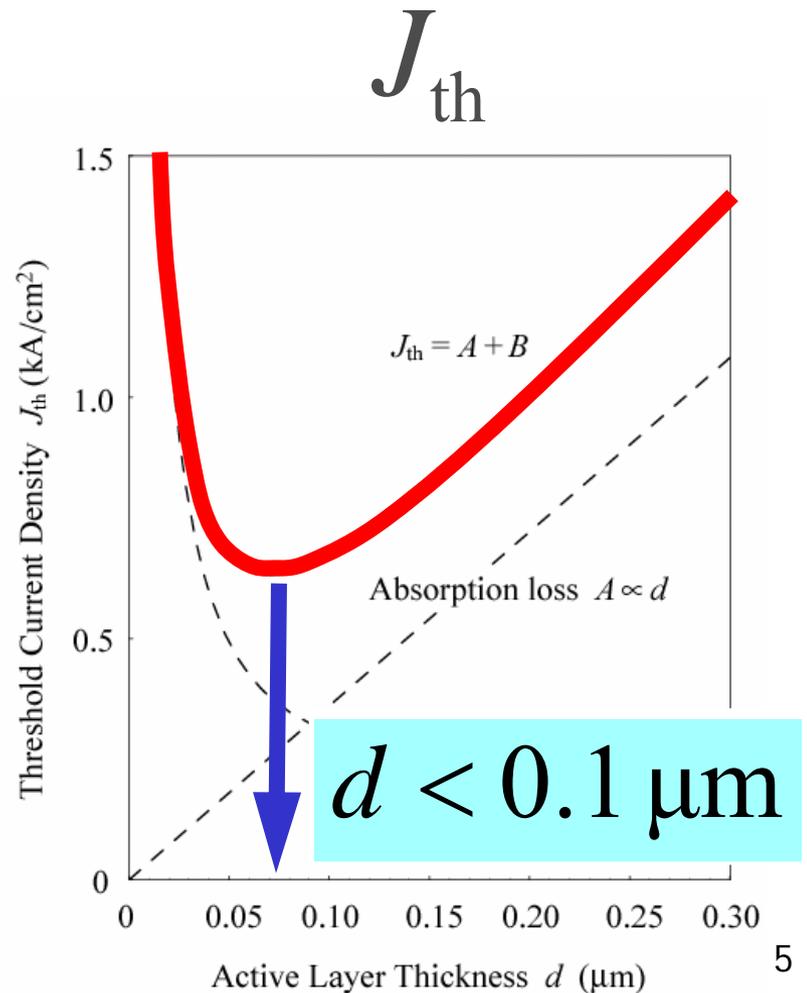


# 半導体レーザー

## ■ 垂直横モード

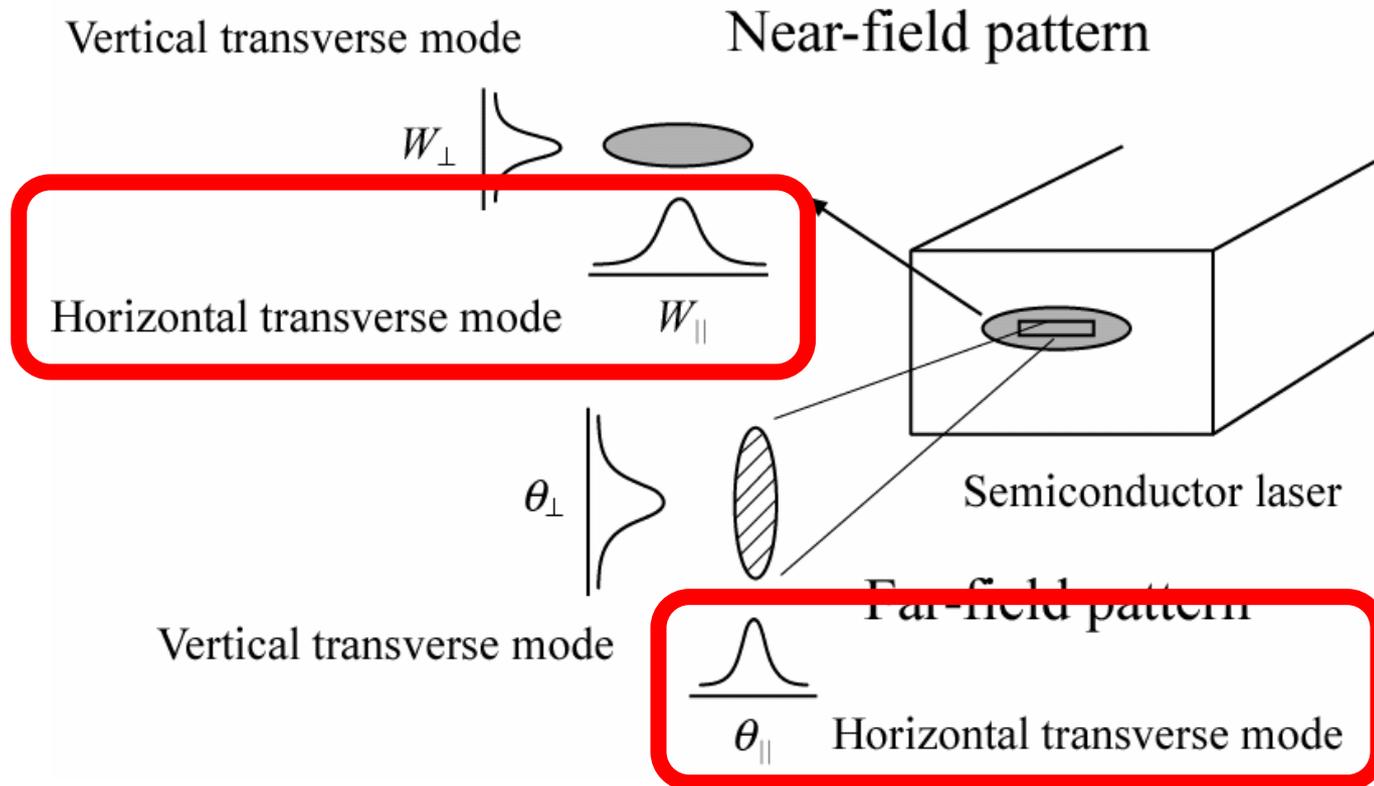


基本モード



# 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

$n_c$

$n_f$

$n_s$

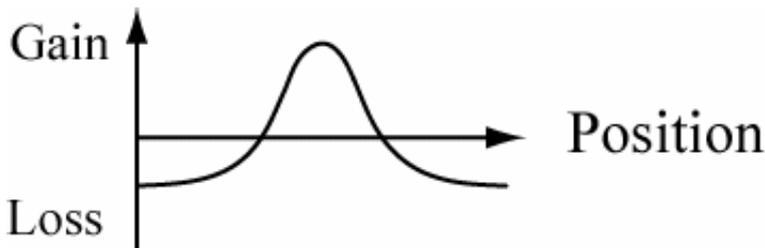
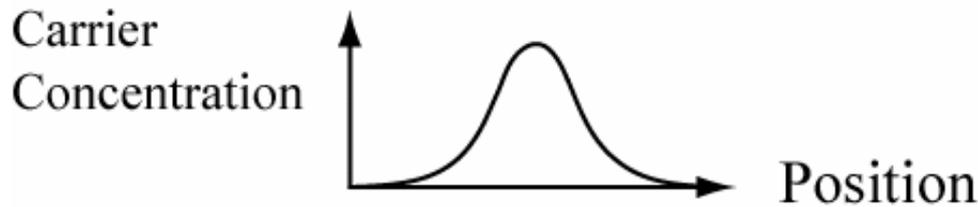
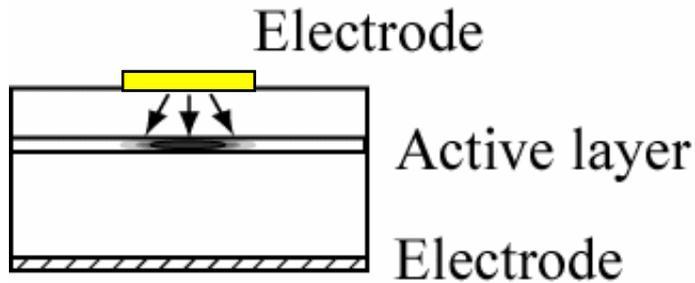
安定

$I_{th}$  小

製作やや難

# 半導体レーザー

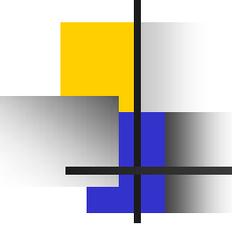
## ■ 利得導波構造



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

---

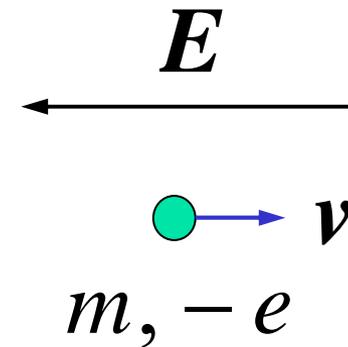
- 屈折率分布

- 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

$$D = \varepsilon_0 E + P$$



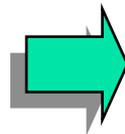
$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{1}{\tau} m \frac{dx}{dt} = -eE$$

# 半導体レーザー

- 自由キャリアプラズマ効果

$$\Delta n_{\text{rf}} = -\frac{e^2}{2m^* \omega^2 \varepsilon_0 n_r} n$$

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  $n \searrow$

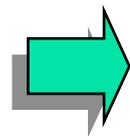
⇒ 屈折率  $n_r \nearrow$

# 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

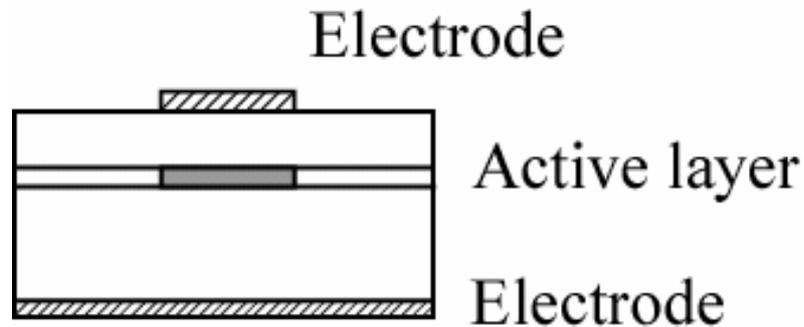
- 空間的ホールバーニング

- 活性層での発熱

横モード不安定

# 半導体レーザー

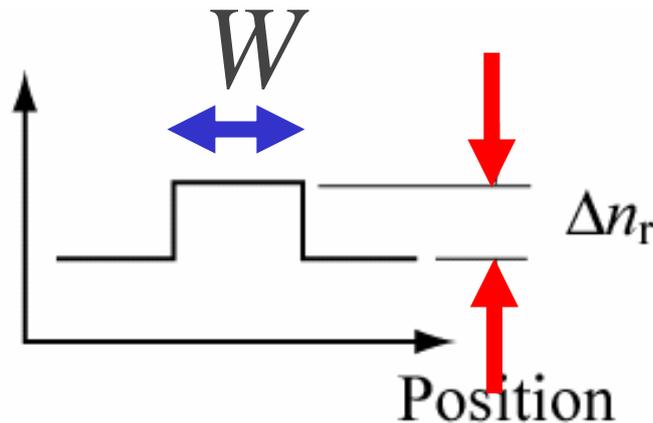
## ■ 屈折率導波構造



屈折率分布

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

Refractive Index

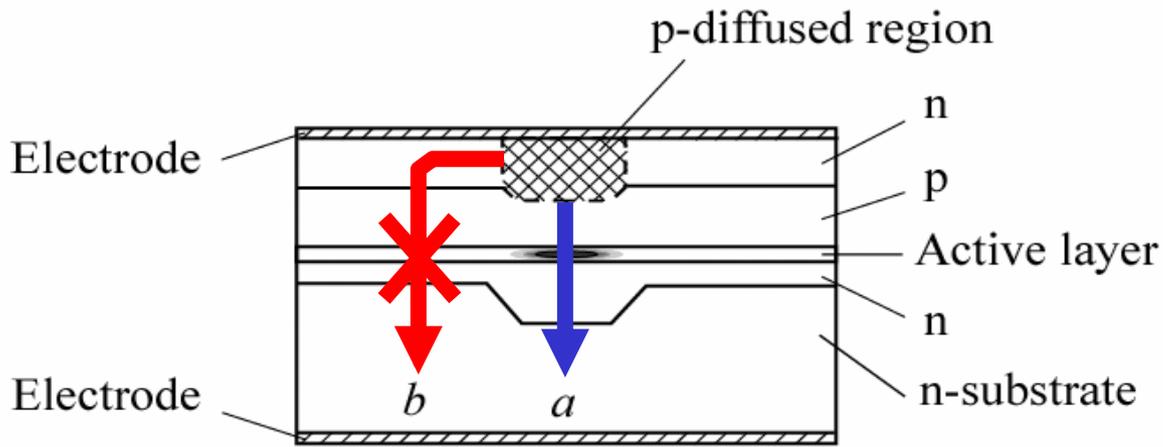


$W < \text{拡散長}$

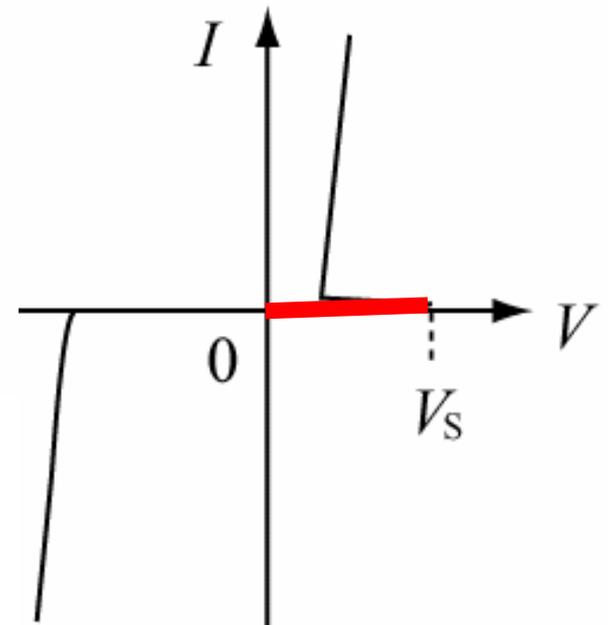
基本モード

# 半導体レーザー

## ■ リブ導波路



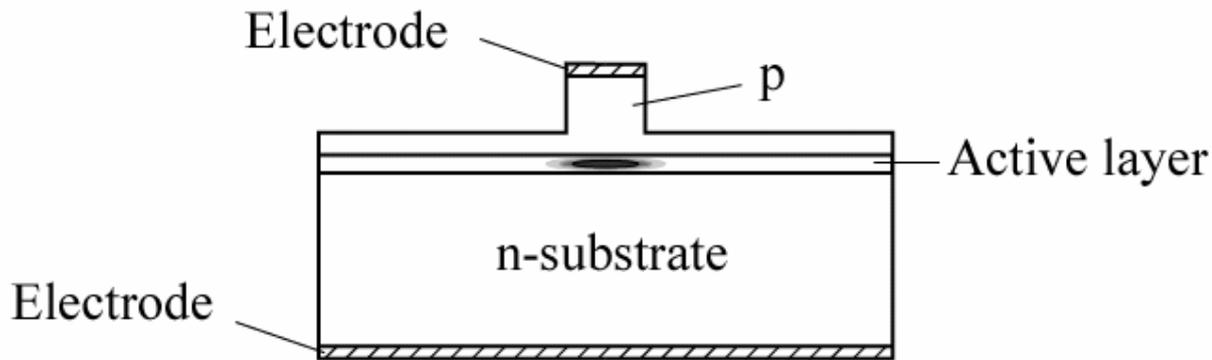
pnpn構造



結晶成長1回

# 半導体レーザー

## ■ リッジ導波路

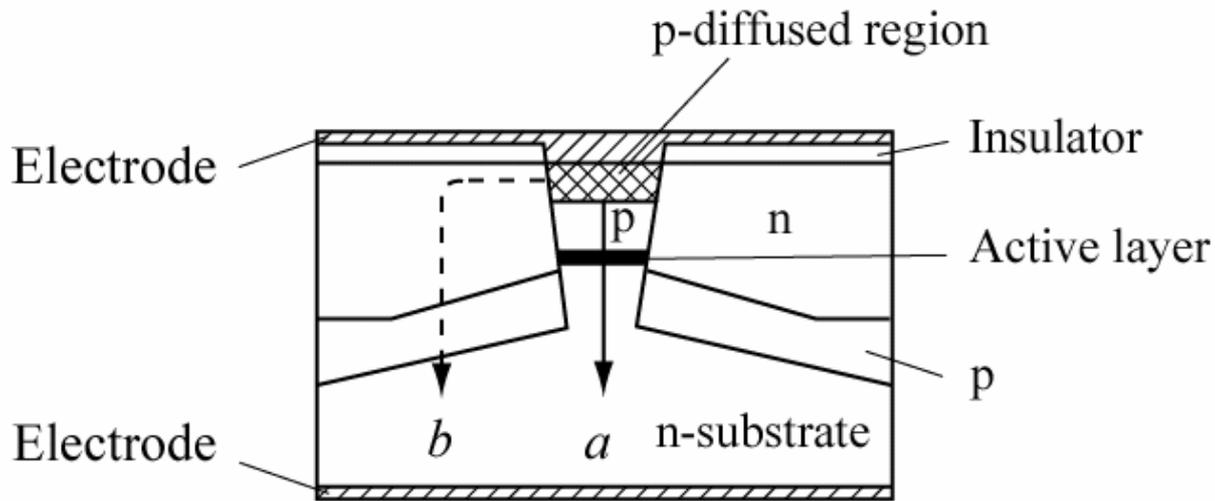


工程簡単

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

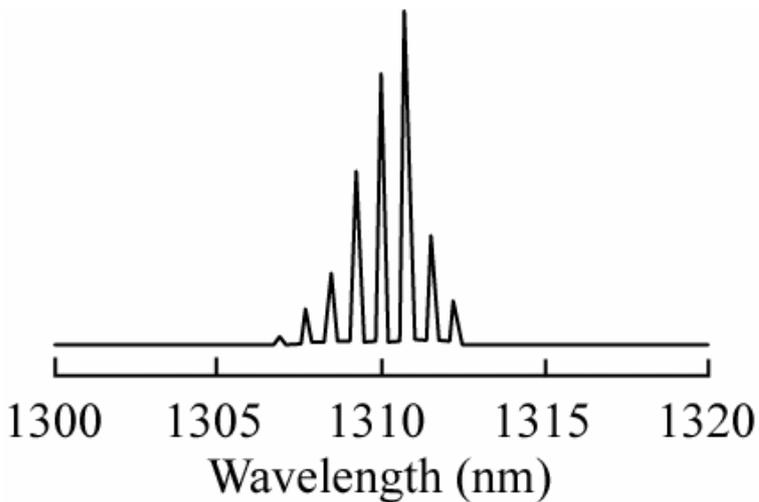
高効率

低しきい値

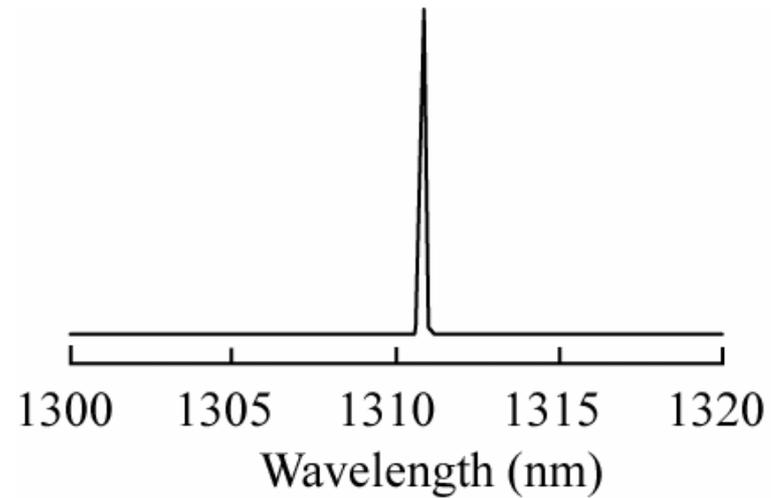
エッチング後，再成長

# 半導体レーザー

- 縦モード
- スペクトル



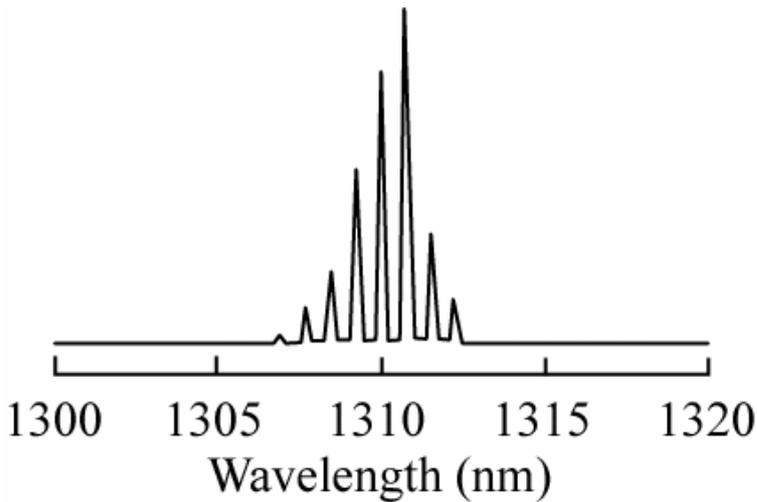
多モード発振



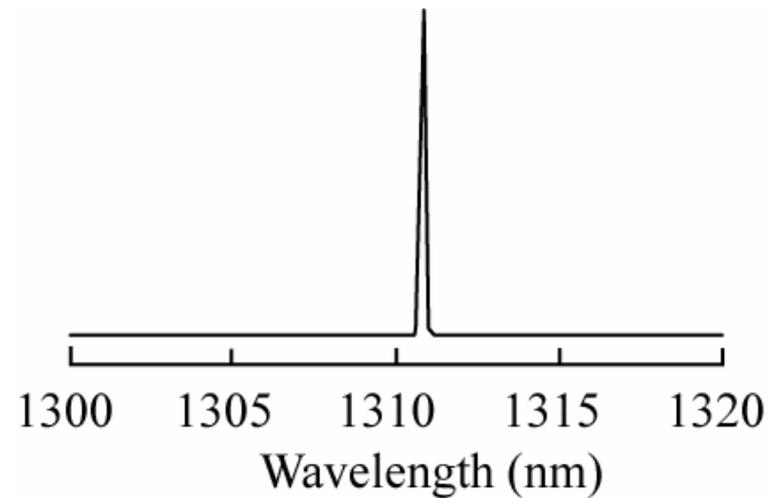
単一モード発振

# 半導体レーザー

## ■ 縦モード



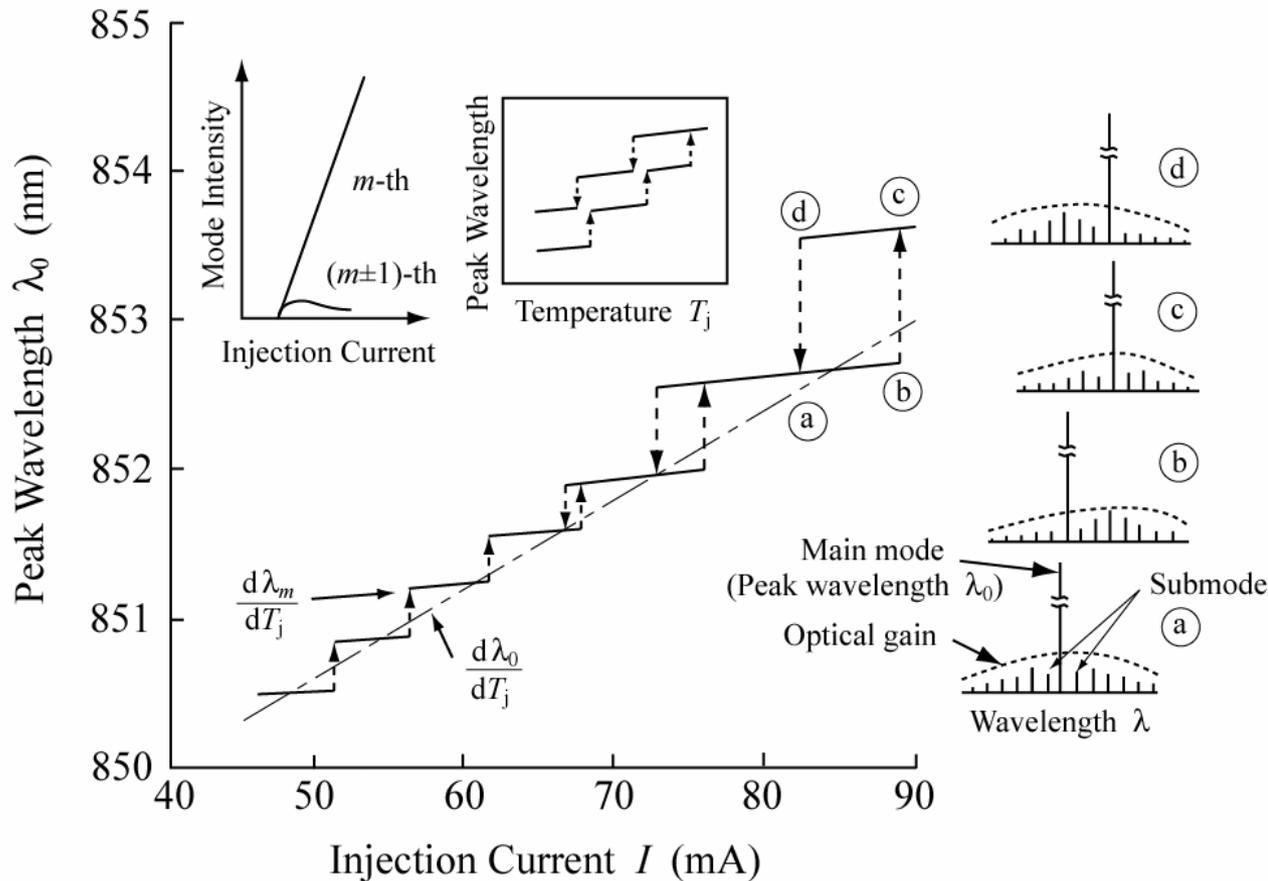
CD, DVD, LBP,  
短距離光通信



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

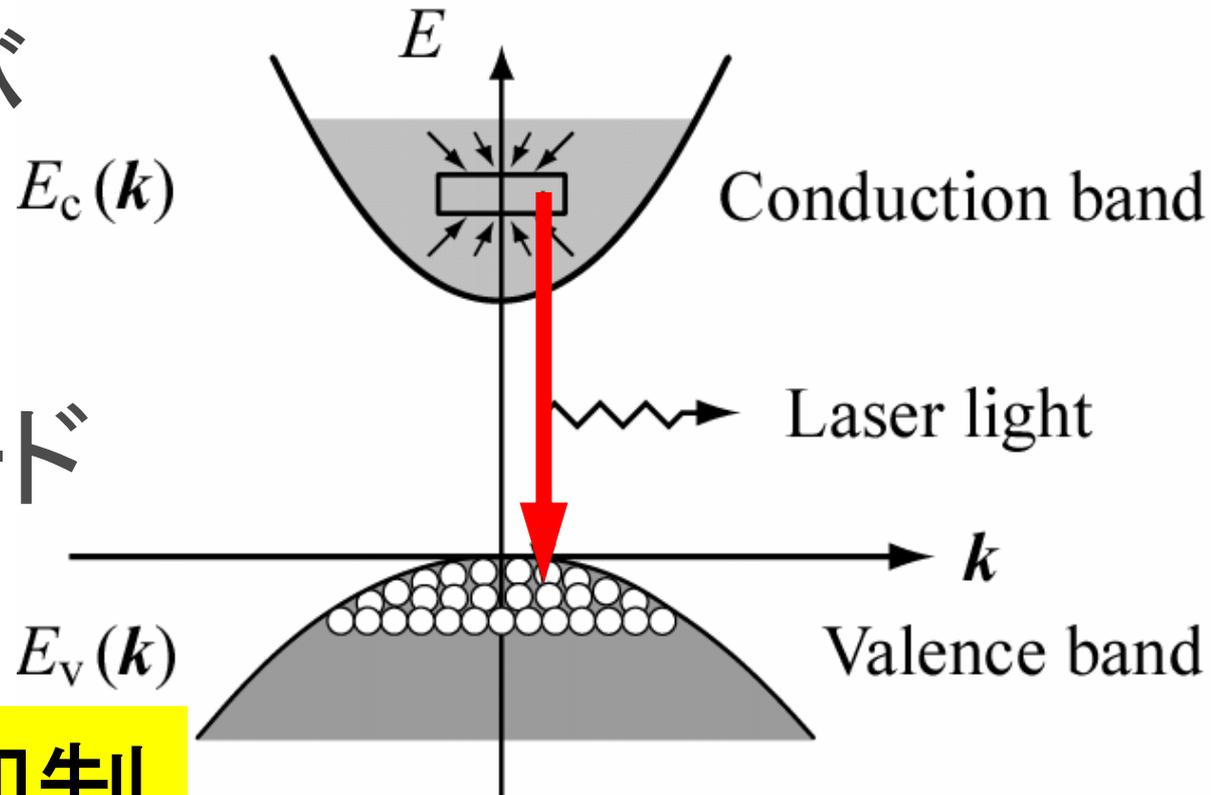
モード跳び

利得

発振モード



他モード抑制

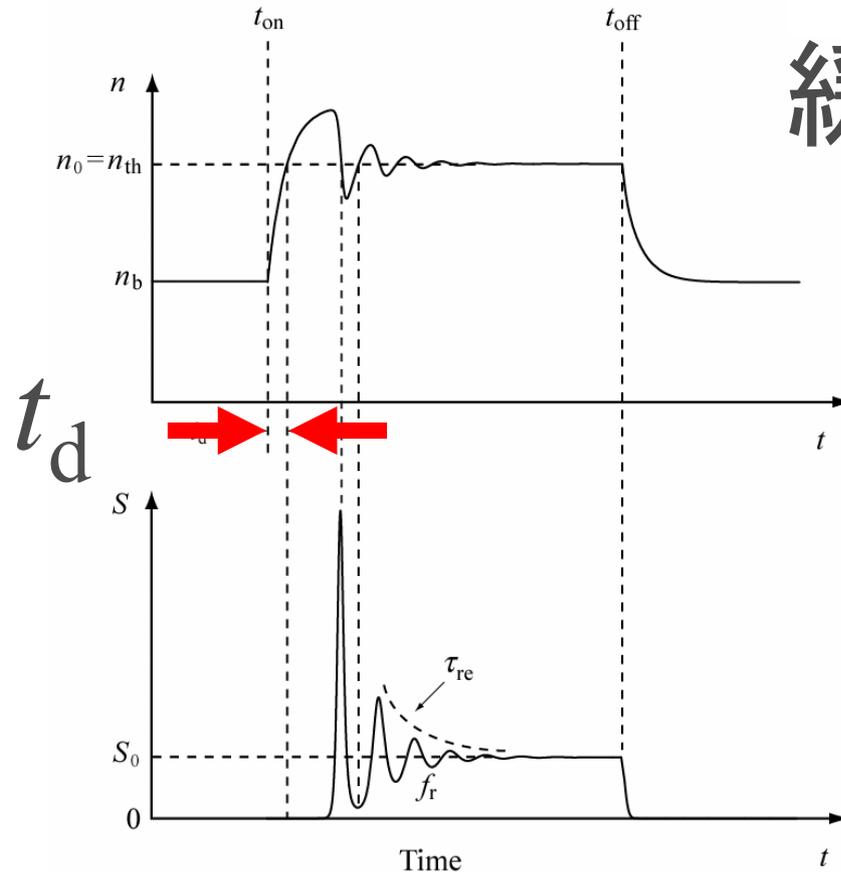


# 半導体レーザー

## ■ Fabry-Perot LD: 動特性

キャリア  
濃度

光子数  
密度



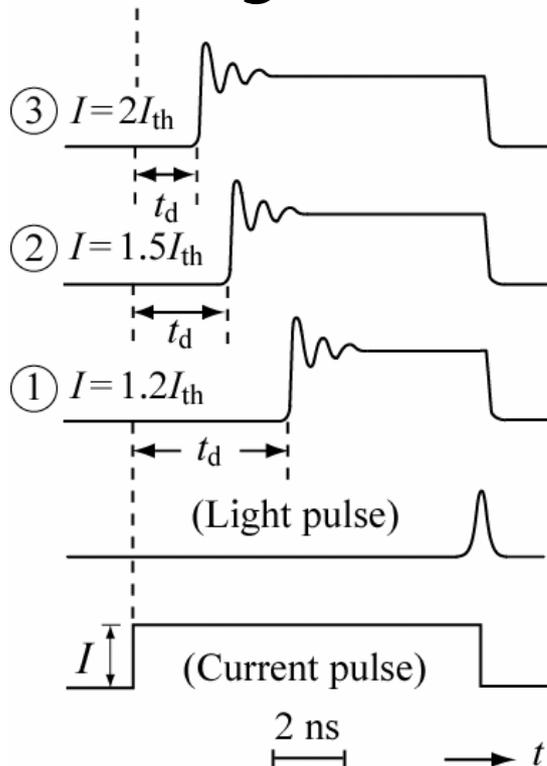
緩和振動

時間

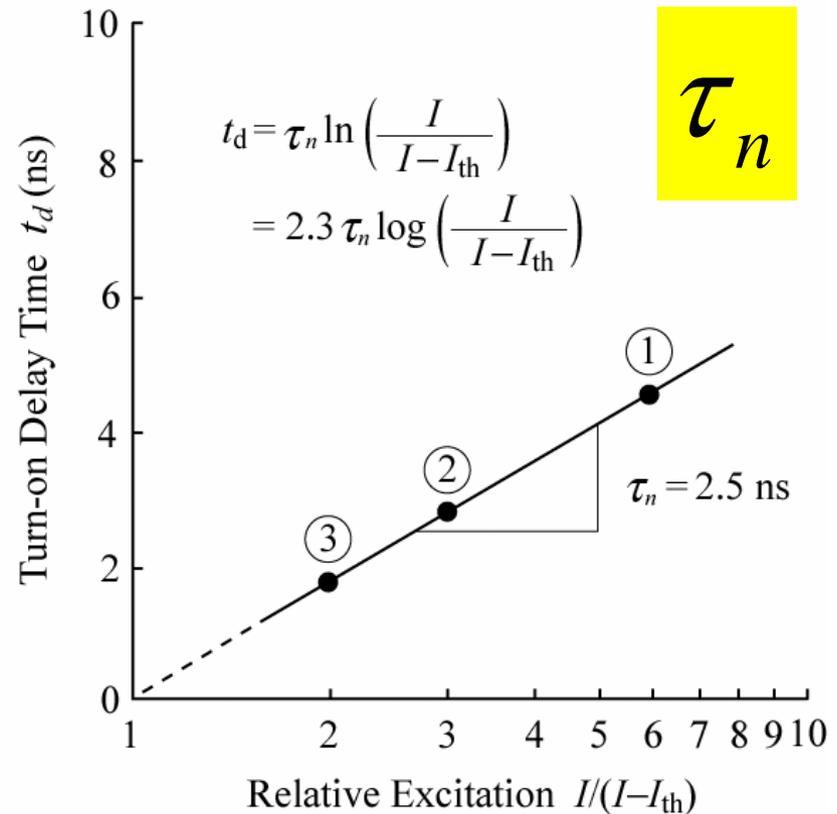
時間

# 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

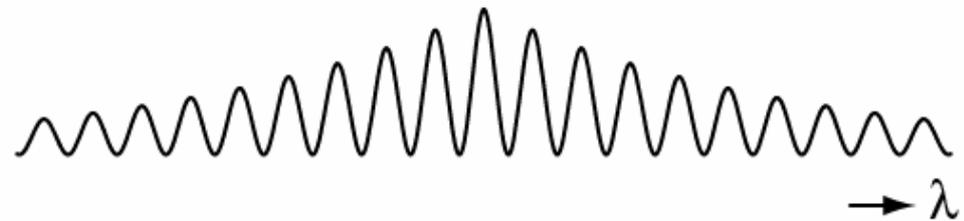
## ■ Fabry-Perot LD: 動特性

時刻により利得ピーク変動



波長  $\lambda$  変動

チャープニング



時間平均  
スペクトル