

LA DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO DEL MODO FUNDAMENTAL

- EL CAMPO CERCANO Y EL CAMPO LEJANO SE DETERMINA DE LAS RELACIONES:

$$\begin{aligned} \phi(y, x) &= A_1 \cos \kappa y + B_1 \operatorname{sen} \kappa y \quad \text{para } |y| \leq d/2 \\ \phi(y, x) &= A_2 e^{-\gamma \left(|y| - \frac{d}{2} \right)} \quad \text{para } |y| > d/2 \end{aligned}$$

Con: $\kappa^2 = n_1^2 k_0^2 - \beta_{\text{eff}}^2$
 $\gamma^2 = \beta_{\text{eff}}^2 - n_2^2 k_0^2$
 $\gamma = \kappa \tan(\kappa d/2)$

PERFIL GAUSSIANO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO CERCANO

- SIMILAR AL CASO DE LA FIBRA ÓPTICA.

• CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO CERCANO:

- LA ANCHURA TOTAL DEL MÁXIMO MEDIO DEL PERFIL DE DISTRIBUCIÓN GAUSSIANO EN LA DIRECCIÓN LATERAL Y

$$\text{TRANSVERSA: } w_L = w \sqrt{2 L_{n_2}} \left(0,321 + 2,1 W^{-3/2} + 4 W^{-6} \right)$$

$$w_T = d \sqrt{2 L_{n_2}} \left(0,321 + 2,1 D^{-3/2} + 4 D^{-6} \right)$$

- ESTAS RELACIONES MUESTRAN EXACTITUD PARA VALORES TÍPICOS DE:

$$W \quad y \quad D \approx 1,8 \text{ a } 6$$

- VALORES TÍPICOS: DEPENDIENDO DE LAS DIMENSIONES DE LA REGIÓN ACTIVA DEL LASER BH

$$W_L = 1 \text{ a } 2 \mu\text{m} \quad y \quad W_T = 0,5 \text{ a } 1 \mu\text{m}$$

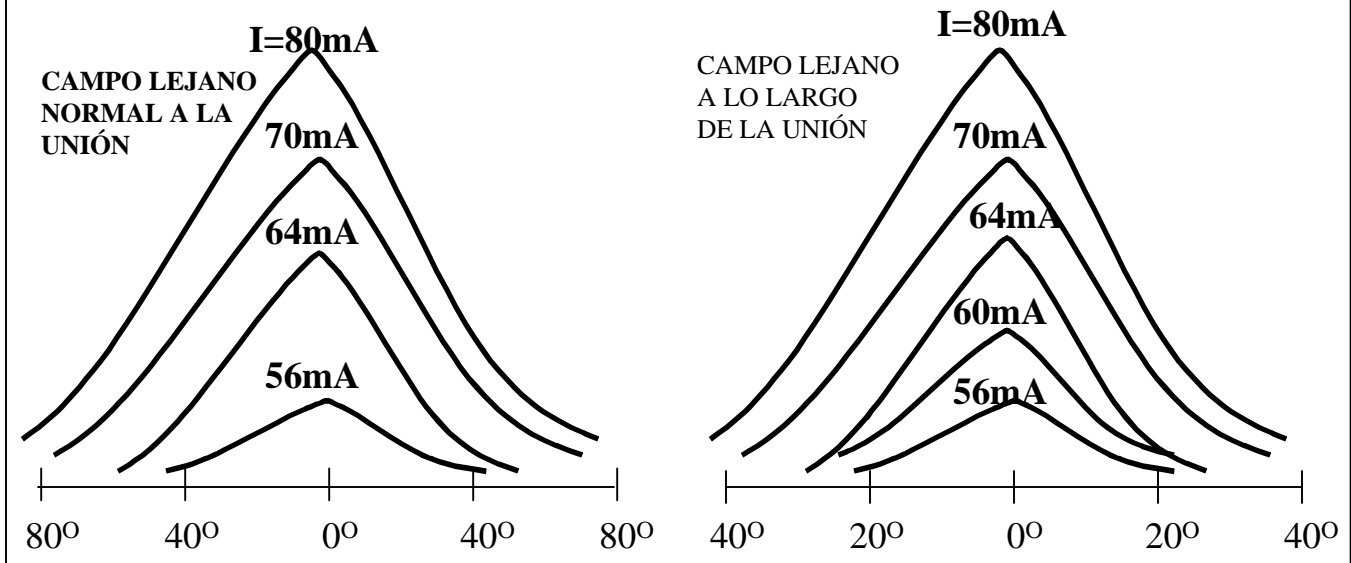
LA DISTRIBUCIÓN DEL CAMPO LEJANO

- REPRESENTA UNA MEDIDA PARA LA DIVERGENCIA ANGULAR DE LA LUZ EMITIDA.
- SE DETERMINA A TRAVÉS DE LA TRANSFORMADA DE FOURIER DEL CAMPO CERCANO
- LA DISTRIBUCIÓN ANGULAR EN LA DIRECCIÓN LATERAL, SE OBTIENE.

$$S_L^{\text{FF}}(\theta_L) = \cos^2(\theta_L) \left| \int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) e^{jk_{ox} \operatorname{sen} \theta_L} \cdot dx \right|^2$$

- UNA RELACIÓN SIMILAR DETERMINA LA DISTRIBUCIÓN ANGULAR EN LA DIRECCIÓN TRANSVERSAL.

•**FIGURA: EXPLORACIÓN DEL CAMPO LEJANO EN UN PLANO PARALELO Y PERPENDICULAR A LA UNIÓN PARA UN LASE BH OPERANDO PARA VARIOS NIVELES DE CORRIENTE:**



CARACTERIZACIÓN DEL CAMPO LEJANO

- EL CAMPO LEJANO SE CARACTERIZA CON LAS ANCHURAS ANGULARES θ_i Y θ_T REPRESENTA:
 - LA ANCHURA TOTAL DEL MÁXIMO MEDIO DE LA CORRESPONDIENTE DISTRIBUCIÓN ANGULAR:
 - RANGOS USUALES: PARA LASERS BH: $\theta_i=30^\circ$ A 40° Y $\theta_T=40^\circ$ A 50°

DESVENTAJAS DE LASERS SEMICONDUCTORES

- AUNQUE LAS ANCHURAS ANGULARES DE DIVERGENCIA θ_i Y θ_T SON CONSIDERÁBLEMENTE ANGOSTAS COMPARADA CON LOS LED's.
 - LA DIVERGENCIA ANGULAR DE LOS LASER'S SEMICONDUCTORES ES MUY GRANDE COMPARADA CON OTROS TIPOS DE LASER'S.
- SE DIFICULTA EL ACOPLAMIENTO DE LA LUZ EN LA FIBRA ÓPTICA, DEBIDO A:
 - EFICIENCIA DE ACOPLAMIENTO TÍPICA: ESTÁN EN EL RANGO DE: 30% A 50% PARA LA MAYORÍA DE LOS TRANSMISORES ÓPTICOS.

OPERACIÓN MONOMODO LONGITUDINAL

- **LOS LASER SEMICONDUCTORES BH SE DISEÑAN PARA EMITIR LUZ EN UN MODO ESPACIAL ÚNICO.**
 - **CONTROLANDO LA ANCHURA Y EL ESPESOR DE LA REGIÓN ACTIVA.**
 - **ESTOS LASER'S OCCILAN EN VARIOS MODOS LONGITUDINALES SIMULTÁNEAMENTE**
 - **DEBIDO A LA DIFERENCIA DE LA GANANCIA, RELATIVAMENTE PEQUEÑA DE UNOS: $0,1 \text{ cm}^{-1}$ ENTRE MODOS VECINOS DE LA CAVIDAD DE FABRY-PEROT.**
- **LA ANCHURA ESPECTRAL RESULTANTE DE 2 A 4nm.**
 - **ES ACEPTABLE PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICOS OPERENDO CERCA DE $1,3\mu\text{m}$ PARA UNA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE BITS SUPERIOR A LOS $2,5\text{Gb/s}$.**
 - **ESTOS LASER'S MULTIMODOS NO PUEDEN SER USADOS EN SISTEMAS ÓPTICOS DISEÑADOS PARA OPERAR CERCA DE $1,55\mu\text{m}$ CON FIBRAS ÓPTICAS ESTANDART.**

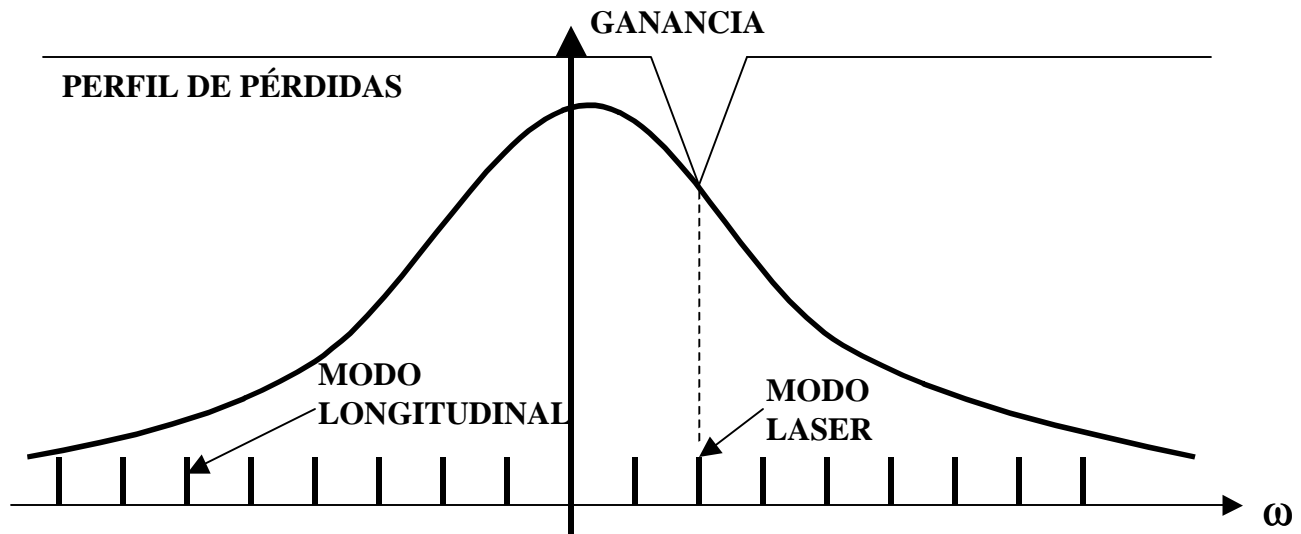
FIBRAS ÓPTICAS CON CAMBIO DE DISPERSIÓN

- **OFRECEN UNA SOLUCIÓN, POR PRESENTAR:**
 - **PÉRDIDAS MÍNIMAS**
 - **MÍNIMA DISPERSIÓN.**
- **UNA SOLUCIÓN ALTERNATIVA ES EL DISEÑO DE LASER'S SEMICONDUCTORES, QUE IRRADIAN LUZ PREDOMINÁNTEMENTE DE MONOMODO LONGITUDINAL.**

EL LASER SEMICONDUCTOR MONOMODO LONGITUDINAL

- **SE DISEÑA EN COMPARACIÓN CON EL LASER DE FABRY PEROT:**
 - **DE TAL FORMA QUE LAS PÉRDIDAS DE LA CAVIDAD SON DIFERENTES PARA DIFERENTES MODOS LONGITUDINALES DE LA CAVIDAD.**
 - **EN EL LASER DE FABRY PEROT LAS PÉRDIDAS SON INDEPENDIENTES DE LOS MODOS.**
- **EL MODO LONGITUDINAL CON LA CAVIDAD DE PÉRDIDAS MENOR:**
 - **ALCANZA PRIMERO EL NIVEL UMBRAL Y PASA A SER EL MODO DOMINANTE.**
- **OTROS MODOS VECINOS SON DISCERNIDOS POR LAS ELEVADAS PÉRDIDAS.**
 - **LA EMISIÓN ESPONTÁNEA EVITA EL INCREMENTO DE ESTOS MODOS.**
 - **LA POTENCIA DE LOS MODOS VECINOS ES MÍNIMA DE UNOS 1% DE LA POTENCIA TOTAL**

•**FIGURA: PERFILES DE GANANCIA Y PÉRDIDAS DE UN LASER SEMICONDUCTOR OCCILANDO PREDOMINÁNTEMENTE COMO MONOMODO LONGITUDINAL.**



RELACIÓN DE SUPRESIÓN DE MODO (MSR)

•CARACTERIZA EL RENDIMIENTO DEL LASER MONOMODO LONGITUDINAL. DEFINIDO:

$$M_{SR} = \frac{P_{mn}}{P_{sm}}$$

• P_{mn} = POTENCIA DEL MODO PRINCIPAL.

• P_{sm} = POTENCIA DE LOS MODOS LATERALES MÁS DOMINANTES.

•EN UN BUEN LASER MONOMODO LONGITUDINAL EL:

• $MSR > 1000$

• $MSR > 30dB$

LASER SEMICONDUCTORES CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA

•LA RETROALIMENTACIÓN EN UN LASER CON **RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA**, NO SE LOCALIZA POR LAS CARAS LATERALES.

•SE DISTRIBUYE A LO LARGO DE TODA LA CAVIDAD.

•ESTO SE LOGRA DE UN EFECTO DE ENREJADO INTERNO GENERANDO UNA VARIACIÓN PERIÓDICA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL MODO.

•**EL FENÓMENO DE RETROALIMENTACIÓN:**

•SE APROVECHA EL FENÓMENO DE **DIFRACCIÓN DE BRAGG**.

•ACOPLA LAS ONDAS QUE SE PROPAGAN EN LAS DIRECCIONES DE **IDA Y VUELTA**.

•**LA CONDICIÓN DE BRAGG:**

•ES EL MECANISMO DE **SELECTIVIDAD DEL MODO** DEL LASER CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA.

- ACOPLAMIENTO SOLO ES POSIBLE PARA LONGITUDES DE ONDA, QUE SATISFACEN:

$$\Lambda = m \left(\lambda_B / 2 \hat{n} \right)$$

- Λ = PERÍODO DEL ENREJADO
- \hat{n} = PROMEDIO DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL MODO
- m = NÚMERO ENTERO. REPRESENTA EL ORDEN DE LA DIFRACCIÓN DE BRAGG.
- UN ACOPLAMIENTO FUERTE ENTRE LAS ONDAS DE IDA Y LAS DE VUELTA ES POSIBLE PARA UNA DIFRACCIÓN DE BRAGG DE PRIMER ORDEN, CON: $m=1$.
- VALORES TÍPICOS:

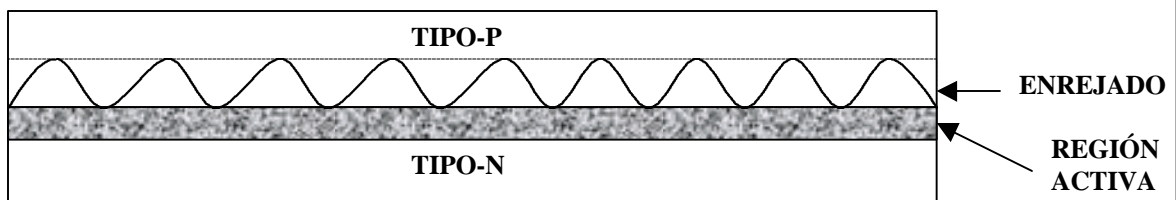
EN: $\lambda_B = 1,55 \mu\text{m}$, $\Lambda = 235 \text{nm}$ $m = 1$ y $\hat{n} = 3,3$

CLASIFICACIÓN DE LOS LASERS SEMICONDUCTORES CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA

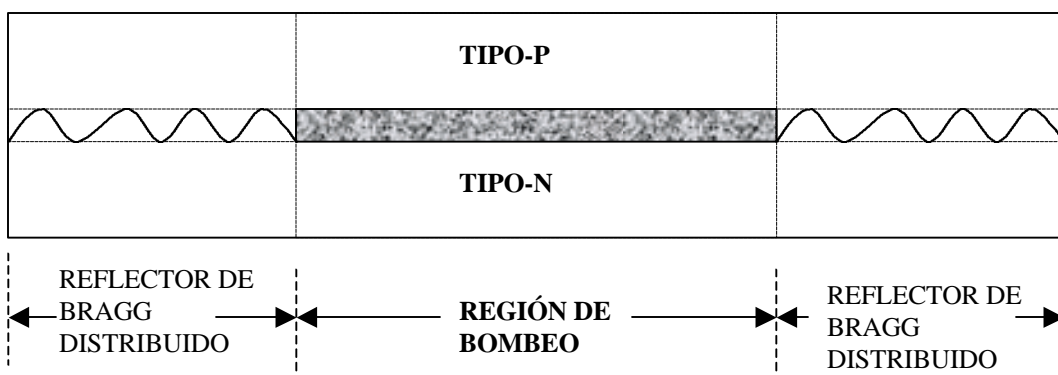
- DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA OPERACIÓN DEL DISPOSITIVO. SE CLASIFICAN EN DOS CATEGORÍAS:
- EL LASER CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA. DFB
- EL LASER CON REFLECTOR DE BRAGG DISTRIBUIDO. DBR

• FIGURA:

• LASER CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA:



• LASER CON REFLECTOR DE BRAGG DISTRIBUIDO



- EN EL LASER CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA LA RETROALIMENTACIÓN OCURRE A LO LARGO DE TODA LA CAVIDAD
- EN EL LASER CON REFLECTOR DE BRAGG DISTRIBUIDO LA RETROALIMENTACIÓN NO OCUPA ESPACIO DENTRO DE LA REGIÓN ACTIVA.

- LAS REGIONES TERMINALES DEL LASER CON REFLECTOR DE BRAGG DISTRIBUIDO, ACTUAN COMO ESPEJOS.

- LAS REFLECTIVIDADES DE LAS REGIONES TERMINALES ES MÁXIMA PARA UNA LONGITUD DE ONDA λ_B QUE SATISFACE LA ECUACIÓN:

$$\Lambda = m \left(\lambda_B / 2n \right)$$

LAS PÉRDIDAS DE LA CAVIDAD

- SON MÍNIMAS PARA MODOS LONGITUDINALES CERCANOS A λ_B .
- SE INCREMENTAN NOTÁBLEMENTE PARA OTROS MODOS LONGITUDINALES.
- LA RELACIÓN DE SUPRESIÓN DE MODO “MSR”.
 - ESTÁ DETERMINADO POR EL MARGEN DE GANANCIA:
 - DEFINIDO COMO LA GANANCIA EN EXCESO REQUERIDO POR LOS MODOS LATERALES MAS DOMINANTES PARA ALCANZAR EL NIVEL UMBRAL.
- PARA EL LASER DE RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA DFB.
 - OPERANDO CONTINUAMENTE:
 - ES SUFICIENTE UN MARGEN DE GANANCIA DE 3 A 5cm^{-1}
 - PARA LOGRAR UN MSR > 30dB.
- PARA EL LASER DFB MODULADOS DIRÉCTAMENTE:
 - SE NECESITA UN MAYOR MARGEN DE GANANCIA $>10\text{cm}^{-1}$
- EL LASER DFB CON ACOPLAMIENTO DE GANANCIA:
 - MEJORA EL RENDIMIENTO DEL DISPOSITIVO.
 - EN ESTE TIPO DE LASER, LA GANANCIA ÓPTICA Y EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN MODAL VARÍA PERIÓDICAMENTE A LO LARGO DE LA CAVIDAD.
- LA FABRICACIÓN DE LASERS SEMICONDUCTORES DFB REQUIERE TECNOLOGÍA AVANZADA CON CRECIMIENTOS EPITAXIALES MÚLTIPLES.

- **LA DIFERENCIA PRINCIPAL CON LOS LASERS FP (FABRY-PEROT) ES:**
 - **QUE UNA REJILLA SE GRABA DENTRO DE LA CAPA DE REVESTIMIENTO QUE RODEA LA REGIÓN ACTIVA.**
 - **FORMACIÓN DE LA REJILLA:**
 - **UNA CAPA MUY DELGADA TIPO-N QUE ACTÚA COMO GUÍA DE ONDA, CON ÍNDICE DE REFRACCIÓN INTERMEDIO ENTRE VALORES DE “n” EN LA ZONA ACTIVA Y “n” EN EL SUSTRATO CUMPLE LA FUNCIÓN DE REJILLA.**
 - **LA VARIACIÓN PERIÓDICA DEL ESPESOR DE LA CAPA QUE HACE DE GUÍA DE ONDA:**
 - **GENERA COMO CONSECUENCIA UNA VARIACIÓN PERIÓDICA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN MODAL n^{\wedge} A LO LARGO DE LA CAVIDAD.**
 - **LO QUE PERMITE UN ACOPLAMIENTO ENTRE LA ONDA INCIDENTE Y REFLEJADA QUE SE PROPAGA POR DIFRACCIÓN DE BRAGG.**

- **UNA TÉCNICA HOLOGRÁFICA ES USADA CON FRECUENCIA PARA FORMAR UNA REJILLA CON UNA PERIODICIDAD DE UNOS 0,2 μ m.**
 - **OPERA FORMADO A TRAVÉS DE LA INTERFERENCIA DE DOS HACES DE LUZ, UNA FRANJA DE PATRÓN SOBRE UNA FOTORESISTENCIA.**

TÉCNICA LITOGRÁFICA DEL HAZ ELECTRÓNICO

- **EN ESTA TÉCNICA UN HAZ ELECTRÓNICO QUEMA EL PATRÓN DESEADO SOBRE UNA RESISTENCIA SENSIBLE AL HAZ ELECTRÓNICO.**
- **AMBOS MÉTODOS USAN TÉCNICAS DE GRABADO QUÍMICO PARA FORMAR LA CORRUGACIÓN, TOMANDO LAS RESISTENCIAS COMO MÁSCARAS PATRONES.**
- **DESPUÉS DE GRABAR LA REJILLA SOBRE EL SUSTRATO, SE HACEN CRECER CAPAS MÚLTIPLES POR MEDIO DE UNA TÉCNICA DE CRECIMIENTO EPITAXIAL.**
- **A PESAR DE LA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA LASER DFB (LASER CON RETROALIMENTACIÓN DISTRIBUIDA) SE PRODUCE COMERCIALMENTE DE MANERA RUTINARIA.**
 - **SE USAN PARA OPERAR EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES ÓPTICOS EN LA REGIÓN CERCANA A LOS 1,55 μ m PARA UNA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN DE UNOS 2,5Gb/s O MAS.**
 - **SISTEMAS ÓPTICOS TRANSOCÉANICAS HAN SIDO DISEÑADOS PARA OPERAR HACIENDO USO DE LASERS DFB.**