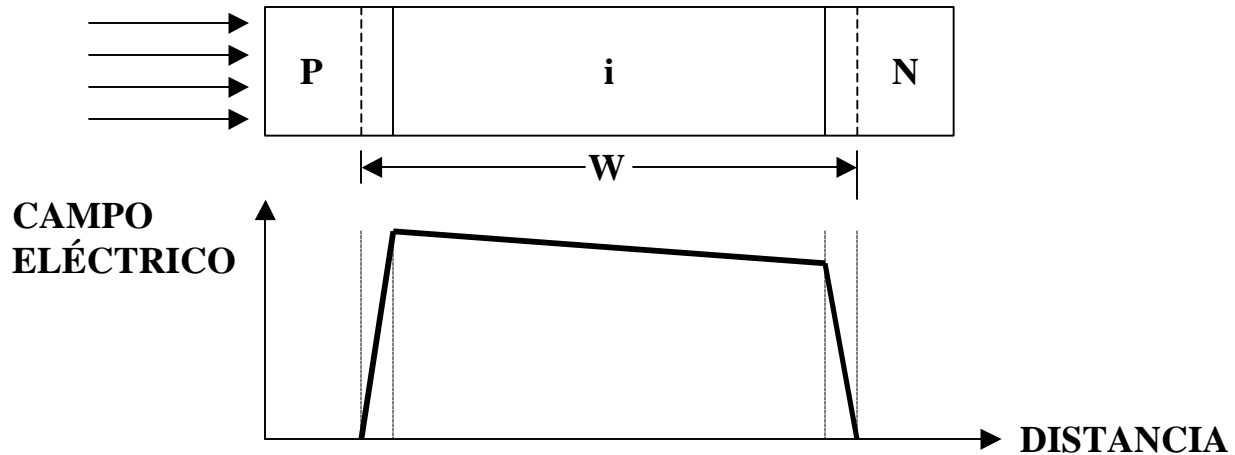
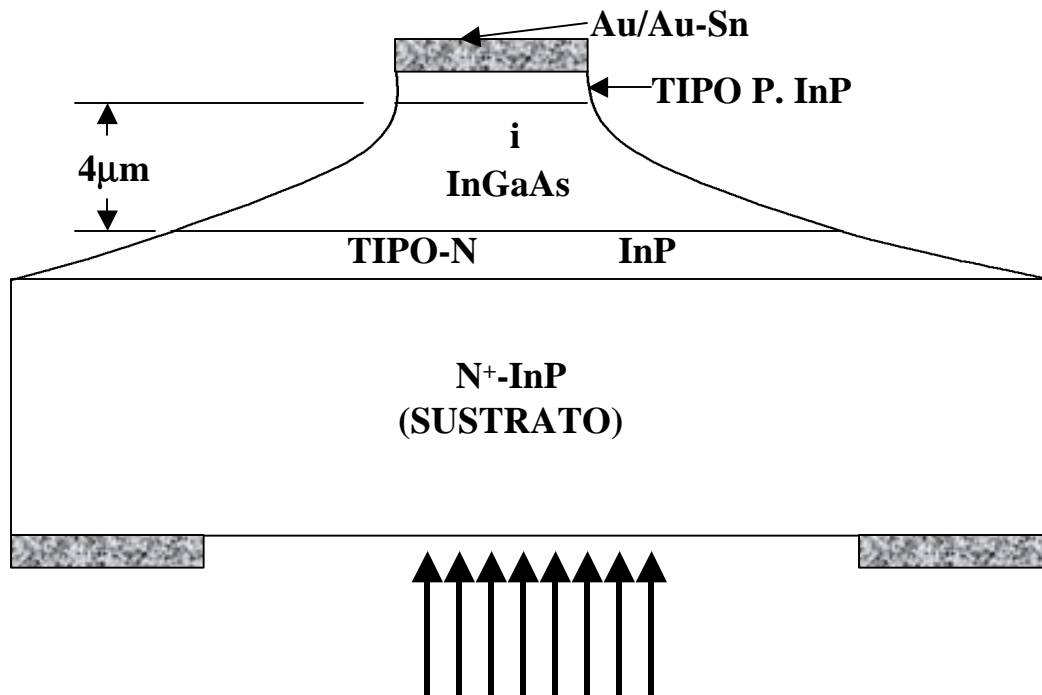


EL FOTODIODO PIN

- EL FOTODIODO PIN CON SU DISTRIBUCIÓN DE CAMPO ELÉCTRICO POLARIZADO INVERSAMENTE.



DISEÑO DE UN FOTODIODO PIN InGaAs



MÉTODO PARA INCREMENTAR LA ANCHURA DE LA REGIÓN DE VACIAMIENTO.

- INSERTAR UNA CAPA DE MATERIAL INTRÍNSECO O DÉBILMENTE DOPADO ENTRE LA UNIÓN PN.
- ESTA ZONA INTRÍNSECA DEL DISPOSITIVO DA EL NOMBRE DE **DIODO PIN**.

CARACTERÍSTICA DE LA CAPA INTERMEDIA

- PRESENTA UNA **ELEVADA RESISTIVIDAD**.
- SE PRODUCE UNA ELEVADA CAIDA DE TENSION.
- EL CAMPO ELÉCTRICO INTERNO ES MUY INTENSO.
- LA ZONA DE VACIAMIENTO SE EXTIENDE FUERA DE LA REGIÓN INTRÍNSECA Y TIENE UNA ANCHURA “W”.
- LA ANCHURA “W” SE PUEDE CONTROLAR CAMBIANDO EL **ESPESOR DE LA REGIÓN**.

DIFERENCIA CON EL FOTODIODO PN.

- EN EL FOTODIODO **PIN**, LA COMPONENTE DE LA FOTOCORRIENTE DE ARRASTRE ES MÁS INTENSA QUE LA COMPONENTE DE **DIFUSIÓN**.
- DEBIDO A QUE GRAN PARTE DE LA POTENCIA INCIDENTE ES ABSORBIDA EN LA REGIÓN “i” DEL FOTODIODO **PIN**.

LA ANCHURA DE VACIAMIENTO “W”

- EL VALOR ÓPTIMO DE “W” DEPENDE DEL COMPROMISO ENTRE:
 - VELOCIDAD**
 - SENSIBILIDAD**
- LA RESPUESTA PUEDE INCREMENTARSE, AUMENTANDO “W”.
- LA EFICIENCIA CUÁNTICA η SE APROXIMA AL 100%.

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{in}} = 1 - e^{-\alpha W}$$

INCREMENTO DEL TIEMPO DE RESPUESTA.

- EL TIEMPO DE RESPUESTA AUMENTA PARA LOS PORTADORES ARRASTRADOS A TRAVÉS DE LA REGIÓN DE VACIAMIENTO.

VALORES TÍPICOS PARA SEMICONDUCTORES DE BANDA PROHIBIDA INDIRECTA COMO EL Ge, Si.

- OSCILAN EN EL RANGO:

$$W \approx 20 \text{ a } 50 \mu\text{m}$$

- PARA ASEGURAR UNA EFICIENCIA CUÁNTICA RAZONABLE.

EL ANCHO DE BANDA PARA LOS SEMICONDUCTORES DE BANDA PROHIBIDA INDIRECTA

- ESTÁ LIMITADO POR UN TIEMPO DE TRÁNSITO MUY GRANDE:

$$\tau_{tr} > 200ps$$

VALORES TÍPICOS PARA SEMICONDUCTORES DE BANDA PROHIBIDA DIRECTA:

$$W \approx 3 \text{ a } 5\mu m$$

EL ANCHO DE BANDA PARA LOS SEMICONDUCTORES DE BANDA PROHIBIDA DIRECTA

- EL TIEMPO DE TRÁNSITO ESTÁ EN EL RANGO: $\tau_{tr} = 30 \text{ a } 50ps$
- LA VELOCIDAD DE ARRASTRE DE SATURACIÓN ES:

$$v_{dmax} = 1 \times 10^5 \text{ m/s}$$
- SE OBTIENE UN ANCHO DE BANDA DE: $\Delta f = 3 \text{ a } 5GHz$

EL RENDIMIENTO DEL FOTODIODO PIN

- MEJORA EN DISEÑO DE HETEROESTRUCTURAS DOBLES.
 - EN FORMA SIMILAR AL CASO DEL LASER SEMICONDUCTOR, DONDE SE INTERPONE UNA CAPA “I” ENTRE LAS CAPAS P Y N DE UN MATERIAL SEMICONDUCTOR DIFERENTE, CUYAS BANDAS PROHIBIDAS SE SELECCIONAN PARA QUE LA LUZ SEA SÓLO ABSORBIDA EN LA REGIÓN INTRÍNSECA “I” INTERMEDIA.

LA COMPONENTE DE DIFUSIÓN DEL FOTODIODO DE HETEROESTRUCTURA.

- LA COMPONENTE DE DIFUSIÓN SE ELIMINA TOTALMENTE.
 - CONSECUENCIA DE QUE LOS FOTONES SON ABSORBIDOS SÓLO DENTRO DE LA ZONA DE VACIAMIENTO.

DISMINUCIÓN DE LA REFLEXIÓN

- UNA CAPA DIELÉCTRICA EN LA CARA FRONTAL DISMINUYE LOS EFECTOS DE LA REFLEXIÓN.

LA EFICIENCIA CUÁNTICA η

- SE PUEDE ELEVAR A: $\eta = 100\%$ USANDO UNA CAPA DE InGaAs

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LOS FOTODIODOS:

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	Si	Ge	InGaAs
LONGITUD DE ONDA	λ	μm	0,4 - 1,1	0,8 - 1,8	1,0 - 1,7
FACTOR DE FOTOSENSIBILIDAD	R	A/W	0,4 - 0,6	0,5 - 0,7	0,6 - 0,9
EFICIENCIA CUÁNTICA	η	%	75 - 90	50 - 55	60 - 70
CORRIENTE DE OSCURIDAD	I_d	nA	1 - 10	50 - 500	1 - 20
TIEMPO DE ASCENSO	τ_r	ns	0,5 - 1	0,1 - 0,5	0,05 - 0,5
ANCHO DE BANDA	Δf	GHz	0,3 - 0,6	0,5 - 3	1 - 5
VOLTAJE DE POLARIZACIÓN	V_b	V	50 - 100	6 - 10	5 - 6

TÉCNICAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE FOTODIODOS DE ALTA VELOCIDAD

•FORMACIÓN DE UNA CAVIDAD FABRY-PEROT ALREDEDOR DE LA ESTRUCTURA PIN

- SE INCREMENTA EL RENDIMIENTO CUÁNTICO.
- SE OBTIENE UNA ESTRUCTURA SIMILAR AL LASER.
- UNA CAVIDAD FABRY-PEROT TIENE UNA SERIE DE MODOS LONGITUDINALES.
 - PARA ESTOS MODOS EL CAMPO ÓPTICO INTERNO ES AMPLIFICADO POR EFECTOS DE RESONANCIAS A TRAVÉS DE INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS.
 - COMO RESULTADO SE ELEVA LA SENSIBILIDAD, SI LA LONGITUD DE ONDA INCIDENTE ES CERCANA A LA DEL MODO LONGITUDINAL.
- EN APLICACIONES WDM SE NECESITA ESTE TIPO DE SELECTIVIDAD DE LONGITUD DE ONDA.

•SE FORMA UN ESPEJO DE CAPAS DE AlGaAs-AlAs, EN UNA CAVIDAD FABRY-PEROT.

- SE GENERA UN EFECTO DE REFLECTIVIDAD DE BRAGG.
- ES POSIBLE INCREMENTAR LA EFICIENCIA A 100%.

EN LA CAVIDAD DE FABRY-PEROT CON ESPEJO, SE INSERTA UNA CAPA DE ABSORCIÓN DE InGaAs

- **ESPESOR DE LA CAPA 90nm.**
- **SE TRATA DE UNA MICROCAVIDAD COMPUESTA POR:**
 - **UN ESPEJO DE BRAGG.**
 - **UN ESPEJO DIELECTRICO DE GaAs-AlAs.**
 - **EFICIENCIA CUÁNTICA: $\eta \approx 94$ a 100%**
 - **RANGO DE LONGITUD DE ONDA : $\approx 14\text{nm}$**
 - **ANCHO DE BANDA: $> 100\text{GHz}$**

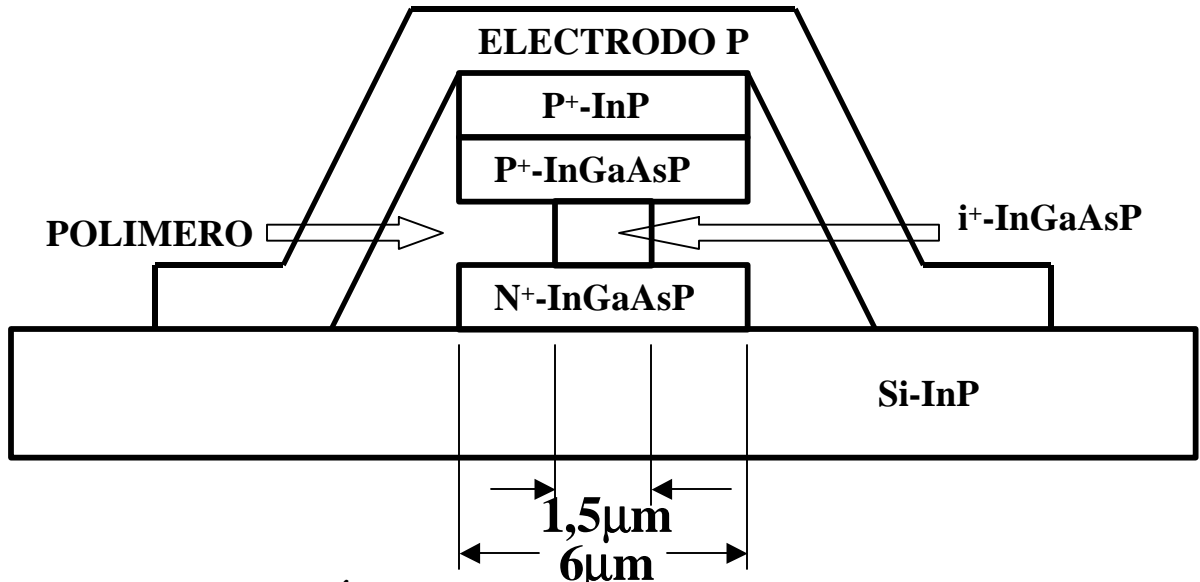
GUÍA DE ONDAS ÓPTICAS CON ACOPLAMIENTO DE LA SEÑAL POR EL BORDE

- **TÉCNICA PARA LOGRAR FOTODIODOS DE ALTA VELOCIDAD.**
- **SE ASEMEJA A UN LASER SEMICONDUCTOR EN AUSENCIA DEL BOMBEO DE PORTADORES.**
 - **CON LA DIFERENCIA DE OPTIMIZAR DE MANERA DIFERENTE VARIAS CAPAS EPITAXIALES.**
- **SOPORTAN MÚLTIPLES MODOS LASERS TRANSVERSALES. MEJORANDO LA EFICIENCIA DE ACOPLAMIENTO.**

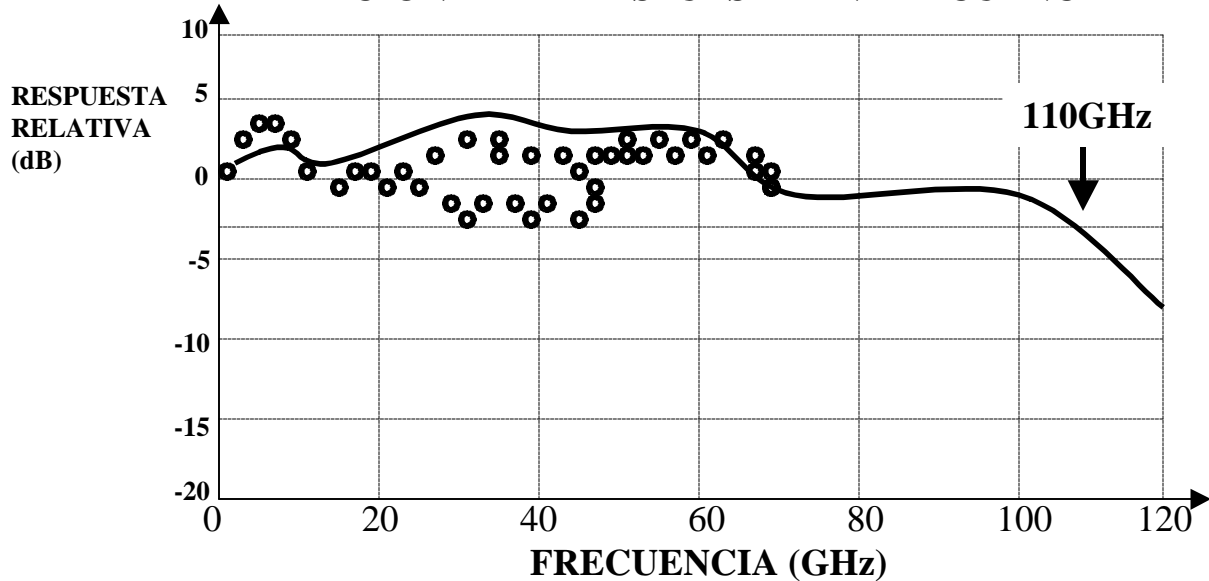
USO DE UNA CAPA DE ABSORCIÓN ULTRA FINA:

- **SE ELEVA LA EFICIENCIA CUÁNTICA A: 100% .**
 - **DEBIDO A QUE LOS PROCESOS DE ABSORCIÓN OCURREN A TODO LO LARGO DE LA GUÍA DE ONDA.**
 - **EL ANCHO DE BANDA: ESTÁ LIMITADO POR τ_{RC}**
 - **τ_{RC} PUEDE DISMINUIR CONTROLANDO EL ÁREA TRANSVERSAL DE LA GUÍA DE ONDA.**
 - **SE LOGRA ANCHOS DE BANDA DE 50GHz , SE PUEDE INCREMENTAR HASTA LOS 110GHz , CON LA ESTRUCTURA TIPO MESA DE HONGO.**
 - **LA ANCHURA DE LA REGION-i SE REDUCE A: $1,5\mu\text{m}$**
 - **ANCHURA DE LAS REGIONES P Y N: $\approx 6\mu\text{m}$**
 - **SE REDUCE LA CAPACITANCIA PARÁSITA.**
 - **SE REDUCE LA RESISTENCIA SERIE INTERNA.**
 - **$\tau_{RC} \approx 1\text{ps}$**
 - **ALTO FACTOR DE FOTOSENSIBILIDAD “R”.**
 - **ANCHO DE BANDA DE 50GHz .**
 - **EFICIENCIA CUÁNTICA: $> 90\%$**

FOTODIODO DE GUÍA DE ONDA ÓPTICA TIPO MESA DE HONGO



MEDICIÓN DE LA RESPUESTA EN FRECUENCIA



EL FOTODIODO DE GUÍA DE ONDA CON ESTRUCTURA DE ELECTRODO

- MEJORA EL RENDIMIENTO.
- SE EVITA REFLEXIONES. SE PROPAGAN ONDAS CON LAS MISMAS IMPEDANCIAS DE ONDA.
- ANCHO DE BANDA: 172 GHz.
- EFICIENCIA 45%
- ANCHURA DE GUÍA DE ONDA: $1\mu\text{m}$
- IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA: 50Ω