

EL RECEPTOR ÓPTICO

•FUNCIÓN:

- CONVIERTE LA SEÑAL ÓPTICA EN LA SEÑAL ORIGINAL ELÉCTRICA.
- RECUPERA LOS DATOS TRANSMITIDOS A TRAVÉS DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES ÓPTICOS.

•EL FOTODETECTOR:

- ES EL COMPONENTE PRINCIPAL. CONVIERTE LA LUZ EN ELECTRICIDAD A TRAVÉS DEL EFECTO FOTOELÉCTRICO.

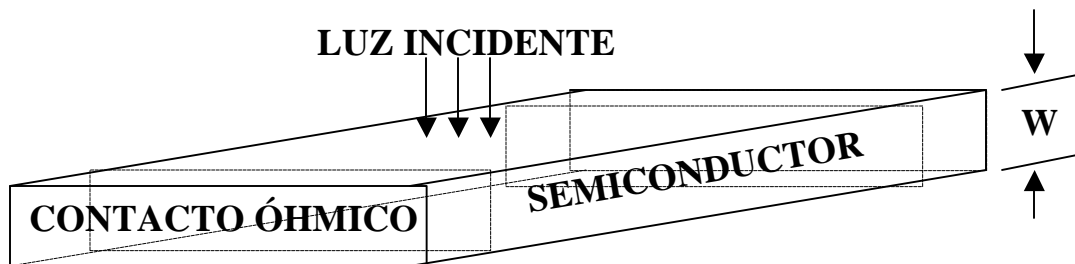
•CARACTERÍSTICAS DE UN FOTODETECTOR:

- ALTA SENSIBILIDAD
- RESPUESTA RÁPIDA
- BAJO RUIDO.
- BAJO COSTO.
- ALTA SEGURIDAD.
- DIMENSIONES COMPATIBLES CON LA FIBRA ÓPTICA.

CONCEPTOS BÁSICOS

•LA ABSORCIÓN ÓPTICA:

- ES EL MECANISMO SOBRE EL CUAL ESTÁ BASADO EL PROCESO DE FOTODETECCIÓN.



EN UNA PIEZA SEMICONDUCTORA

- SI LA ENERGÍA DE FOTÓN INCIDENTE $h\nu$ ES MAYOR QUE LA ENERGÍA DE LA BANDA PROHIBIDA.
 - SE GENERA UN PAR ELECTRÓN HUECO CADA VEZ QUE UN FOTÓN ES ABSORBIDO POR EL SEMICONDUCTOR.
- UNA TENSIÓN APLICADA GENERA UN CAMPO ELÉCTRICO
 - ELECTRONES Y HUECOS SON ARRASTRADOS A TRAVÉS DEL SEMICONDUCTOR.
 - SE PRODUCE UN FLUJO DE CORRIENTE ELÉCTRICA.

LA CORRIENTE ELÉCTRICA “ I_p ”

•ES DIRÉCTAMENTE PROPORCIONAL A LA POTENCIA ÓPTICA INCIDENTE P_{in} , DONDE:

$$I_p = R P_{in}$$

•“ R ”=FACTOR DE FOTSENSIBILIDAD DEL DETECTOR (unidades A/W)

•EFICIENCIA CUÁNTICA η SE DEFINE:

$$\eta = \frac{\text{VELOCIDAD DE GENERACIÓN DE ELECTRONES}}{\text{VELOCIDAD DE FOTONES INCIDENTES}} = \frac{I_p / q}{P_{in} / h\nu} = \frac{h\nu}{q} R$$

•EL FACTOR DE FOTSENSIBILIDAD “ R ” AUMENTA CON LA LONGITUD DE ONDA λ

$$R = \frac{\eta q}{h\nu} \approx \frac{\eta \lambda}{1,24} \quad \text{CON } \lambda = \frac{C}{\nu} \text{ EN MICRÓMETRO S}$$

DEPENDENCIA QUE MUESTRA η DE λ

•ESTÁ RELACIONADA CON EL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN: α

•SI LAS CARAS DE LA MUESTRA SEMICONDUCTORA, ESTÁN RECUBIERTAS POR UNA CAPA ANTIREFLECTORA:

•LA POTENCIA TRANSMITIDA ATRAVÉS DE LA PIEZA DE ANCHURA “ W ” ES: $P_{tr} = P_{in} e^{-\alpha W}$

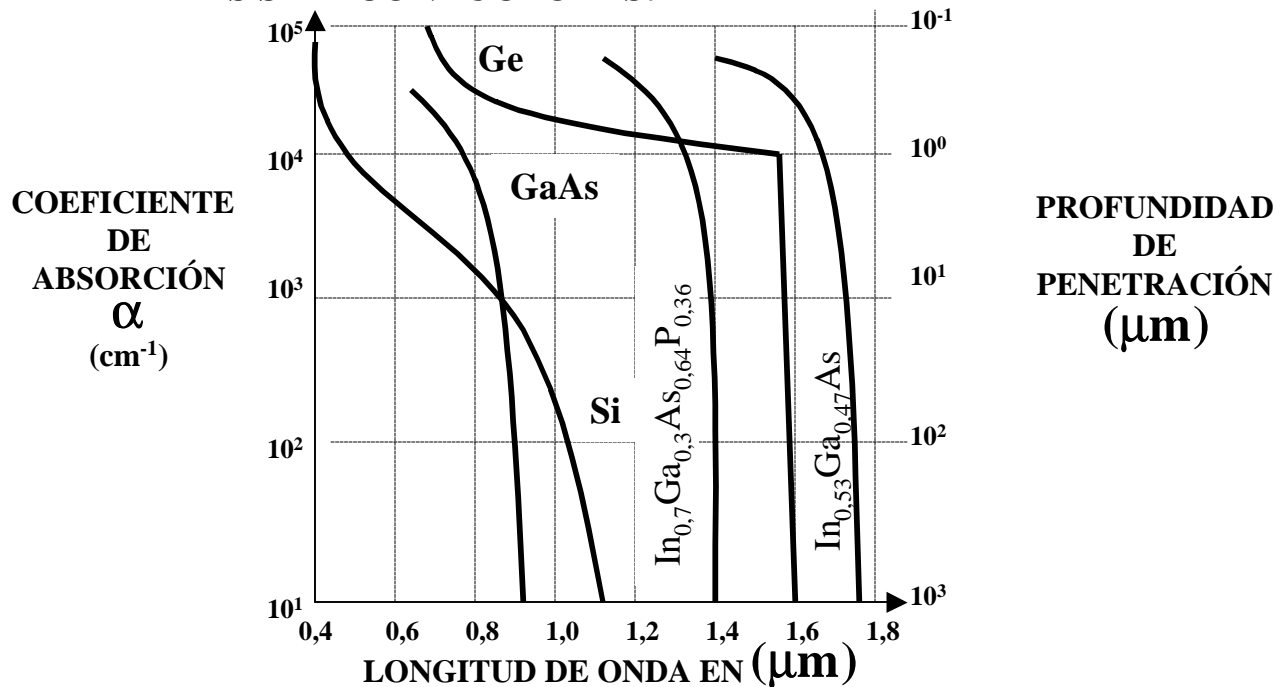
•LA POTENCIA ABSORBIDA ES: $P_{abs} = P_{in} - P_{tr} = P_{in} (1 - e^{-\alpha W})$

•LA EFICIENCIA CUÁNTICA: η

•DADO QUE CADA FOTÓN ABSORBIDO CREA UN PAR ELECTRÓN HUECO, SE OBTIENE:

$$\eta = \frac{P_{abs}}{P_{in}} = 1 - e^{-\alpha W} \rightarrow \eta = 0 \text{ PARA } \alpha = 0 \quad \eta = 1 \text{ PARA } \alpha \gg 1$$

• **FIGURA: DEPENDENCIA QUE MUESTRA LA LONGITUD DE ONDA DEL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN α PARA DIFERENTES MATERIALES SEMICONDUCTORES:**



• LOS MATERIALES DE LA FIGURA SE USAN COMÚNMENTE COMO FOTODETECTORES EN SISTEMAS DE FIBRA ÓPTICA.

LA LONGITUD DE ONDA DE CORTE

• ES LA LONGITUD DE ONDA λ_c A PARTIR DE LA CUAL α SE HACE CERO

• **PARA EL FOTODETECTOR:**

• EL MATERIAL PUEDE USARSE SÓLO PARA: $\lambda < \lambda_c$

• **SEMICONDUCTORES DE BANDA PROHIBIDA INDIRECTA:**

• TALE S COMO EL S_i Y EL G_e SE USAN COMO FOTODETECTORES:

• EL BORDE DE ABSORCIÓN NO ES MUY ABRUPTO.

• **SEMICONDUCTORES DE BANDA PROHIBIDA DIRECTA:**

• MUESTRA UN BORDE DE ABSORCIÓN MUY ABRUPTO.

• **EL TIEMPO DE ASCENSO T_r**

• LA CORRIENTE SE INCREMENTA DEL 10% AL 90%.

$$T_r = \ln(9)(\tau_{tr} + \tau_{RC})$$

• τ_{tr} = TIEMPO DE TRÁNSITO.

• τ_{RC} = CONSTANTE DE TIEMPO DE UN CIRCUITO RC EQUIVALENTE.

EL TIEMPO MÁXIMO DE AGRUPAMIENTO DE PORTADORES

- TIEMPO QUE TOMA UN ELECTRÓN PARA ATRAVESAR LA REGIÓN DE ABSORCIÓN.

LA EFICIENCIA CUÁNTICA η

$$\eta = \frac{P_{\text{abs}}}{P_{\text{in}}} = 1 - e^{-\alpha W} \quad \eta \text{ DECRECE PARA } \alpha W < 3$$

- POR ESTA RAZÓN SE APRECIA UN INTERCAMBIO ENTRE ANCHO DE BANDA Y RESPUESTA DEL FOTODETECTOR. (VELOCIDAD CONTRA SENSIBILIDAD).

EL ANCHO DE BANDA

$$\Delta f = (2\pi(\tau_{\text{tr}} + \tau_{\text{RC}}))^{-1}$$

LA CORRIENTE DE OSCURIDAD I_d

- ES LA CORRIENTE GENERADA EN UN FOTODETECTOR EN AUSENCIA DE SEÑAL ÓPTICA.

•**CAUSA:** FUGAS DE LUZ, PARES ELECTRÓN HUECO GENERADOS TÉRMICAMENTE. ES DESPRECIABLE: **$I_d < 10\text{nA}$**

EL DISEÑO DEL FOTODETECTOR

- CLASIFICACIÓN: DETECTORES FOTOCONDUCTOR Y FOTOVOLTÁICO.

EL DETECTOR FOTOCONDUCTOR

- UNA PIEZA SEMICONDUCTORA HOMOGÉNEA CON CONTACTO ÓHMICO ACTÚA COMO UN TIPO SIMPLIFICADO DE DETECTOR FOTOCONDUCTOR.

- SIN INCIDENCIA DE LUZ**

- FLUYE UNA PEQUEÑA CORRIENTE, DEBIDO A LA BAJA CONDUCTIVIDAD DEL SEMICONDUCTOR.

- CON INCIDENCIA DE LUZ**

- SE INCREMENTA LA CONDUCTIVIDAD. DEBIDO A LA GENERACIÓN DE PARES ELECTRÓN HUECO. **LA CORRIENTE SE INCREMENTA PROPORCIONAL A LA POTENCIA ÓPTICA INCIDENTE.**

**EL DETECTOR FOTOVOLTÁICO
(LAS CELDAS SOLARES)**

- GENERAN VOLTAJE EN PRESENCIA DE LA LUZ.
- UNIONES PN POLARIZADAS INVÉRSAMENTE PERTENECEN A ESTA CATEGORÍA Y SE USAN COMÚNMENTE EN SISTEMAS ÓPTICOS.

FOTODIODOS PN

•UNA UNIÓN PN POLARIZADA INVÉRSAMENTE, CONSISTE EN UNA REGIÓN DENOMINADA **REGIÓN DE VACIAMIENTO**, LA CUÁL ESTÁ ESENCIÁLMENTE **DESPROVISTA DE PORTADORES DE CARGA LIBRES**.

•EN ESTA REGIÓN UN **CAMPO ELÉCTRICO INTERNO SE OPONE AL FLUJO DE ELECTRONES** DE LA REGIÓN N A LA REGIÓN P Y DE HUECOS DE LA P A LA N.

•SI SOBRE LA REGIÓN P DE LA UNIÓN PN, INCIDE LUZ.

•SE GENERA PARES ELECTRÓN HUECO DEBIDO A LA ABSORCIÓN.

•POR EFECTO DEL **INTENSO CAMPO ELÉCTRICO INTERNO**, LOS ELECTRONES Y HUECOS GENERADOS DENTRO DELA REGIÓN DE VACIAMIENTO **SE ACELERAN EN DIRECCIÓN OPUESTA**, SIENDO ARRASTRADOS HACIA LAS REGIONES P Y N RESPECTIVAMENTE.

•EL **FLUJO DE CORRIENTE RESULTANTE** ES PROPORCIONAL A LA **POTENCIA ÓPTICA INCIDENTE**.

•PORLO TANTO, UNA UNIÓN PN POLARIZADA INVÉRSAMENTE FUNCIONA COMO UN **FOTODETECTOR** Y SE DENOMINA **FOTODIODO PN**.

FOTODIODO PN POLARIZADO INVÉRSAMENTE

