
CAPÍTULO II. FUENTES Y DETECTORES ÓPTICOS.

2.1 INTRODUCCIÓN.

Uno de los componentes clave en las comunicaciones ópticas es la fuente de luz monocromática. En sistemas de comunicaciones ópticas, las fuentes de luz deben ser compactas, monocromáticas, estables y de larga duración, es decir que tengan una vida útil considerable. En la práctica no hay fuentes de luz monocromáticas; hay sólo fuentes que emiten luz dentro de una banda estrecha de longitudes de onda. Las fuentes de luz utilizadas en espectrografía (estudio detallado de la luz) no son ni prácticas, ni económicas para las comunicaciones ópticas, ya que éstas pueden emitir longitudes de onda diferentes. La estabilidad de una fuente de luz implica un nivel de corriente constante (sobre las variaciones en tiempo y temperatura) y una longitud de onda constante.

La tecnología de estado sólido hizo posible tener dichas fuentes de luz. Hay dos diferentes grupos de fuentes de luz. El primer grupo transmite longitudes de onda continuas. El láser de emisión continua y los diodos de emisión de luz ("*light-emitting diodes*", LEDs) son ejemplos de fuentes de luz continuas. Este grupo de fuentes requieren de un modulador externo en su salida óptica. En este arreglo, una señal eléctrica representando una secuencia de datos actúa

en el modulador, el cual modula la luz que pasa a través él. El segundo grupo de fuentes de luz transmite luz modulada; esto es, no necesita modulador externo. Este grupo de fuentes recibe una secuencia de datos eléctricos que directamente modula la fuente de luz. El láser y el LED son ejemplos de fuentes de luz modulada.

En cuanto a los fotodetectores (o fotosensores) son transductores que alteran una de sus características cuando la energía de la luz los afecta, alterando el flujo de corriente eléctrica o la diferencia de potencial entre sus terminales.

Fotodetectores con una respuesta suficientemente rápida que provean una salida cuantificable para una pequeña porción de luz, son fácilmente reproducibles, y son económicos. Esta categoría incluye los fotodiodos de avalancha (*“avalanche photodiode”, APDs*) y los fotodiodos negativos intrínsecos positivos (*“positive intrinsic negative photodiodes”, PINs*). [1]

2.2 DIODO EMISOR DE LUZ, LED.

Los diodos luminiscentes trabajan según el principio de luminiscencia de inyección. En ciertos semiconductores, durante el proceso de recombinación de los electrones con los huecos, en la región de ensambladura de las regiones dopadas con electrones (N) y con huecos (P), se emite energía en forma de luz.

2.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL LED.

Cuando el diodo está polarizado inversamente o no hay polarización alguna, no hay inyección de portadores minoritarios. En la figura 2.1, se observa la representación de un diodo sin polarización. Al estar el diodo polarizado en sentido directo se inyectan electrones, portadores de carga, en la zona neutra 'n' y 'p' (zona de carga especial) que es la región de la unión. Esta queda enriquecida con electrones y huecos que se recombinan unos con otros, pasando el electrón de la banda de conducción a la banda de valencia. En cada transición se emite energía, su valor es igual a $E_{\text{banda conducción}} - E_{\text{banda valencia}}$. En el caso de los diodos luminiscentes la energía es irradiada en forma de fotones. En la figura 2.2, se puede observar un diodo en polarización directa.

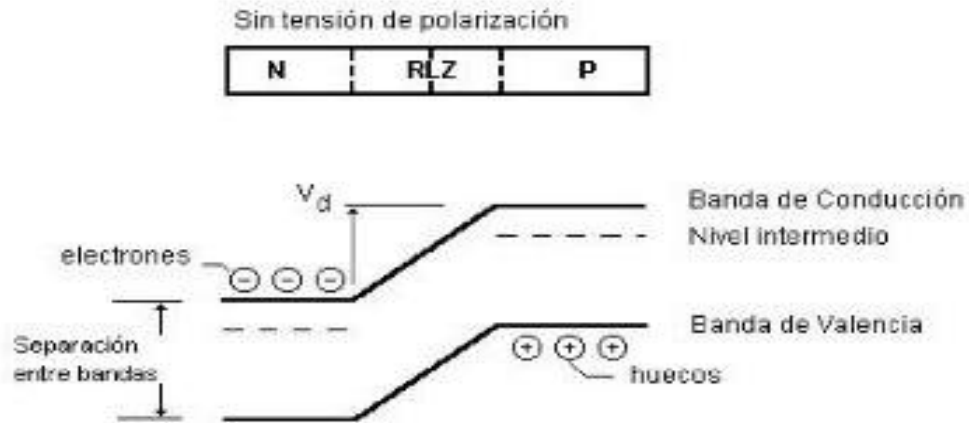


Figura. 2.1 Diodo sin polarizar.

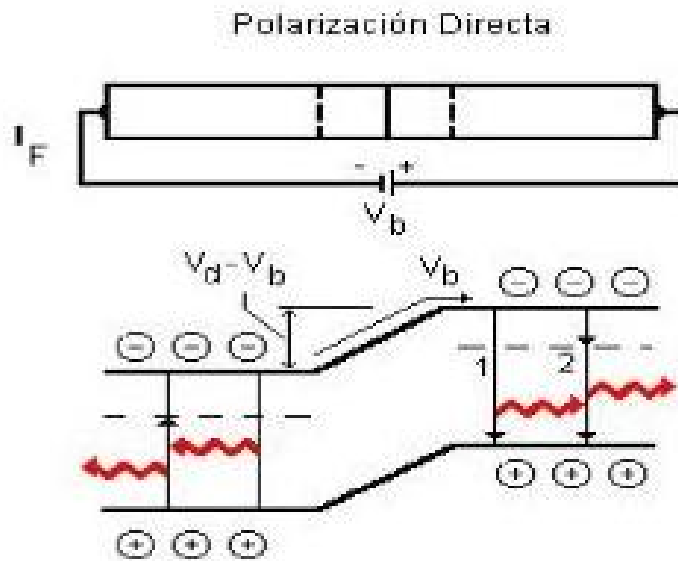


Figura. 2.2 Diodo con polarización directa.

En la figura 2.3 se muestran dos tipos diferentes de diodos emisores de luz.

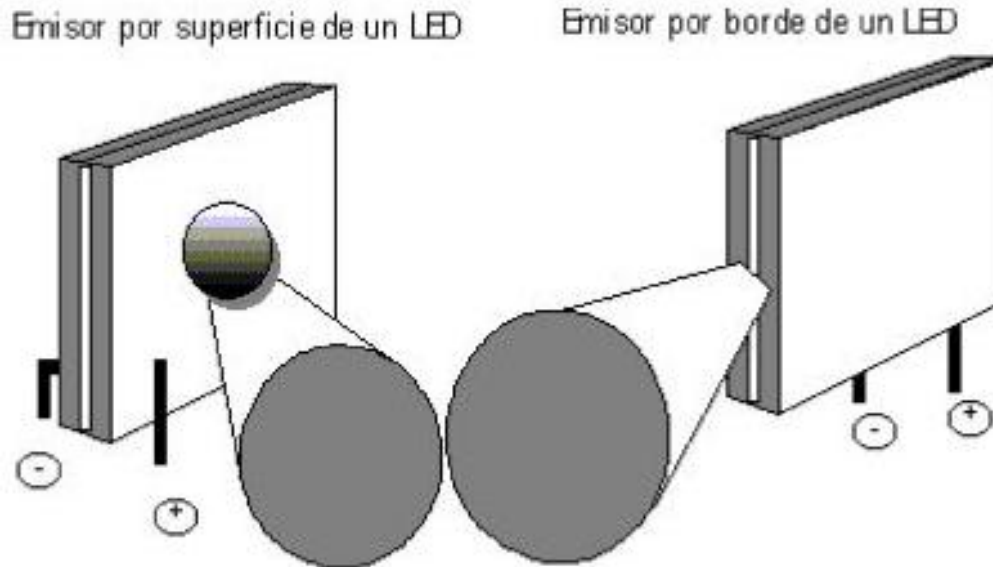


Figura. 2.3 Dos tipos de diodos emisores.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS LEDs.

- El ancho de banda del LED depende del material del componente.
- La amplitud del LED depende de la densidad de la corriente.
- El funcionamiento del LED está ligado a la temperatura.
- Los LEDs son componentes de relativa lentitud (<1 Gb/s).
- Los LEDs poseen un rango espectral ancho.
- Los LEDs son baratos.

- Los LEDs transmiten luz en un cono relativamente amplio.
- Los LEDs son fuentes convenientes para comunicaciones por fibras ópticas multimodo. [1]

2.3 DIODO LÁSER.

2.3.1 Funcionamiento del diodo láser.

El proceso de generación de luz en un diodo láser es similar al del LED, pero con un volumen de generación menor y una alta concentración de portadores inyectados. Se consigue así una elevada ganancia óptica y un espectro de emisión muy estrecho que da lugar a luz coherente.

La luz de este tipo de láser puede acoplarse fácilmente a una fibra multimodo juntando simplemente a tope un extremo de la raya del láser contra el extremo del núcleo de la fibra, que tiene un diámetro mucho mayor. También puede acoplarse a una fibra monomodo.

2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIODOS LÁSER.

Algunas de las ventajas más notables de estos componentes son:

- Debido a su patrón de radiación de luz, el cual es más directo que el patrón que presentan los LED's, es más sencillo acoplar la luz dentro de la fibra óptica. Esto reduce las pérdidas por acoplamiento y permite utilizar fibras más de diámetro menor.
- La potencia radiada que entrega el láser es típicamente de 5mW, mientras que el LED entrega una potencia de 0.5mW en promedio. Esto hace que el láser sea preferido en sistemas de comunicación de larga distancia.
- El láser permite una mayor tasa de transmisión de bits.
- El láser genera luz monocromática, lo que reduce la dispersión por longitud de onda en la fibra óptica.

Las desventajas más notables que encontramos en el láser son:

- El láser es 10 veces más caro que el LED.
- Por su cualidad de operar a alta potencia, su duración de vida es mucha más corta que la del LED.
- La operación del láser es más dependiente de la temperatura que la del LED.

[4]

2.4 FOTODETECTORES.

2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS FOTODETECTORES.

Los fotodetectores están caracterizados por ciertos parámetros clave, a continuación se enlistan los más importantes:

- Respuesta espectral: se relaciona con la cantidad de corriente producida con cada longitud de onda, asumiendo que todas las longitudes de onda tienen el mismo nivel de intensidad luminosa.
- Fotosensitividad: es el cociente de la energía luminosa (en watts) incidente en el dispositivo con la corriente resultante (en amperes).
- Eficiencia de quantum: es el número de pares de electrones-hueco generados (corriente) dividido por el número de fotones.
- Corriente de oscuridad: es el flujo de corriente que hay en el fotodiodo en la ausencia de luz (oscuridad), cuando el fotodiodo está polarizado inversamente.
- Tiempo de tránsito: es el tiempo que le toma a una portadora de luz inducida recorrer el área de agotamiento del fotodiodo. Este parámetro determina la tasa de bits máxima a la cual el fotodiodo funciona correctamente.
- Respuesta espectral: este parámetro indica las longitudes de onda a las cuales el fotodiodo absorbe eficientemente energía de las señales luminosas recibidas. [5]

2.4.2 FOTODIODO PIN.

El fotodiodo PIN es el detector más utilizado en los sistemas de comunicación óptica. Es relativamente fácil de fabricar, altamente fiable, tiene bajo ruido y es compatible con circuitos amplificadores de tensión. Además es sensible a un gran ancho de banda debido a que no tiene mecanismo de ganancia.

El diodo PIN se compone básicamente de unas zonas p y n altamente conductoras junto a una zona intrínseca poco conductiva. Los fotones entran en la zona intrínseca generando pares electrón-hueco. El diodo se polariza inversamente para acelerar las cargas presentes en esta zona intrínseca, que se dirigen a los electrodos, donde aparecen como corriente. El proceso es rápido y eficiente. Como no hay mecanismo de ganancia, la máxima eficiencia es la unidad y el producto ganancia por ancho de banda coincide con ésta última. En la figura 2.4 se muestra el funcionamiento del fotodiodo PIN. [5]

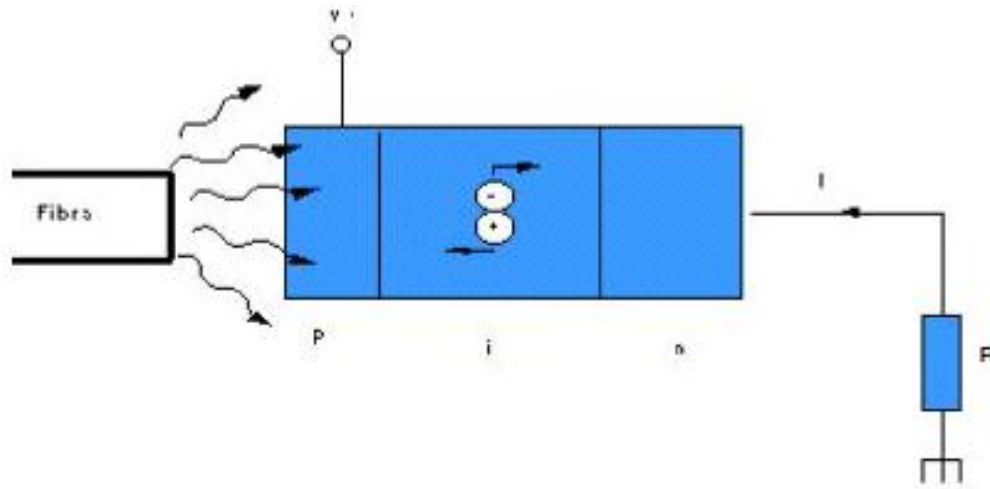


Figura. 2.4. fotodiodo PIN.

2.4.3 FOTODIODO DE AVALANCHA APD.

Los APD también son diodos polarizados en inversa, pero en este caso las tensiones inversas son elevadas, originando un fuerte campo eléctrico que acelera los portadores generados, de manera que estos colisionan con otros átomos del semiconductor y generan mas pares electrón-hueco. Esta ionización por impacto determina la ganancia de avalancha.

La ganancia de un APD tiene influencia sobre el ancho de banda. El máximo ancho de banda se da para ganancia 1. Con ganancias más elevadas, el ancho de banda se reduce debido al tiempo necesario para que se forme la

fotoavalancha. En la figura 2.5 se muestra el funcionamiento del fotodiodo APD. [5]

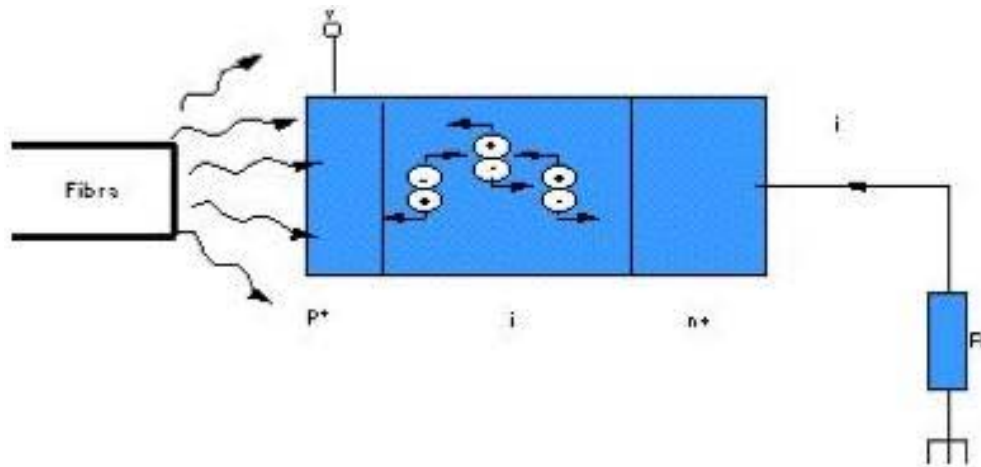


Figura 2.5. fotodiodo APD.