

Tema 9. FUNDAMENTOS DE FOTÓNICA: DISPOSITIVOS (RESUMEN)

La fotónica estudia los fenómenos relacionados con la generación, detección, control y aplicación de la luz en varios campos de la tecnología.

• Efecto fotoeléctrico

El fotón (del griego φῶς, luz), es la partícula elemental mediadora de la interacción electromagnética. El fotón tiene una masa invariante y nula. Viaja en el vacío a una velocidad constante ($c = 3 \times 10^8$ m/s). El fotón presenta tanto propiedades corpusculares como ondulatorias (dualidad onda-corpúsculo). Se comporta como una partícula cuando interacciona con la materia para transferir una cantidad fija de energía.

El efecto fotoeléctrico es la capacidad de la luz de liberar electrones de una superficie metálica. Estos electrones dejan el metal a una velocidad que no depende de la intensidad de la luz, sino de la longitud de onda o frecuencia del fotón ($E_g = h\nu$, donde h es la constante de Planck, y ν es la frecuencia del fotón).

• Fotodetectores

Los dispositivos detectores de luz de tipo semiconductor se basan en la colección, en un circuito eléctrico externo, de portadores de carga generados por fotones absorbidos dentro del material. En el capítulo anterior vimos que la banda prohibida tenía una anchura E_g , por lo que la máxima longitud de onda que se puede detectar será:

$$\lambda_{\max} = hc / E_g$$

Algunos tipos de fotodetectores son los fotoconductores y los fotodiodos.

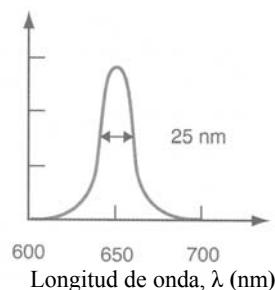
• LEDs

La electroluminiscencia constituye el fundamento sobre el cual se basan los dispositivos emisores de luz de estado sólido, es decir, los diodos emisores de luz, los láseres de diodo y los paneles electroluminiscentes. Estos fondos de luz tienen mayor eficiencia que las convencionales basadas en incandescencia y están

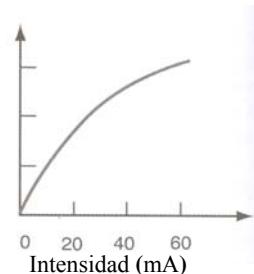
sustituyéndolas en aplicaciones dónde la miniaturización y la fiabilidad son esenciales. La recombinación de parejas electrón-hueco produce fotones con una energía próxima a la del *gap* del semiconductor.

Los diodos emisores de luz o LED (*light emitting diodes*) tienen su fundamento en el proceso inverso a los fotodiodos. Cuando se aplica una polarización directa a un diodo de unión *p-n* el campo eléctrico de la unión disminuye y favorece la difusión de portadores minoritarios hacia el lado contrario (electrones hacia la zona *p* y huecos hacia la zona *n*). Entonces se crea en la zona próxima a la unión una concentración elevada de electrones y huecos que acaban recombinándose para producir fotones de luz con una energía próxima a la banda prohibida, es decir $h\nu = E_g$. La intensidad de la luz aumenta con la corriente debido a la inyección de portadores en la zona de unión. La anchura del espectro tiene un valor de 25 nm aproximadamente.

Intensidad de la Luz, I (u.a)



Intensidad de la Luz, I (u.a)



• Láseres

Un **láser** (de la sigla inglesa *light amplification by stimulated emission of radiation*) es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente de un medio adecuado y con el tamaño, la forma y la pureza controlados. Un láser de diodo se basa en un LED diseñado especialmente para emitir luz extremadamente monocromática, direccional y coherente mediante la amplificación de la luz por emisión estimulada de radiación. En el láser existe una unión *p-n* dentro de una cavidad resonante por la que la luz recorre varias veces la

zona activa y da lugar a la emisión estimulada. La emisión estimulada fue predicha por Einstein en 1917 y sucede cuando un fotón con una frecuencia determinada incide sobre un electrón excitado, este pasa a un nivel inferior y emite un fotón con la misma frecuencia y dirección que el primer fotón que ha estimulado la transición. Para conseguir tener muchos electrones estimulados hace falta conseguir la denominada inversión de población y la amplificación que permite que aumente la intensidad del haz monocromático al atravesar el medio. Algunos de los medios para conseguir la inversión de población son el bombeo óptico, excitación por electrones y la transferencia de excitaciones por colisiones inelásticas.

•Células solares

Las células solares permiten convertir directamente la energía del Sol en corriente eléctrica mediante el efecto fotovoltaico sin producir casi contaminación ni residuos. El Sol proporciona más de 1 kW m^{-2} . No obstante, el elevado coste de las células basadas en semiconductores hace que este medio no sea del todo competitivo.

Su funcionamiento se similar al de los fotodiodos, dónde se absorbe un fotón y se genera una pareja electrón-hueco, cada uno de los cuales es forzado a moverse por el campo eléctrico de la unión p-n (que no tiene polarización exterior). Los portadores que llegan a los contactos exteriores generan una corriente denominada “fotocorriente”.

• Ondas guiadas

Como sucede en microelectrónica, la tendencia actual en optoelectrónica es la de disminuir el tamaño de los dispositivos e integrar el mayor número posible de ellos en una sola pastilla o *chip*. En muchos circuitos integrados y dispositivos fotónicos la estructura básica es la guía de onda óptica. Una guía de luz es un dispositivo para conducir la luz de un punto a otro, generalmente mediante reflexiones totales internas sucesivas en un medio transparente con un índice de refracción superior al del entorno. Un ejemplo son las fuentes de agua luminosas.

Una fibra óptica es una guía de onda de forma cilíndrica, y no integrada en un sustrato monolítico, que se utiliza para transmitir luz y la información de un

sistema optoelectrónico a otro, generalmente atravesando grandes distancias. La fibra está formada, en general, por un material transparente con una parte central o núcleo con un índice de refracción n_1 mayor que el recubrimiento n_2 . Además, generalmente, una fibra óptica posee una camisa protectora de plástico o metal para evitar el rallado, la rotura o el excesivo plegamiento de la fibra.