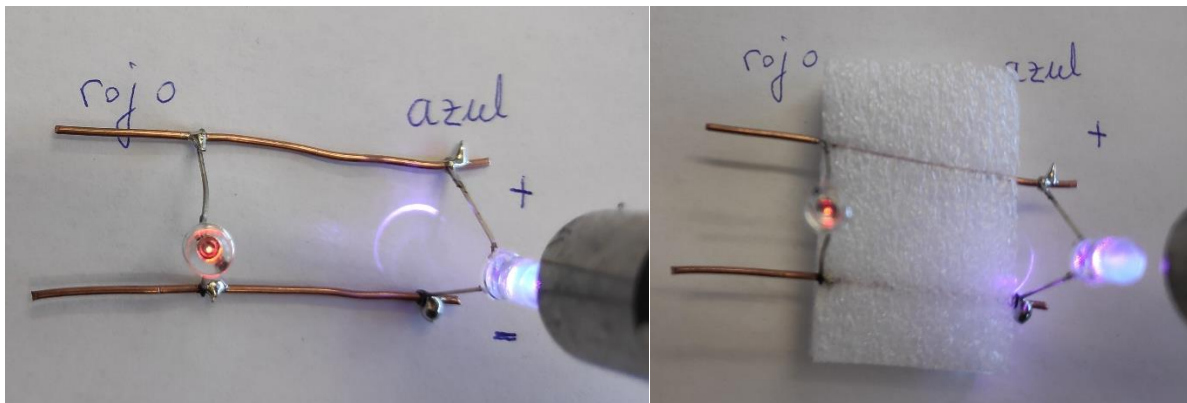


DEMO 202

Encender un LED rojo iluminando un LED azul conectado



Autora de la ficha	Ana Cros
Palabras clave	Propiedades ópticas de los materiales. Banda prohibida. Unión pn. Electroluminiscencia. Efecto fotovoltaico.
Objetivo	Observar cómo un LED puede comportarse como una célula fotovoltaica: al absorber luz violeta, un led azul genera suficiente corriente eléctrica como para encender un LED rojo.
Material	LED rojo y LED azul montados en paralelo sobre dos hilos de cobre. Láser violeta (405 nm).
Tiempo de Montaje	No requiere montaje. El experimento se puede realizar sin sacar el montaje de la espuma plástica. SE VE POCO . Para verlo hay que mirar desde arriba, como en la foto (la emisión LED es muy direccional).

Descripción

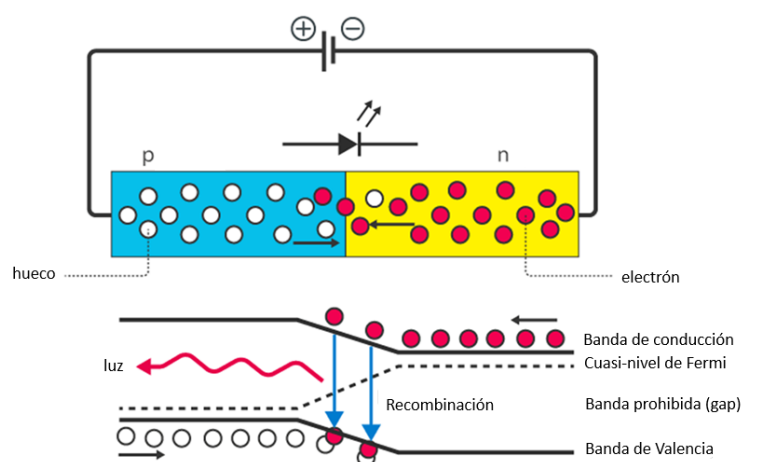
1.- El experimentador comienza mostrando a los alumnos el montaje, que consiste en dos hilos gruesos de cobre a los que se han conectado un LED azul (el más cercano al extremo) y un LED rojo (el que está alejado del extremo). Ambos son indistinguibles a simple vista, pero sus propiedades ópticas, que dependen del material activo, son claramente diferentes. Los dos LED se han conectado de forma que su pata larga (+, por donde debe entrar la corriente para que se enciendan) se encuentra en el cable superior, según la foto.

2.- Se ilumina el LED azul por su parte superior con el láser, procurando que la incidencia sea normal y cercana a la parte central del LED. Al hacer esto, el LED rojo se encenderá. Si no se enciende, mover un poco el láser sobre el LED azul hasta encontrar el sitio óptimo de iluminación. La emisión del LED rojo se visualiza mejor desde arriba, como en la foto.

Explicación

Si bien hay muchos diseños para un LED (Diodo Emisor de Luz), el más sencillo consiste en una unión pn, formada entre un material semiconductor tipo p (es decir, con conducción por huecos) y un material (frecuentemente el mismo) tipo n (conducción por electrones). Cuando la corriente eléctrica fluye a través de una unión pn, en la zona de la unión (zona activa) los electrones de la banda de conducción se recombinan con los huecos de la banda de valencia, liberando energía en forma de luz (electroluminiscencia).

La figura muestra el funcionamiento básico de una unión pn polarizada en directa (es decir, la corriente entra por la parte positiva, dopada p), tal y como se indica en la parte superior de la figura. En la parte inferior se muestra un diagrama de energías, indicando cómo cambia la energía de la banda de valencia y la de conducción a lo largo del dispositivo, la anchura de la banda prohibida y el cuasi-nivel de Fermi. La recombinación entre electrones y huecos tiene lugar en la región donde ambos se solapan (región activa). Al recombinarse, la energía liberada se emite en forma de luz, cuya energía viene dada aproximadamente por el ancho de la banda prohibida.



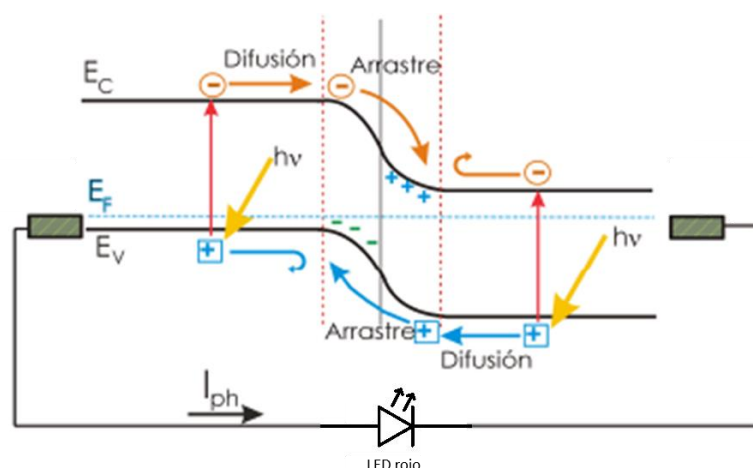
Por lo tanto, la longitud de onda de la luz emitida, es decir, su color, está directamente relacionada con la anchura de la banda prohibida (band gap) del semiconductor: el GaAs emite luz infrarroja (gap de 1.42 eV $\rightarrow$ 873 nm), el GaP emite en verde (gap de 2.24 eV $\rightarrow$ 554 nm), el InGaN emite en azul (0.7-3.4 eV) y el GaN en ultravioleta (gap de 3.4 eV $\rightarrow$ 364 nm). En general, los principales materiales utilizados en los LED comerciales son las aleaciones de fósforo de aluminio, galio e indio (para obtener luz roja, naranja y amarilla) y las aleaciones de indio, galio y nitrógeno (para obtener luz verde y azul y, junto con un fósforo, luz blanca).

Estimamos que los LED utilizados en este montaje tienen un gap de unos 2.7 eV para el azul (450 nm), mientras que el rojo emite a unos 633 nm (1.96 eV).

Sin embargo, en nuestro experimento no utilizamos una batería para polarizar el LED. Aún así, el LED rojo se enciende, lo que indica que está polarizado en directa y que el voltaje de polarización es suficiente para dar lugar a electroluminiscencia (unos 2 V). ¿De dónde proviene la energía?

Está claro que la energía proviene del LED azul, que iluminamos con un láser de 405 nm. El material activo del LED azul (InGaN) absorbe la luz del láser, promoviendo electrones desde la banda de valencia a la de conducción, y generando una diferencia de potencial entre sus extremos (efecto fotovoltaico). El potencial fotovoltaico generado debe ser algo superior a los 2 V que necesita el LED rojo para iluminarse.

El diagrama de bandas para el efecto fotovoltaico (abajo) es básicamente el inverso del que teníamos para el LED, si bien en este caso la promoción de electrones de la banda de valencia a la de conducción por la absorción de luz no tiene lugar en la zona activa, sino en todo el material.



Dado que el LED azul no está diseñado para absorber luz, sino para emitirla, la eficiencia del proceso de absorción es pequeña. Sin embargo, el experimento evidencia que los fundamentos físicos de los procesos de absorción y emisión de luz en un semiconductor son básicamente los mismos.

Sugerencias

Si el montaje se saca de la espuma blanca, hacerlo con cuidado para no deformarlo. Comprobar que el láser tiene pilas e ilumina con bastante intensidad. Esta demo puede combinarse con la demo 156, en la que se utilizan LED en circuitos con plastilina.

AVISO: no intentar encender los LED de esta demostración con una pila de 9 voltios, porque se fundirán.

Referencias

[1] The Oxford solid State Basics. Steven H. Simon. Ed. Oxford. Tema 18.

[2] La figura de la unión pn se ha modificado a partir de [este enlace](#) web

[3] La figura del efecto fotovoltaico se ha modificado de la revista pedagógica MOMENTO: C. L. Calderón, J. Aguirre, Las Celdas Solares como Alternativa Pedagógica en la Enseñanza de la Electricidad. Revista de Física 55, p. 44 /2017). doi: 10.15446/mo.n55.66145