



NOMNRE DEL ALUMNO: JOSE CARLOS TOLEDO PEREZ

NOMBRE DEL PROFESOR: JUAN JOSE OJEDA TRUJILLO

MARERIA: DISPOSITIVOS ELECTRONICOS

TEMA DEL ENSAYO: UNIDAD II

LICENCIATURA: INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

CUATRIMESTRE: 4

UNIDAD II

CONCEPTOS BÁSICOS DE SEMICONDUCTORES

2.1.- Estructura de los sólidos: Aislantes, conductores y semiconductores.

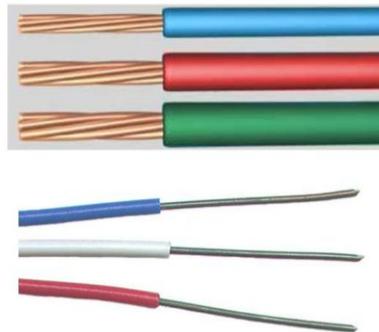
Existen dos enfoques, basados en la teoría de bandas, que nos permiten entender los fenómenos de conductividad eléctrica y térmica en los materiales sólidos. Estos enfoques son capaces de explicar, por ejemplo, las diferencias tan enormes en las resistividades eléctricas de tales materiales. Uno de ellos es la teoría de F. Bloch (1928), la cual establece que los electrones de valencia en un metal se encuentran sujetos a un potencial no constante (periódico) y cuya periodicidad es impuesta por la estructura cristalina. El otro, la teoría de W. Heitler y F. London, considera los efectos sobre los niveles energéticos de átomos aislados, cuando dichos átomos se encuentran agrupados en un cristal (átomos interactuantes). Un tratamiento riguroso de la teoría de bandas, requiere de la aplicación de la mecánica cuántica, en cualquiera de los dos enfoques. El de Heitler y London, sin embargo, permite una explicación cualitativa más clara de los fenómenos involucrados en la teoría de bandas, por lo cual nos centraremos en esta teoría. Los materiales pueden clasificarse, de acuerdo con su resistividad, en conductores, semiconductores y aislantes.

Conductores Los conductores son materiales (generalmente metales), cuya estructura electrónica les permite conducir la corriente eléctrica a bajas temperaturas o temperatura ambiente; su resistividad al paso de la corriente eléctrica es muy baja. De acuerdo con la teoría de bandas, son aquellos materiales cuyas bandas de valencia y de conducción, se encuentran muy próximas entre sí, al grado de que, en algunos casos, estas bandas se encuentran sobrepuestas. Los electrones de valencia en un átomo, son los que se encuentran en el nivel energético más externo y ellos permiten los enlaces entre los átomos en los compuestos o entre átomos del mismo tipo en una molécula o un cristal. Por su parte, los electrones de conducción son los que se han promovido a niveles energéticos vacíos, lo que da lugar a su mayor movilidad y, eventualmente, da origen a las corrientes eléctricas. Veamos lo que sucede, tanto con los electrones en estados energéticos de átomos aislados, como los que se encuentran en estados energéticos en un cristal (átomos inter-actuantes).

¿Qué es un conductor eléctrico?

➤ Son cuerpos capaces de **conducir** o **transmitir** la electricidad.

➤ Generalmente se utiliza el **cobre** como conductor eléctrico.

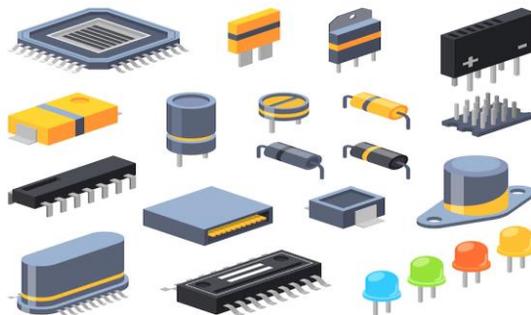


Aislantes. Los aislantes son materiales con una resistencia tan alta, que no es posible la conducción eléctrica a través de ellos. Un caso extremo, de este tipo de materiales, es el diamante (Fig. 4). En el diamante, debido a su particular estructura cristalina, existe una barrera de energía de 6 eV entre la banda de energía más baja 2p (llena con 2N electrones) y los restantes estados disponibles 2p (4N estados posibles), por lo cual no se puede promover electrones de la banda de valencia hacia la banda de conducción. Para este aislante no es posible ganar energía por absorción de fotones (con energías menores a 6 eV). Por el contrario, en los materiales conductores, los electrones de valencia pueden ser promovidos fácilmente hacia la banda de conducción por incidencia fotónica (también por temperatura), ya que hay un continuo de estados disponibles inmediatamente arriba de la banda de valencia. Por esta razón, los materiales conductores son opacos a la luz visible; el diamante es, en especial, totalmente transparente a la luz visible.



Semiconductores. Los semiconductores se encuentran situados, por lo que hace a su resistencia, entre los conductores y los aislantes, ya que a temperaturas muy bajas difícilmente conducen la corriente eléctrica y más bien se comportan como aislantes, pero, al elevar su temperatura o al ser sometidos a un campo eléctrico externo, su comportamiento cambia al de los conductores. Estos semiconductores son conocidos como intrínsecos y, en ellos, las bandas de conducción y valencia se encuentran separadas por una barrera de energía.

Semiconductores. Los semiconductores se encuentran situados, por lo que hace a su resistencia, entre los conductores y los aislantes, ya que a temperaturas muy bajas difícilmente conducen la corriente eléctrica y más bien se comportan como aislantes, pero, al elevar su temperatura o al ser sometidos a un campo eléctrico externo, su comportamiento cambia al de los conductores. Estos semiconductores son conocidos como intrínsecos y, en ellos, las bandas de conducción y valencia se encuentran separadas por una barrera de energía.



2.2.- CRISTALES SEMICONDUCTORES: MODELO DE ENLACE COVALENTE, PORTADORES DE CARGA.

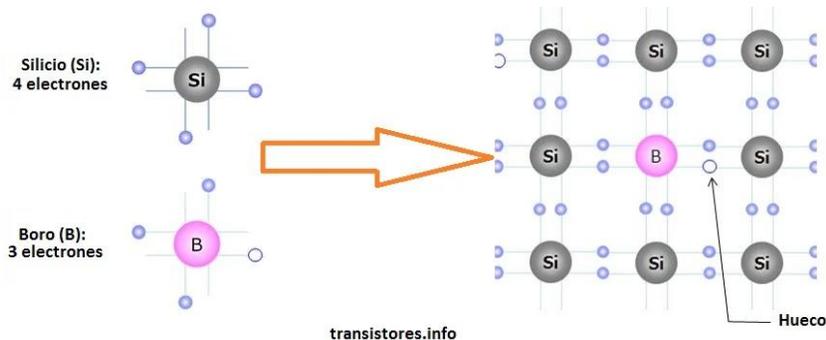
Los semiconductores son sustancias cuya conductividad oscila entre 10^{-3} y 10^3 Siemen/metro y cuyo valor varía bastante con la temperatura. Los semiconductores más empleados son, por orden histórico, el Germanio y el Silicio. Un átomo de cualquiera de estos elementos posee cuatro electrones en su última capa y por ello se une a sus átomos vecinos mediante enlaces covalentes. A temperaturas bajas los cuatro electrones están formando dichos enlaces, por lo que permanecen ligados a los átomos y no pueden moverse, aunque se aplique un campo eléctrico exterior, esto es, se comportan como aislantes. A temperaturas superiores, como la temperatura ambiente, hay electrones que poseen suficiente energía térmica como para saltar de su enlace covalente a niveles energéticos superiores donde no están ligados.

Estos electrones sí pueden moverse en caso de aplicarse un campo eléctrico exterior, y se comportan como conductores (aunque no tan buenos como los metales). Si se aumenta más aun la temperatura, más electrones se desligan de sus enlaces y contribuyen a la corriente eléctrica. Así pues, los semiconductores aumentan su conductividad al aumentar su temperatura. Cuando un electrón salta de su enlace covalente, se dice que deja un hueco puesto que es susceptible de ser llenado por otro electrón. Los electrones liberados por energía térmica a veces también caen en los huecos que han dejado otros electrones. Existe un equilibrio dinámico entre los electrones que se liberan por energía térmica y los electrones que, vuelven a caer en los huecos, esto es, el número de electrones libres (que será exactamente igual que el número de huecos) es constante a temperatura constante. Este tipo de semiconductores se denomina semiconductores INTRINSECOS.

2.3.- MOVIMIENTO DE PORTADORES EN SEMICONDUCTORES.

Cuando se unen dos semiconductores dopados, P y N, aparece un fenómeno interesante: los electrones libres del semiconductor N que están cerca de la unión saltan a los huecos del semiconductor P para completar los enlaces covalentes que faltaban. Por cada electrón que salta de N a P aparece una carga negativa en la zona P (la carga del electrón que ha saltado) y aparece una carga positiva en N (la del núcleo del átomo al que pertenecía el electrón fugado). Al cabo de un cierto tiempo la zona P, cerca de la unión, se queda cargada negativamente y la zona N cargada positivamente. Estas cargas producen un campo eléctrico dirigido de N a P el cual se opone a que pasen más electrones de N a P. Los electrones que han conseguido saltar a P se mantienen cerca de la unión ya que son atraídos por los núcleos positivos de la zona N.

Los portadores se mueven libremente sobre la red del semiconductor en una dirección aleatoria a una cierta velocidad determinada por la temperatura y la masa del portador. Los portadores continuarán en esa dirección hasta que choquen con otro átomo de la red.



2.4.- SEMICONDUCTORES INTRÍNSECOS Y EXTRÍNSECOS.

Un material semiconductor hecho sólo de un único tipo de átomo, se denomina semiconductor intrínseco. Los más empleados históricamente son el germanio (Ge) y el silicio (Si); siendo este último el más empleado (por ser mucho más abundante y poder trabajar a temperaturas mayores que el germanio).

Cada átomo de un semiconductor tiene 4 electrones en su órbita externa (electrones de valencia), que comparte con los átomos adyacentes formando 4 enlaces covalentes. De esta manera cada átomo posee 8 electrones en su capa más externa., formando una red cristalina, en la que la unión entre los electrones y sus átomos es muy fuerte. Por consiguiente, en dicha red, los electrones no se desplazan fácilmente, y el material en circunstancias normales se comporta como un aislante. Sin embargo, al aumentar la temperatura, los electrones ganan energía, por lo que algunos pueden separarse del enlace e intervenir en la conducción eléctrica. De esta manera, la resistividad de un semiconductor disminuye con la temperatura (su conductividad aumenta). A temperatura ambiente, algunos electrones de valencia absorben suficiente energía calorífica para librarse del enlace covalente y moverse a través de la red cristalina, convirtiéndose en electrones libres. Si a estos electrones, se le somete al potencial eléctrico, como por ejemplo de una pila, se dirigen al polo positivo. Cuando un electrón libre abandona el átomo de un cristal de silicio, deja en la red cristalina un hueco, cuyo efecto es similar al que provocaría una carga positiva.

2.5.- EL DIODO DE UNIÓN P-N.

En los temas anteriores se han estudiado las propiedades de los semiconductores en equilibrio térmico y fuera del equilibrio. Los semiconductores intrínsecos tienen un uso muy limitado, sin embargo, los semiconductores dopados con impurezas son la base de los dispositivos que a partir de ahora vamos a estudiar. Si sobre la superficie de un semiconductor previamente dopado con impurezas aceptoras se difunden átomos dadores se forma una unión de propiedades muy interesantes llamada unión p-n. La unión p-n desempeña un importante papel en las aplicaciones de la electrónica moderna, así como en la construcción y aplicación de otros dispositivos semiconductores. Se utiliza por ejemplo en aplicaciones de rectificación, conmutación, ... Además, es un dispositivo fundamental en la construcción de otros dispositivos semiconductores tales como los transistores bipolares, tiristores, transistores de efecto de campo o dispositivos para aplicación en microondas o fotónicos. En esta lección se van a presentar las características ideales estáticas y dinámicas de la unión p-n en base a las ecuaciones obtenidas en la lección anterior.

2.5.1.- UNIÓN P-N EN EQUILIBRIO.

Una unión p-n se forma cuando se unen estas dos regiones. En la práctica, los procesos de fabricación de uniones p-n son los de epitaxia, difusión e implantación de iones. Para simplificar vamos a suponer el caso en que el límite entre las regiones P y N represente una unión escalón o unión abrupta. En este tipo de unión la transición entre las regiones P y N tiene lugar en una distancia extremadamente pequeña. Por lo tanto, hay un cambio brusco en el dopaje yendo desde P hasta N. Aunque la unión abrupta no es una estructura típica de los dispositivos modernos, sí es, en cambio, una buena aproximación de la unión p-n, que pone de manifiesto sus características de funcionamiento y de tensión-corriente. Otro argumento a favor de utilizar dicha aproximación es que el comportamiento físico interno y las propiedades eléctricas de la unión varían muy poco con el método que se emplee en su obtención.

2.5.2.- POLARIZACIÓN DIRECTA E INVERSA.

La conexión en polarización directa tendría esta forma: En este caso tenemos una corriente que circula con facilidad, debido a que la fuente obliga a que los electrones libres y huecos fluyan hacia la unión. Al moverse los electrones libres hacia la unión, se crean iones positivos en el extremo derecho de la unión que atraerán a los electrones hacia el cristal desde el circuito externo. Así los electrones libres pueden abandonar el terminal negativo de la fuente y fluir hacia el extremo derecho del cristal. El sentido de la corriente lo tomaremos siempre contrario al del electrón.

conexión en inversa: El terminal negativo de la batería atrae a los huecos y el terminal positivo atrae a los electrones libres, así los huecos y los electrones libres se alejan de la unión y la z.c.e. se ensancha. A mayor anchura de la z.c.e. mayor diferencia de potencial, la zona de deplexión deja de aumentar cuando su diferencia de potencial es igual a la tensión inversa aplicada (V), entonces los electrones y huecos dejan de alejarse de la unión. A mayor la tensión inversa aplicada mayor será la z.c.e.

Existe una pequeña corriente en polarización inversa, porque la energía térmica crea continuamente pares electrón-hueco, lo que hace que haya pequeñas concentraciones de portadores minoritarios a ambos lados, la mayor parte se recombina con los mayoritarios UNIVERSIDAD DEL SURESTE 54 pero los que están en la z.c.e. pueden vivir lo suficiente para cruzar la unión y tenemos así una pequeña corriente.

2.5.3.- CURVA CARACTERÍSTICA DEL DIODO; MODELOS DEL DIODO.

Se le van dando distintos valores a la pila y se miden las tensiones y corrientes por el diodo, tanto en directa como en inversa (variando la polarización de la pila). Y así obtenemos una tabla que al ponerla de forma gráfica sale algo así: En la zona directa tenemos dos características importantes: • Hay que vencer la barrera de potencial (superar la tensión umbral V_{δ}) para que conduzca bien en polarización directa (zona directa). • Aparece una resistencia interna (el diodo se comporta aproximadamente como una resistencia

. Tensión Umbral Como ya se ha dicho antes es el valor de la tensión a partir del cual el diodo conduce mucho. A partir de la Tensión Umbral ó Barrera de Potencial la intensidad aumenta mucho variando muy poco el valor de la tensión

Resistencia Interna A partir de la tensión umbral se puede aproximar, esto es, se puede decir que se comporta como una resistencia.

2.6.- EL DIODO COMO ELEMENTO DE CIRCUITO, CIRCUITOS CON DIODOS.

Los métodos de análisis de circuitos del capítulo I son aplicables a los circuitos no lineales. Es decir, un circuito que contenga diodos se resuelve planteando las ecuaciones topológicas (leyes de Kirchoff) junto a las constitutivas de los distintos elementos. De esta manera dispondremos de un sistema de ecuaciones cuya solución es la del circuito. La presencia de elementos no lineales, como el diodo, limita la utilización de los teoremas de superposición, Thévenin y Norton a las partes del circuito que sean lineales. En este apartado mostramos los pasos a dar para resolver un circuito con diodos. Veremos cómo será necesario definir algunos conceptos que van a resultar fundamentales en electrónica. Para que la exposición sea más clara la realizaremos en base al análisis de un circuito particular, sin embargo, el procedimiento es genérico. Calculemos, pues, la caída de tensión y la corriente que fluye en el diodo del circuito de la Figura 2.12. Este circuito contiene algunos elementos lineales (dos fuentes independientes invariables en el tiempo y tres resistencias) y un solo diodo real. Al ser las fuentes invariables UNIVERSIDAD DEL SURESTE 58 en el tiempo el problema es de régimen estático (corriente continua). Son datos los valores de todos los elementos lineales y la característica i-v del diodo; esto es no disponemos de los valores de los parámetros de modelo del diodo sino una gráfica cuyos ejes nos dan los valores de la corriente y la tensión.

2.7.- PUERTAS LÓGICAS CON DIODOS.

La lógica con diodos utiliza el hecho de que los diodos conducen en un sentido, pero no en el opuesto (funcionamiento de un interruptor o switch)

Compuerta OR implementada con diodos En este tipo de compuerta, si una o las dos entradas están a un "1" lógico (5 voltios), pasará corriente a través de uno o los dos diodos. Esta corriente atravesará la resistencia que a su vez tendrá un voltaje alto entre sus terminales obteniéndose así un "1" lógico a la salida. Con este arreglo se obtiene un "0" lógico a la salida, solamente cuando ambas entradas están en nivel bajo ("0" lógico). Así, ninguno de los dos diodos conduce, no hay corriente por la resistencia y tampoco hay caída de voltaje. Como consecuencia el voltaje en V_{out} es lo mismo que tierra (0 voltios)

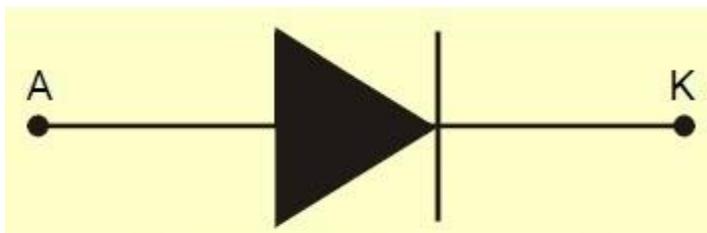
Compuerta AND implementada con diodos Cuando en esta compuerta lógica las dos entradas están en nivel alto ("1"), los dos diodos están polarizados en reversa y no conducen corriente y por lo tanto en la salida hay un nivel lógico alto ("1") **Compuerta AND de dos entradas implementada con diodos** Si una de las entradas está en nivel bajo, entonces la salida será de nivel bajo ("0"), pues pasará corriente a través de la resistencia y el diodo cuyo cátodo este puesto a tierra. De esta manera el ánodo del diodo (la salida) estará a nivel bajo.

Compuerta NOT (compuerta inversora) en tecnología RTL La forma más sencilla de obtener una compuerta NOT o inversora con tecnología RTL es con el siguiente circuito.

2.8.- OTROS TIPOS DE DIODOS: DIODO ZENER, DIODO VARACTOR, LED, FOTODIODOS ETC.

TIPOS DE DIODOS.

DIODO DETECTOR O DE BAJA SEÑAL



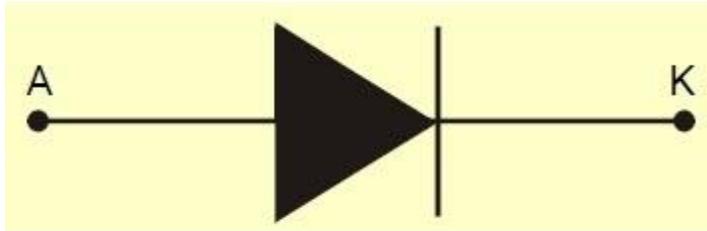
Símbolo diodo detector

Los diodos detectores también denominados diodos de señal o de contacto puntual, están hechos de germanio y se caracterizan por poseer una unión PN muy diminuta. Esto le permite operar a muy altas frecuencias y con señales pequeñas. Se emplea, por ejemplo, en receptores de radio para separar la componente de alta frecuencia (portadora) de la componente de baja frecuencia (información audible). Esta operación se denomina detección.

DIODO RECTIFICADOR

Los diodos rectificadores son aquellos dispositivos semiconductores que solo conducen en polarización directa (arriba de 0.7 V) y en polarización inversa no conducen. Estas características son las que permite a este tipo de diodo rectificar una señal.

Los hay de varias capacidades en cuanto al manejo de corriente y el voltaje en inverso que pueden soportar.

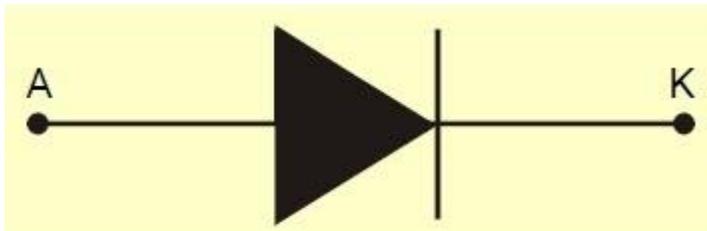


Símbolo diodo rectificador.

DIODO RECTIFICADOR

Los diodos rectificadores son aquellos dispositivos semiconductores que solo conducen en polarización directa (arriba de 0.7 V) y en polarización inversa no conducen. Estas características son las que permite a este tipo de diodo rectificar una señal.

Los hay de varias capacidades en cuanto al manejo de corriente y el voltaje en inverso que pueden soportar

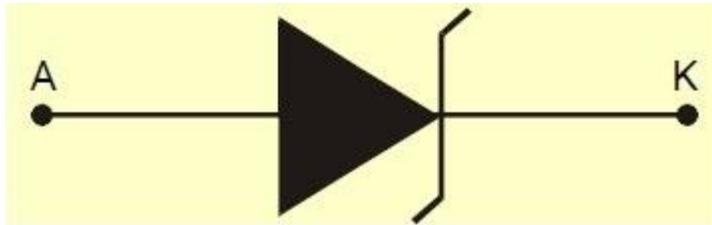


Símbolo diodo rectificador.

DIODO ZÉNER

Un diodo zener es un semiconductor que se distingue por su capacidad de mantener un voltaje constante en sus terminales cuando se encuentran polarizados inversamente, y por ello se emplean como elementos de control, se les encuentra con capacidad de $\frac{1}{2}$ watt hasta 50 watt y para tensiones de 2.4 voltios hasta 200 voltios.

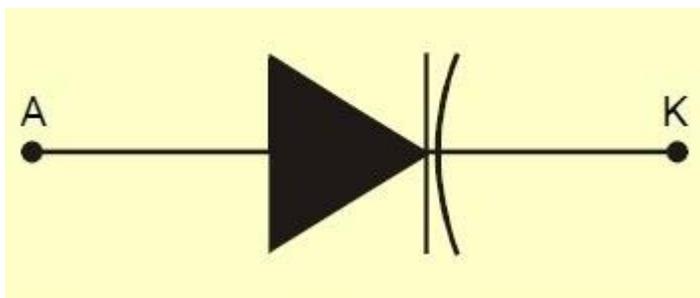
El diodo zener polarizado directamente se comporta como un diodo normal, su voltaje permanece cerca de 0.6 a 0.7 V.



Símbolo diodo zener

DIODO VARACTOR

El diodo varactor también conocido como diodo varicap o diodo de sintonía. Es un dispositivo semiconductor que trabaja polarizado inversamente y actúan como condensadores variables controladas por voltaje. Esta característica los hace muy útiles como elementos de sintonía en receptores de radio y televisión. Son también muy empleados en osciladores, multiplicadores, amplificadores, generadores de FM y otros circuitos de alta frecuencia. Una variante de los mismos son los diodos SNAP, empleados en aplicaciones de UHF y microondas.



Símbolo del diodo varactor.

Los semiconductores tienen valencia 4, esto es 4 electrones en órbita exterior ó de valencia. Los conductores tienen 1 electrón de valencia, los semiconductores 4 y los aislantes 8 electrones de valencia. Los dispositivos electrónicos se ocupan de convertir en señales eléctricas la información procedente del mundo exterior, de procesar estas señales y transformarlas en otras fuentes de energía. Estos dispositivos están compuestos por circuitos electrónicos que desempeñan una determinada función.

Fuentes de información

<https://plataformaeducativauds.com.mx/assets/docs/libro/ISC/2c6d1489be54db3859df8240ef43a2ef-LC-ISC404.pdf>

<https://sites.google.com/site/electronica4bys/tipos-de-diodos>