

2/38 El semiconductor

Germanio (Ge)

- Fácil de encontrar
- Fácil de refinar
- Gran sensibilidad a la temperatura

Silicio (Si)

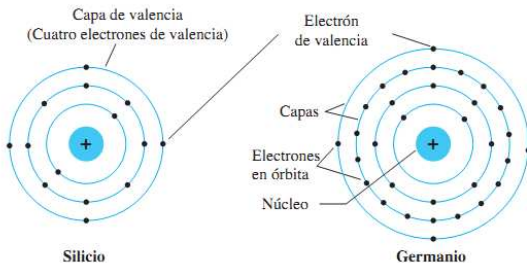
- Material muy abundante
- Menos sensible a la temperatura que el Ge
- Muchos años de desarrollo
- Su velocidad no es muy alta

Arseniuro de Galio (GaAs)

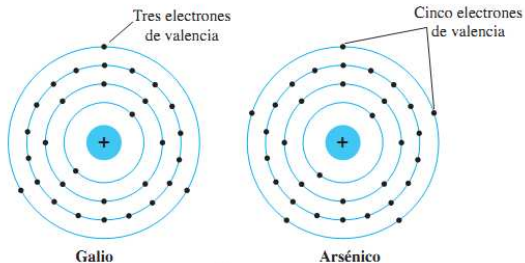
- Mucho más rápido que el silicio
- Más difícil de refinar hasta altos niveles de pureza
- En la actualidad se utiliza mucho

3/38 El átomo de Bohr

-El átomo está constituido por dos estructuras: un núcleo compuesto por cargas positivas (**protones**) y por partículas con cargas negativas (**electrones**) que orbitan alrededor del núcleo

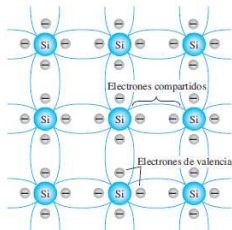


4/38 El átomo de Bohr

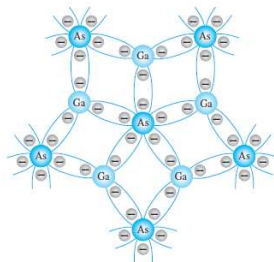


6/38 El átomo de Bohr

- Las **propiedades químicas** están determinadas por los electrones de la **última capa**
- Cuando la **última capa está completa** (8 electrones) el elemento se comporta como un gas inerte
- Todo nuestro estudio sobre la física de los sólidos se basará en los cuatro electrones ubicados en la **última orbita**. Estos electrones se conocen como **electrones de valencia**



Silicio



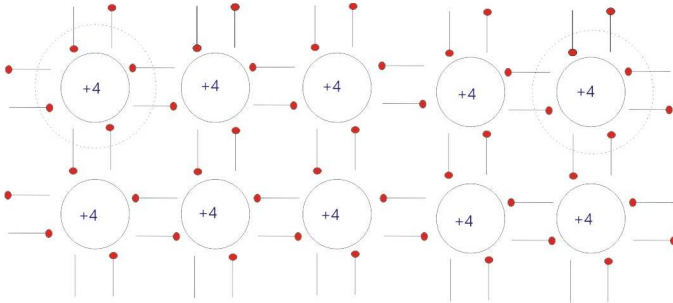
GaAs Arseniuro de Galio

Enlace covalente del cristal de Si y del GaAs

-La **estructura cristalina** hace que los átomos estén ligados compartiendo sus **electrones de valencia**

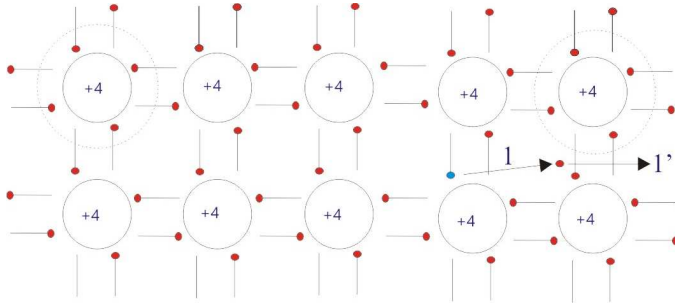
FI-UNMDP

12/38 Electrones de conducción y huecos



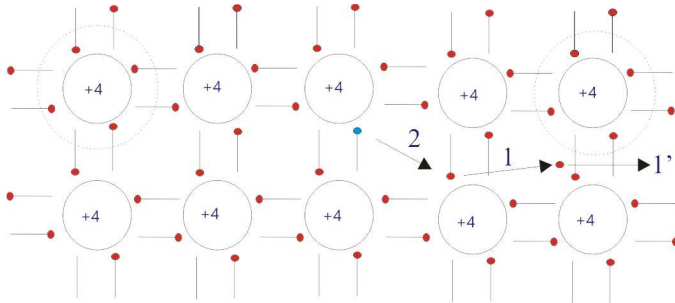
Generación y movimientos de un par electrón-huevo

13/38 Electrones de conducción y huecos



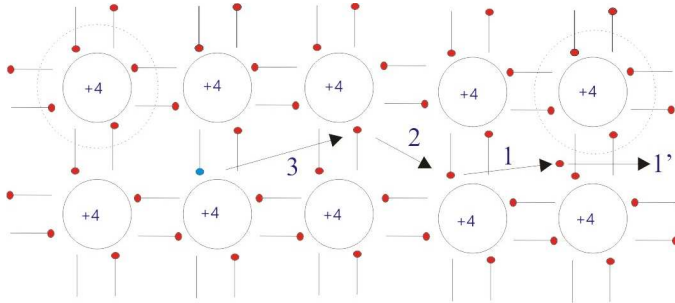
Generación y movimientos de un par electrón-hueco

14/38 Electrones de conducción y huecos



Generación y movimientos de un par electrón-huevo

15/38 Electrones de conducción y huecos



Generación y movimientos de un par electrón-hueco

18/38 Electrones de conducción y huecos

- Un **electrón** puede encontrar un **hueco** y reconstruir la ligadura rota, a este fenómeno se lo denomina **recombinación**
- En un **crystal** que se encuentra en **equilibrio térmico**, el número de **ligaduras que se rompen** por unidad de tiempo es igual al de **recombinaciones**
- Es decir que la concentración de electrones n y de huecos p permanece constante y se cumple además que $n = p$
- Se denomina **Material Intrínseco** a cualquier material semiconductor que haya sido refinado para reducir el número de impurezas a un nivel muy bajo

19/38 Electrones de conducción y huecos

-El término **electrón** se usará para referirse a los **electrones de conducción**, y **electrón de valencia** para referirse a aquellos que participen de los **enlaces covalentes**

μ_n (movilidad relativa electrones): es la capacidad de los electrones libres a moverse por todo el material

μ_p (movilidad relativa huecos): es la capacidad de los huecos a moverse entre ligaduras rotas

Portadores intrínsecos

Semiconductor	Portadores intrínsecos (por centímetro cúbico)
GaAs	1.7×10^6
Si	1.5×10^{10}
Ge	2.5×10^{13}

Factor de movilidad relativa μ_n

Semiconductor	μ_n (cm ² /V·s)
Si	1500
Ge	3900
GaAs	8500

21/38 Impurezas en el sólido cristalino

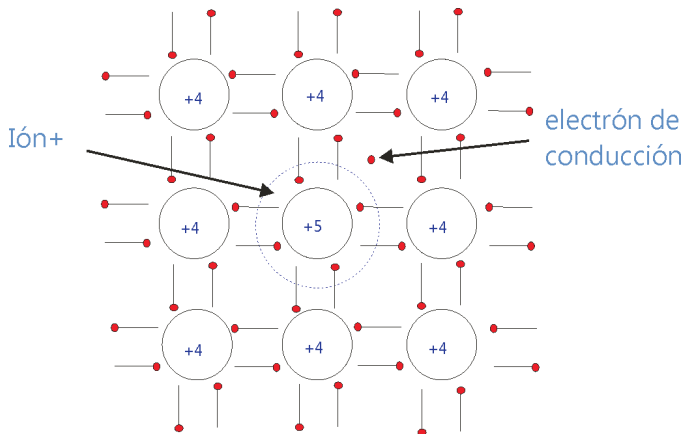
-Lo que se desea es poder **variar a voluntad** las **concentraciones** de **huecos y electrones**, para que sean distintas, y de esta manera poder **alterar las propiedades eléctricas** del cristal según sea necesario

-Al material así obtenido se lo denomina **extrínseco**

22/38 **Materiales tipo n y átomos donores**

- Se llama **átomos donores** o **impurezas donoras** a aquellos elementos que provienen de la **V columna** de la tabla periódica, como es el caso del **fósforo y del arsénico**
- Estos átomos se introducen en un cristal de **Si** o **Ge** en forma muy controlada
- Así se obtiene lo que se denomina un **semiconductor tipo n**
- En un semiconductor tipo **n**, la concentración de electrones **n** es mayor a la de los huecos **p** y sin que se rompa la neutralidad eléctrica del cristal **$n > p$**

24/38 Materiales tipo n y átomos donores



Impureza donora en **Si**

25/38 **Materiales tipo n y átomos donores**

-¿Qué pasa con el **quinto electrón** que posee el **As** (arsénico) en su **capa de valencia**?

1-Este electrón **no puede formar su enlace covalente** con el resto de los átomos de **Si** puesto que todos ellos están ocupados y no queda ninguno vacante

2-Este electrón está **débilmente unido a su núcleo**, y a temperatura ambiente abandona el átomo dejando una **carga fija positiva** (el átomo de As ionizado), y un **electrón libre** de moverse en la red

26/38 Materiales tipo n y átomos donores

-Se denomina N_D^+ al número de átomos de impureza ionizados por cm^3

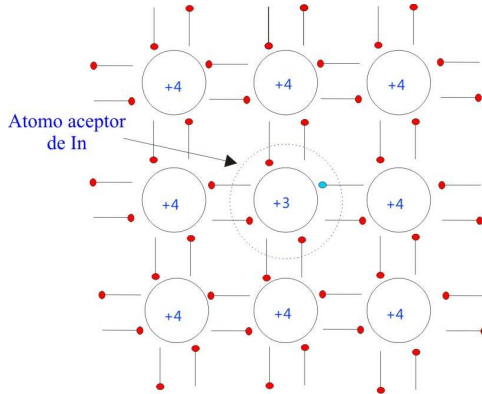
-No se creó un hueco, dado que a esta carga positiva le esta prohibido moverse

-En un material **extrínseco** se continúan produciendo los mismos fenómenos básicos que en el **intrínseco**

-La concentración de huecos se debe a las ligaduras rotas, en tanto que, la de electrones, además de las ligaduras rotas, se debe a las impurezas introducidas

-En un material tipo n se tiene $n > p$

28/38 Materiales tipo p y átomos aceptores



Impureza aceptora en **Si**

30/38

-La **ligadura rota** tiene tal afinidad con los electrones de sus vecinos que eventualmente le **robará** uno de ellos, pasándole el problema a un átomo de **Si**

-Se tendrá una **ligadura rota, (hueco)**, moviéndose por la red y un **ión negativo fijo** correspondiente al átomo de **In** (indio)

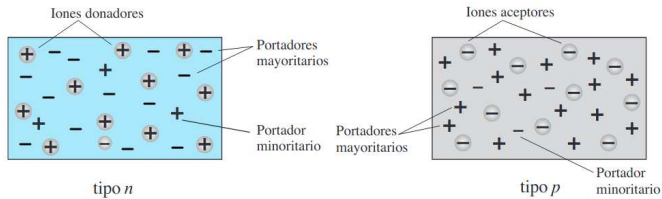
31/38 Materiales tipo p y átomos aceptores

-Se denomina N_A^- a la **concentración de átomos aceptores** que se encuentran **ionizados** en un cristal

-A **temperatura ambiente** prácticamente la totalidad de las impurezas se encuentra ionizada, por lo que se puede decir que $N_A \simeq N_A^-$

-En un material tipo **p** se tiene $p > n$

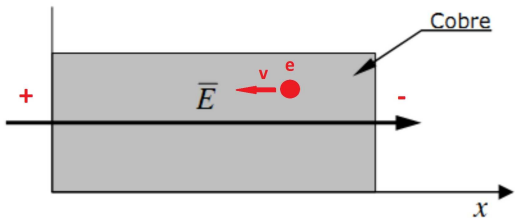
33/38 Materiales tipo N y P



Material tipo N y tipo P

34/38 Corriente de arrastre

-La conducción eléctrica en materiales conductores difiere de los materiales semiconductores.

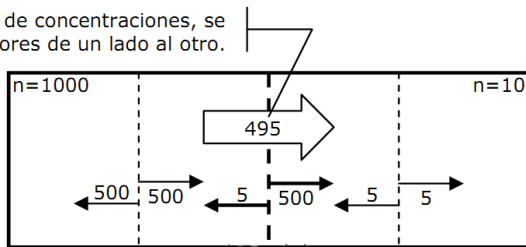


-En los conductores, los electrones impulsados por el campo eléctrico, avanzan con una **velocidad promedio v** , formando una **corriente de arrastre** de electrones.

36/38 Difusión

-Supongamos un cristal semiconductor con una concentración de portadores mucho mayor en un lado con respecto al otro:

Como hay diferencia de concentraciones, se DIFUNDEN portadores de un lado al otro.



Difusión

Bibliografía utilizada

- Apunte de Cátedra de Electrónica para Ing. Mecánica. Carlos Arturo Gayoso
- Electrónica del Estado Sólido. Angel D. Tremosa
- Resumen Dispositivos Electrónicos. Juan Pablo Martí
- Dispositivos y Circuitos Electrónicos. J. Millman y C. C. Halkias
- Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos. Boylestad y Nashelsky-
- Apuntes de Cátedra de Dispositivos Electrónicos. Noelia Echeverria