

B.1. Materiales para componentes fotónicos: propiedades estructurales

B.1.1. Introducción

- utilizar fotones para transmisión de información:
 - características peculiares ya mencionadas en B.0 (razón objetiva)
 - El ojo humano es sensible a los fotones (razón subjetiva)

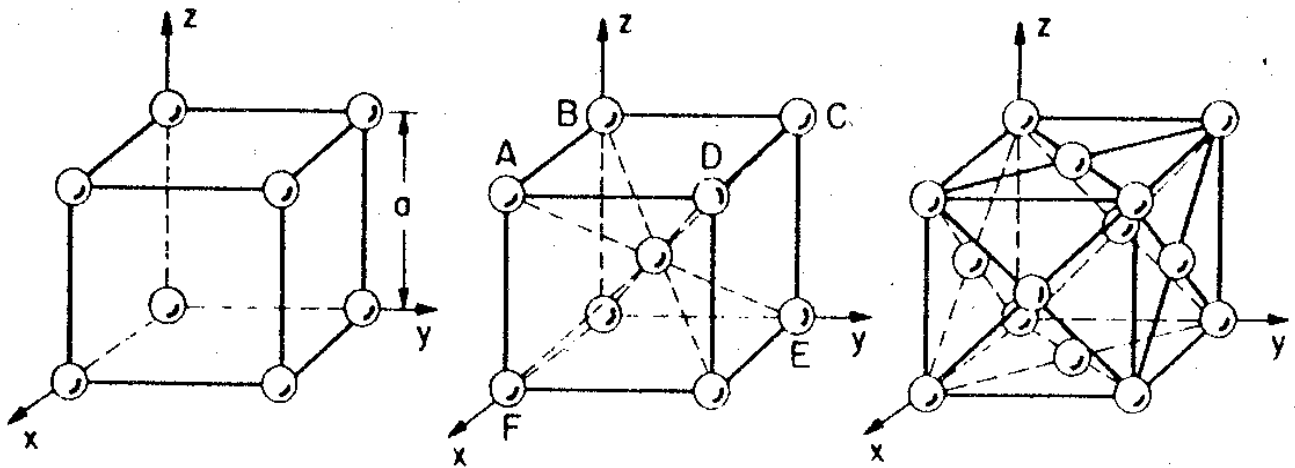
B.1.2. Estado de la materia:orden

- estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso
- elementos con orden en su estructura: cristales (orden de largo alcance), sólidos policristalinos, material amorfo. Además hay cristal líquido.

B.1.3. Materiales cristalinos

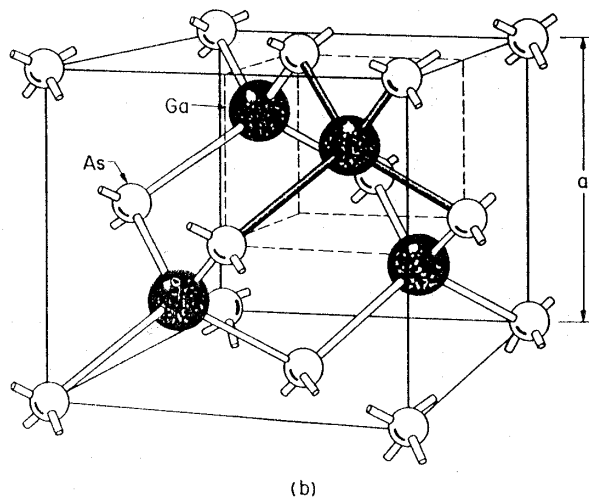
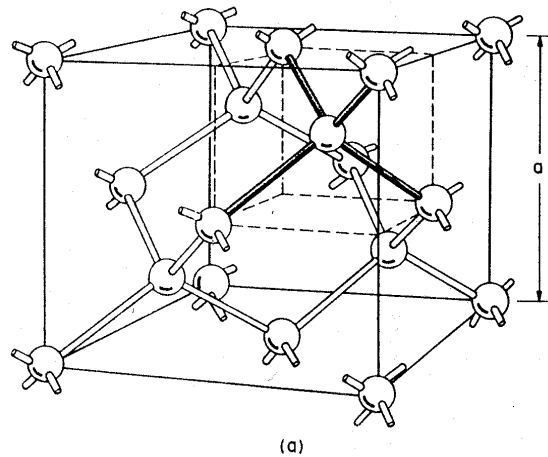
Materiales optoelectrónicos: Cristales sólidos	
<u>semiconductores</u>	<u>ferroeléctrico / dieléctrico</u>
Dispositivos electrónicos para el control	Modulación de luz / interruptores de luz
Dispositivos de detección de luz	Almacenamiento de información óptica
Dispositivos de emisión de luz	
Dispositivos de modulación de luz / interruptores de luz	

Celda unidad: Estructura básica, a partir de la cual mediante repetición tridimensional es posible construir la estructura propia del cristal.



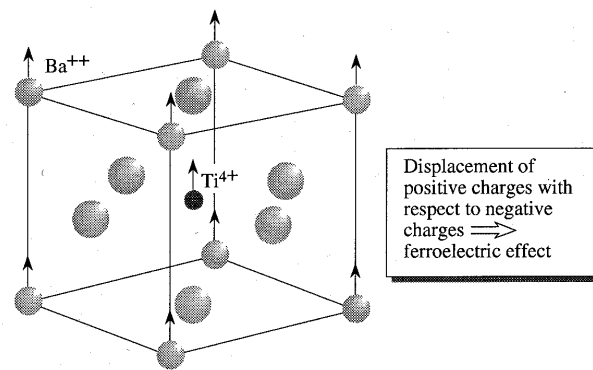
(a) Celda de cubo simple. (b) Celda cúbica centrada en el centro (bcc). (c) Celda cúbica centrada en las caras (fcc).

Estructura del tipo del diamante o del zinc: Dos estructuras (fcc) encajadas con un desplazamiento de una con respecto a la otra de $1/4$ de la distancia a lo largo de la diagonal del cubo. Cada átomo está rodeado de cuatro átomos equidistantes configurando los vértices de un tetraedro.



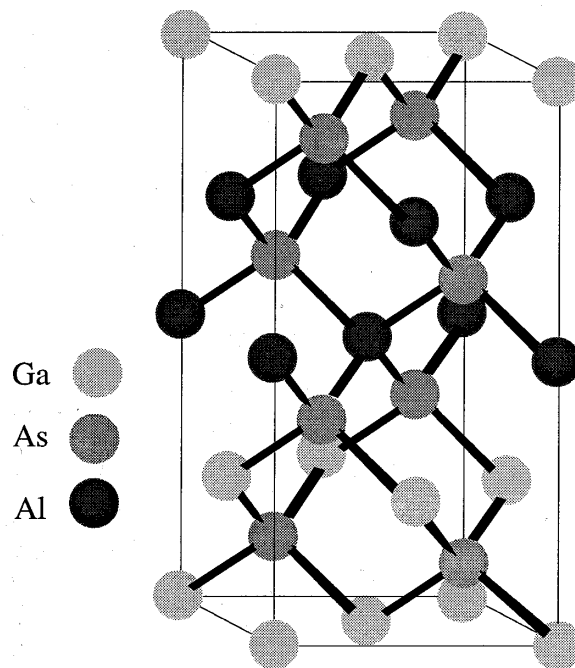
- Estructura del tipo del diamante => cada subestructura está constituida por átomos iguales
- Estructura del tipo del zinc => cada subestructura está constituida por átomos diferentes.

Cristales ferroeléctricos: tienen dipolos eléctricos (carga neta 0)



Desplazamiento de cargas que provoca un dipolo eléctrico $\Rightarrow$ efecto ferroeléctrico

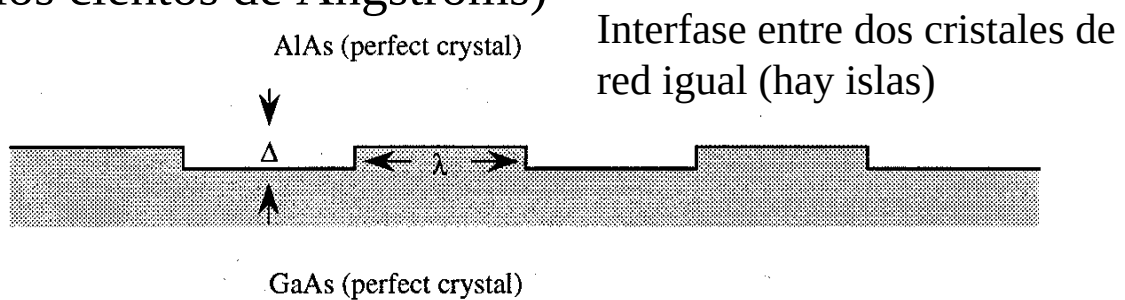
Estructuras artificiales:
hetero-
epitaxis (un material sobre otro)



Una superestructura de átomos de $(\text{GaAs})_2(\text{AlAs})_2$ con crecimiento a lo largo de la dirección (001) (eje z).

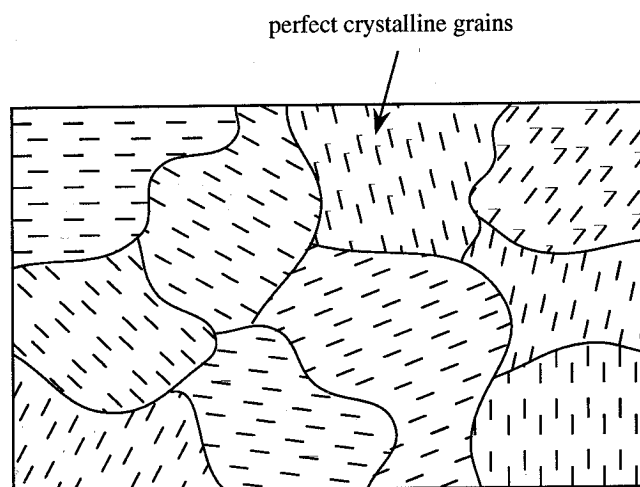
B.1.4. Interfases

- deben ser de alta calidad (sin uniones rotas)
- las interfases entre metal y semiconductor son las más complicadas y todavía por mejorar (anchuras todavía de varios cientos de Angstroms)



B.1.5. Materiales policristalinos

Se dan cuando se deposita un cristal sobre otro con estructura cristalina diferente => se generan granos cristalinos que se separan por bordes



PLZT: material policristalino muy utilizado en optoelectrónica; es un óxido cerámico con propiedades ferroeléctricas.

Ventajas:

- bajo coste (frente a otros materiales)
- tamaño adecuado
- no es sensible a la humedad
- estas limitaciones **SÍ** se dan en otros materiales electro-ópticos cristalinos.

B.1.6. Materiales amorfos

- No existe orden
- Los más utilizados en optoelectrónica son el SiO_x y el a-Si
- El más importante es el **VIDRIO**
 - hay formadores de red y modificadores de red (este último modifica las características del vidrio como el índice de refracción)

Materiales Optoelectrónicos: Sólidos no cristalinos

Semiconductores
policristalinos

- Transistores de película fina para controlar dispositivos fotónicos
- Fósforos para pantallas
- Material fotosensible para almacenamiento de imágenes

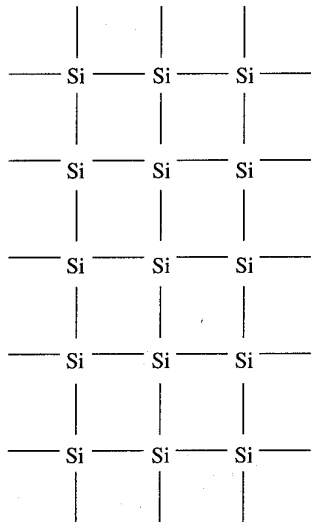
Semiconductores
amorfos

- Transistores de película fina para controlar otros dispositivos
- Células solares de gran tamaño

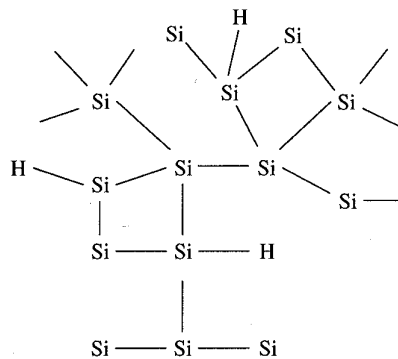
Vidrio (Dieléctrico)

- Conductores de luz
- Guías de onda

Crystalline Silicon



Amorphous Silicon



Se añaden átomos de H o F en los enlaces rotos para que no pierda sus propiedades (a-Si:H)

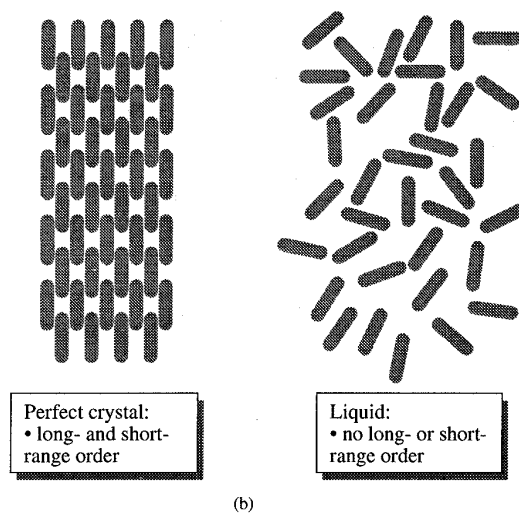
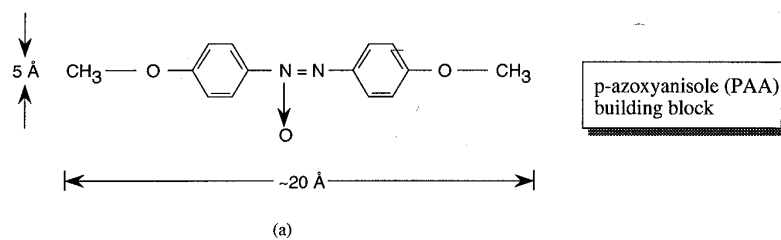
H atoms "tie up" the dangling bonds

a-Si se utiliza para células solares y visualizadores

Cristales: son anisótropos (tiene diferencias según desde donde se miren)

Materiales amorfos: son isotrópicos

B.1.7. Cristales líquidos



- es **líquido** y además es **cristal**

- se puede modular la luz

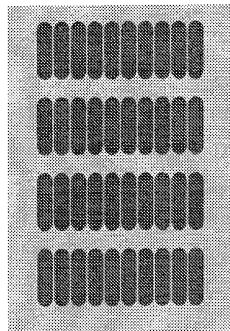
- moléculas orgánicas en forma de barra o disco de 20Å a 100Å

- la alineación de las moléculas definen el director del cristal líquido

- esméctico (orden de largo alcance en cada capa y orden entre capas; orden en la posición y en la orientación)

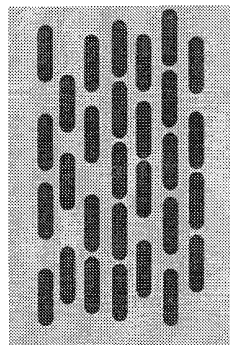
Tipos:

- nemático (orden en la orientación pero no en la posición)
- colestérico (orientación entre capas; igual que el nemático pero con giro)



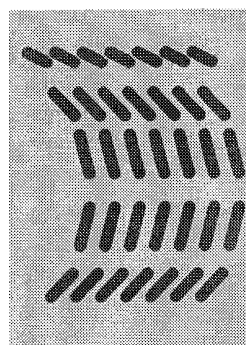
(a)

- molecules within a layer are ordered
- long-range orientation order is present



(b)

- no well defined layer order
- long-range orientation order is present

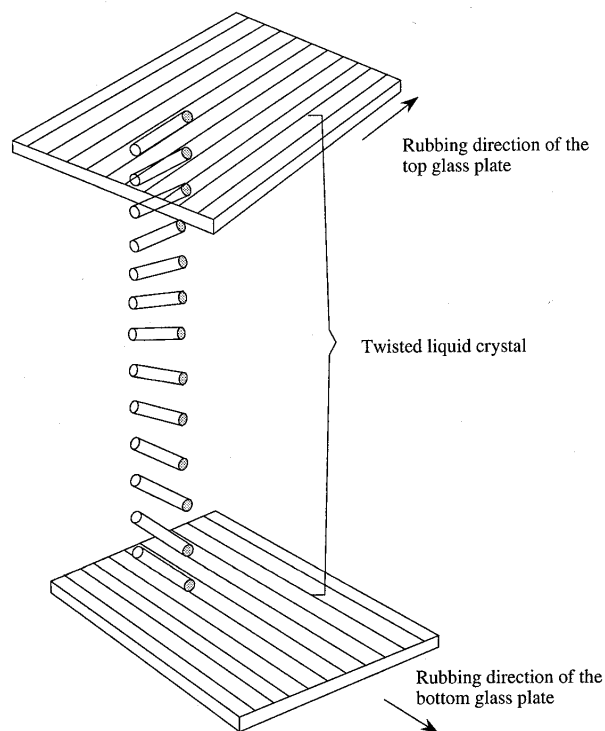


(c)

- well defined order within layers
- long-range "twist" between molecules on each layer

- La actividad óptica depende de la orientación y del giro presente en las capas moleculares.
- Se controla su anisotropía con campos eléctricos
- Interacciona con las superficies cercanas.

Cristal líquido nemático girado

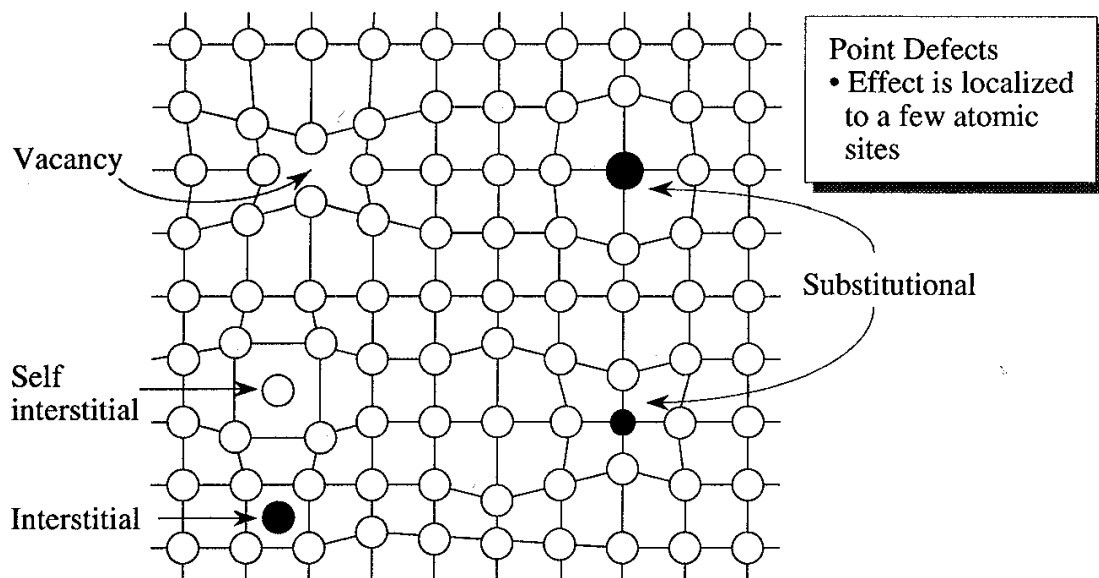


Con cristales líquidos colestéricos podemos conseguir giros de hasta 270° (estructuras supergiradas)

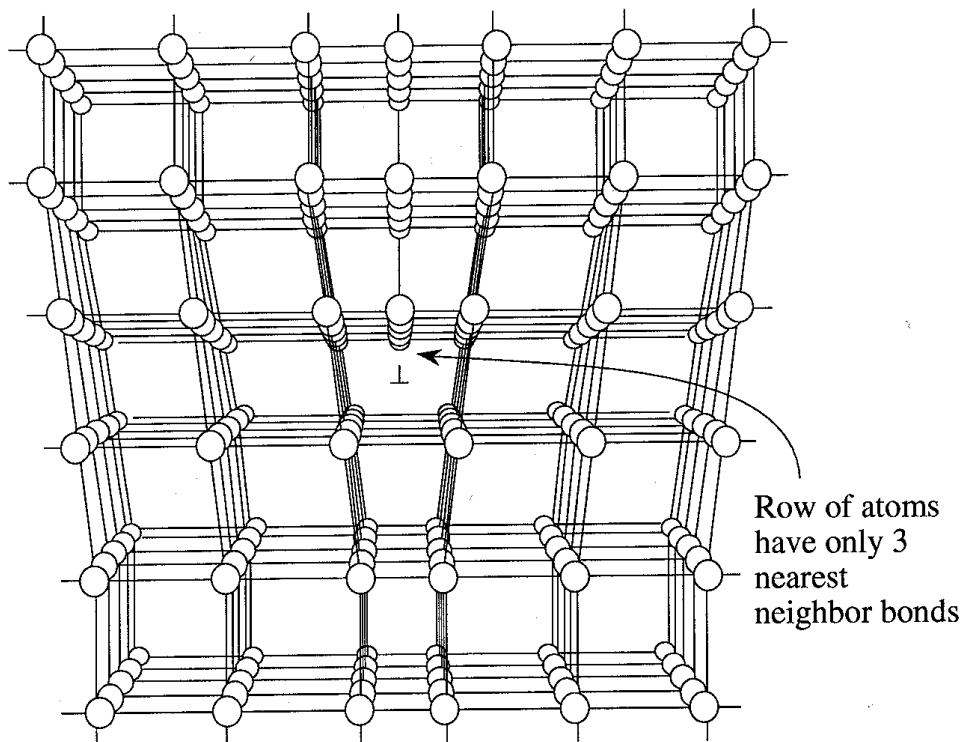
B.1.8. Defectos en los materiales

- Defectos puntuales: altamente localizados, afectan a la periodicidad en una o varias celdas

- está la ausencia, la sustitución y los defectos intersticiales.



- Defectos lineales (dislocaciones): afecta a toda una fila, muy común en heteroestructuras, inutiliza el material para componentes fotónicos.



- Defectos superficiales y defectos volumétricos: son de importancia para materiales policristalinos, aparecen al unir materiales amorfos con cristales.

Los defectos volumétricos aparecen en procesos de crecimiento de baja calidad

B.1.9. Nuevas técnicas y nuevos materiales

Semiconductores cristalinos

- Cristales de GaN, SiC y C (gap grande): para semiconductores de potencia y generación de luz de λ muy corta.

pero - técnicas de fabricación poco perfeccionadas

- no existen todavía buenos substratos

- Aleaciones de InAs, InSb y HgCdTe (gap corto): para la detección del infrarrojo lejano y visión nocturna

pero - técnicas de fabricación muy complejas y =>

- materiales muy caros

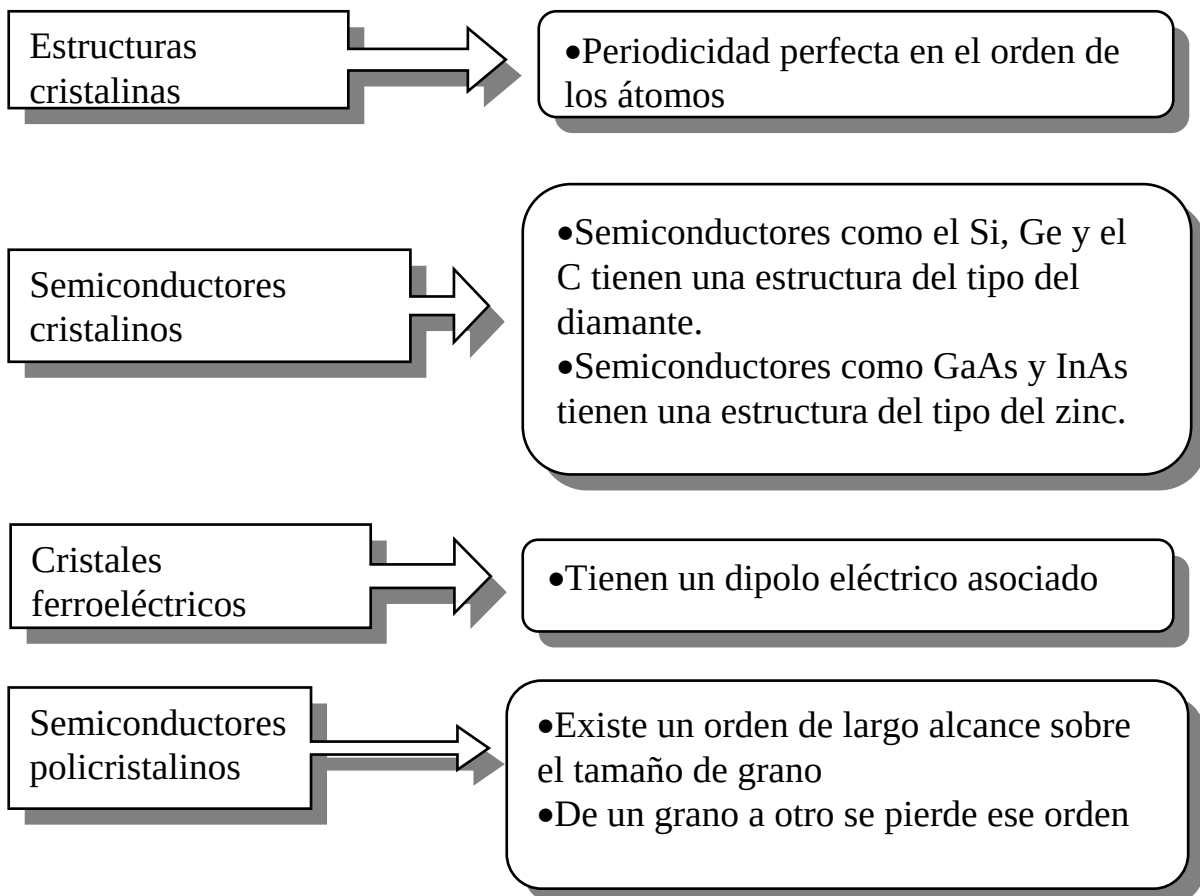
- En las heteroestructuras se busca rodear materiales de 100Å por otros materiales para conseguir efectos cuánticos. Se prevén propiedades ópticas muy mejoradas. Hay que mejorar las interfases.

- Estudios de nuevos substratos: aunque el Si es barato, no sirve para láseres y detectores de alta velocidad. Hoy no se puede crecer GaAs sobre Si sin un gran número de dislocaciones (son cristales de redes diferentes).

Materiales policristalinos y amorfos

- Son de bajo coste y sirven para calidades medias: células solares de gran tamaño, transistores de película fina (“thin film transistors”) para visualizadores, etc. Se busca reducir los defectos mejorando sus cualidades.

Resumen



Semiconductores
amorfos

- Existe sólo un orden de corto alcance
- El material también tiene enlaces rotos y sin conectar

Cristales líquidos

- Es un líquido cuyas moléculas poseen un orden de largo alcance

Cristales líquidos
esmécticos,
nemáticos y
colestéricos

- Cristales esmécticos: moléculas con forma de bastón o disco ordenadas en capas. Las diferentes capas tienen las moléculas ordenadas en la misma dirección

Cristales nemáticos
girados y cristales
líquidos
supergirados

- Si el cristal líquido está entre dos superficies frotadas giradas 90° , entonces las moléculas se alinean con la dirección de cada una de las superficies haciendo una transición entre ambas superficies. Esto gira todas las moléculas.
- Con cristales colestéricos se pueden conseguir giros de hasta 270°

Defectos en los
materiales

- Se pueden dar defectos puntuales, intersticiales o de átomos que ocupan un lugar equivocado.
- Defectos de línea o dislocaciones son un defecto muy importante en heteroestructuras.