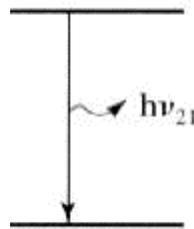


## 4.4 MATERIALES OPTICOS. LA EMISIÓN DE LUZ

### 4.4.1 EL PROCESO DE EMISIÓN

- Proceso opuesto a la absorción.
- Una vez excitado el e-, este regresa a un estado desocupado de menor energía.



- Esto se acompaña de la emisión de un fotón y/o por la disipación de calor (fonones):
  - $\Delta t \approx$  de segundos: **brillo**.
  - $\Delta t \approx$  fracciones de segundo: **luminiscencia**.
  - $\Delta t \approx \mu s - ms$ : **fosforescencia**.
  - $\Delta t < ns$ : **fluorescencia**.
- **Fotoluminiscencia**: fotones inciden sobre material que reemite luz a una energía menor.
  - **Ejemplo**: Si KCl dopado con iones de  $Tl^+$  ( $E_g=9,4$  eV) absorbe luz de 5 eV y muestra un peak de fotoluminiscencia a 4 eV cuando se relajan estos centros.
  - **Ejemplo**: Si ZnS dopado con iones de  $Cu^+$  absorbe luz de 3,68 eV y exhibe luminiscencia a 2,4 eV y 2,8 eV.

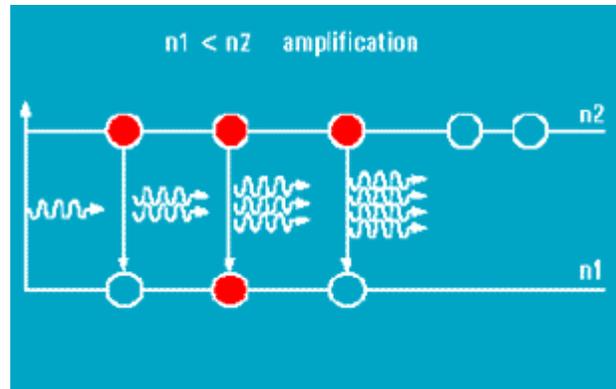
- **Cátodoluminiscencia:** emisión de luz desde material bombardeado por lluvia de e- de alta energía.

#### 4.4.2 APLICACIONES

- Estos efectos tienen aplicaciones comerciales:
  - Aplicación. Interior de tubos catódicos de TV: ZnS genera luz cuando le llegan e- (generados por filamento caliente (rayo catódico)).
  - Aplicación. Lámparas fluorescentes: interior de tubo de vidrio está cubierto por tungstenatos o silicatos, los que emiten luz al ser bombardeados con luz UV (generada por descarga de mercurio).
- Se distingue entre:
  - **Emisión espontánea de luz:** velas, ampollitas incandescentes, etc.
    - Propiedades:
      - Radiación a amplia región angular del espacio.
      - Normalmente es policromática (más de una frecuencia)
      - Incoherente (fase)
    - Normalmente ocurre cuando los materiales son altamente calentados (emisión térmica): la  $t^{\circ}$  excita los e- de valencia a  $>$  energías, desde las cuales regresan.

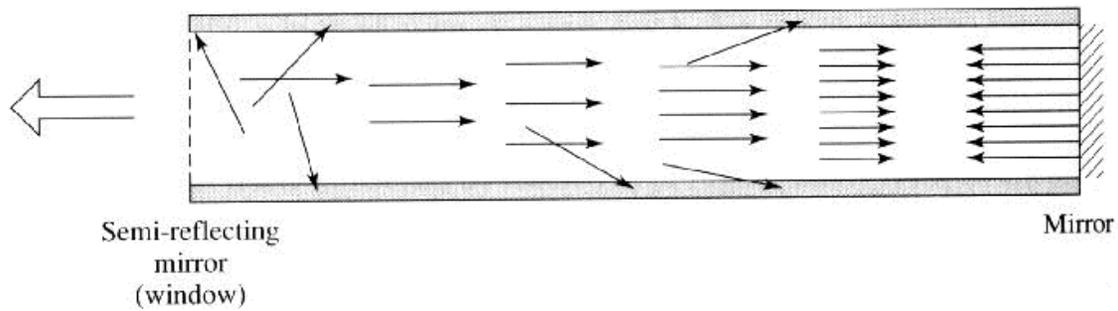
## 4.4.2 LÁSER

- Emisión estimulada de luz: láseres.



- Caso  $n_2 > n_1$ : inversión de la población de e-
- Un e- estimula la caída de otro e- con la misma fase (son coherentes).
- Estos 2 e- estimulan la caída de 2 e-, etc.
- ... avalanchaaa...!
- En resumen, la emisión estimulada de luz sucede cuando la radiación incidente fuerza a los e- a entregar más fotones al haz incidente.
- **LASER**: *light amplification by stimulated emission of *r*adiation*  
Amplificación de luz mediante emisión estimulada de radiación.
- Propiedades:
  - Altamente monocromático (transiciones entre 2 niveles energéticos angostos).
    - Consecuencia: puede enfocarse a punto de  $\approx 1 \mu\text{m}$

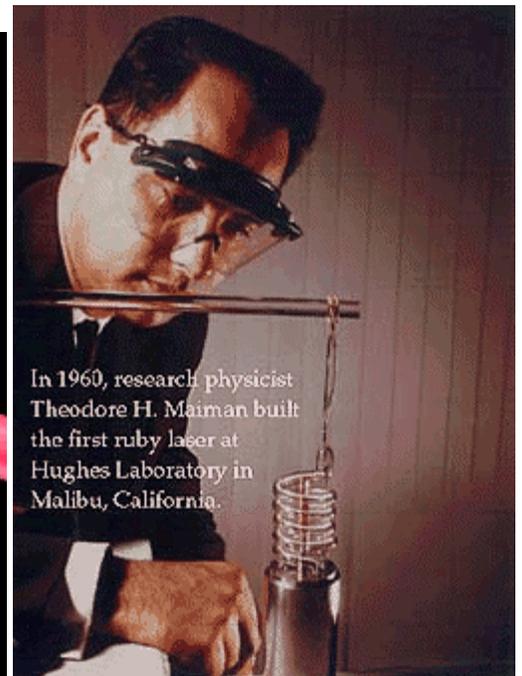
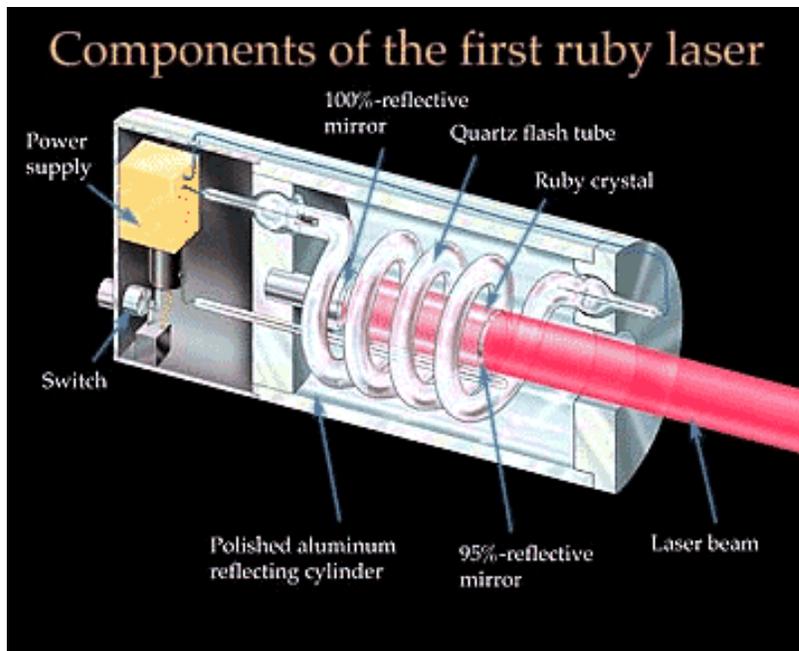
- Fuertemente colimada: sale paralelo de la ventana láser
  - e.g., sección de láser transmitido a la Luna:  $\phi 3$  km
- Montaje:
  - El material que genera el láser está embebido en un contenedor largo y angosto: la **cavidad**.
  - Las caras opuestas de la cavidad deben ser absolutamente paralelas entre si.
  - Una de las caras está plateada (Ag) y sirve de espejo perfecto.
  - La otra cara sólo tiene una película delgada de Ag: transmite algo de luz.
  - Estos espejos reflejan una y otra vez la luz láser, aumentando el N<sup>o</sup> de fotones en cada pasada.
  - Los e- que sobreviven son los que viajan paralelos a paredes de la cavidad. Los demás, serán absorbidos por las paredes.
  - Una fracción escapa por la ventana y constituyen en haz emergente.

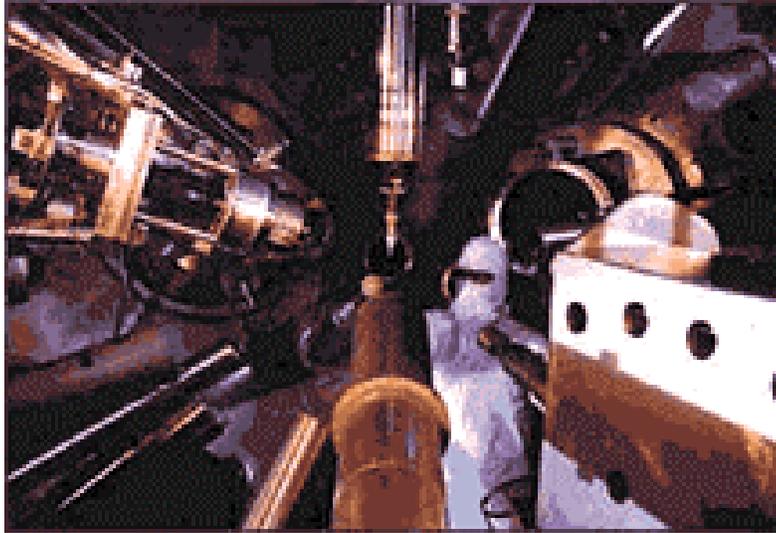


- Falta describir cómo los e- son bombeados desde el nivel  $E_1$  al  $E_2$  ( $E_2 > E_1$ )
- Un método: bombeo óptico.  
Absorción de luz proveniente de fuente policromática.
  - Lámparas de Xe para láseres pulsados
  - Lámparas de tungsteno-yodo para láseres continuos
  - Más métodos: colisiones e-gas en una descarga eléctrica, reacciones químicas, reacciones nucleares, inyección externa de un haz de e-.
- Los materiales:
  - Cristales: rubí
  - Vidrios: vidrio dopado con neodimio
  - Gases: He, Ar, Xe
  - Vapores metálicos: Cd, Zn, Hg
  - Moléculas:  $\text{CO}_2$

- Líquidos: solventes con moléculas colorantes

Tipo de láser	Longitud de onda (nm)	Divergencia del haz (mrad)	Peak de potencia (W)
<b>Rubí</b> (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> dopado con Cr <sup>3+</sup> )	694,3	10 5	≈5 (continuo) 10 <sup>6</sup> -10 <sup>8</sup> (pulsado 1-3 ms)
<b>Neodimio</b> (Vidrio o YAG dopado con Nd <sup>3+</sup> )	1,064	3-8	≈10 <sup>3</sup> (continuo) ≈10 <sup>4</sup> (pulsado 0,1-1 μs)
<b>HeNe</b>	632,8	1	10 <sup>-3</sup> -10 <sup>-2</sup>
<b>CO<sub>2</sub></b>	10600 9600	2	≈10-1,5x10 <sup>4</sup> (continuo) ≈10 <sup>5</sup> (pulsado 0,1-1 μs)
<b>Semiconductor</b> GaAs GaAlAs	≈870 ≈850	250 500	≈10-30 (pulsado 0,1 μs) ≈0,1-0,4 (continuo)
<b>Colorantes</b> (Colorantes orgánicos en solventes)	350-1000	3 10	≈0,1 (continuo) ≈10 <sup>5</sup> (pulsado 6 ns)

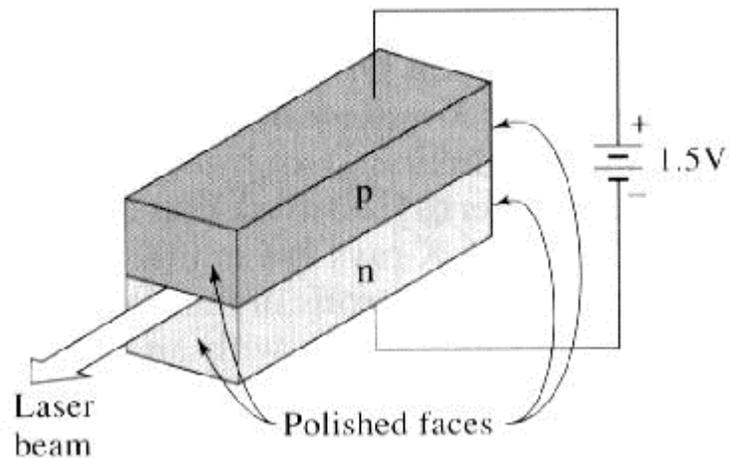
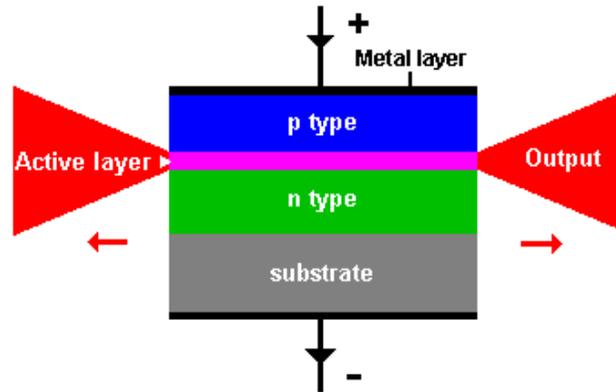




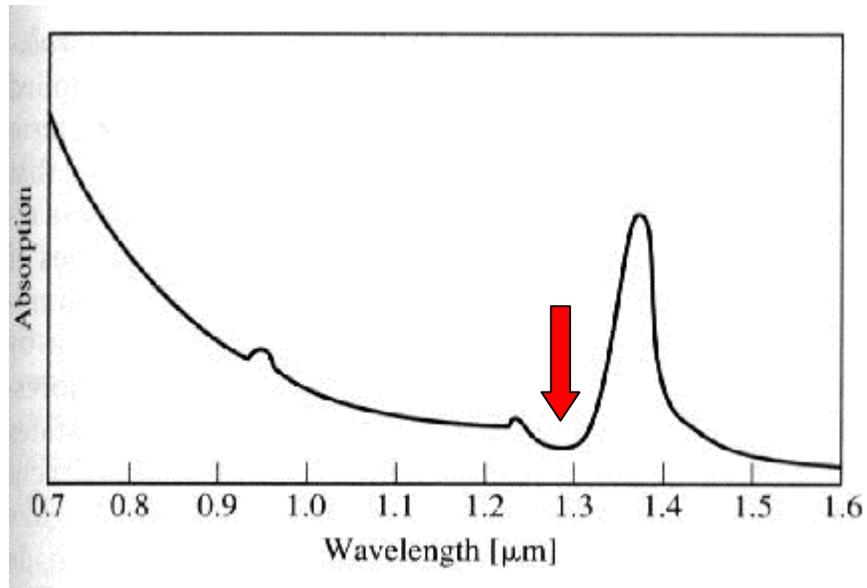
Láser YAG

- Láseres de semiconductores
  - Aplicaciones:
    - Impresoras láser y fotocopiadoras
    - Medición de distancias (topografía)
    - Telecomunicación óptica.
  - La cavidad está constituida por una combinación de semiconductores tipo n y tipo p altamente dopados.
  - La juntura p-n funciona con voltaje hacia delante
    - ⇒ e- de banda de valencia son a BC excitados si  $E > E_g$
    - ⇒ se observa una inversión de población de e- en la zona de la juntura entre p y n.

- Normalmente no se requiere una película reflectante, ya que el semiconductor ya lo es ( $R \approx 35\%$ ).



- Ventajas: pequeños y eficientes.
- $E_g$  puede ajustarse con aleaciones ternarias y cuaternarias:
  - $1,3 \mu\text{m}$  es la frecuencia deseable en telecomunicaciones: mínimo de absorción



- $\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_y\text{P}_{1-y}$  puede ajustarse entre 0,886-1,55  $\mu\text{m}$  ( $\Leftrightarrow$  1,4 - 0,8 eV).

#### 4.4.2 LEDs

- *Light emitting diodes* (diodos de emisión de luz)
- Fuentes de luz barata, duraderas y pequeñas
- Juntura p-n con voltaje hacia delante.
- No opera en el modo láser: se omiten caras paralelas, etc., durante proceso de fabricación  
 $\Rightarrow$  Luz no es coherente ni colimada.
- Se desea que emita en rango visible.

## Aplicaciones del láser en procesamiento de materiales

<b>Aplicaciones</b>	<b>Láser</b>	<b>Comentarios</b>
Soldadura	YAG	Láser de potencia alta. Usado para: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perforaciones profundas</li> <li>• Soldaduras de alto rendimiento</li> </ul>
Perforación	YAG CWCO <sub>2</sub>	Densidades de potencia peak altas. Usado para perforaciones de precisión con: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mínima zona de afectación térmica,</li> <li>• baja conicidad y</li> <li>• máxima profundidad</li> </ul>
Corte	YAG CWCO <sub>2</sub>	Corte de precisión de formas 2D y 3D complejas a grandes velocidades en plásticos y cerámicas.
Tratamiento superficial	CWCO <sub>2</sub>	Endurecimiento de superficies aceradas con haz de barrido desenfocado y permitiendo autotemplado.
Trazado	YAG CWCO <sub>2</sub>	Trazado de grandes áreas de cerámicas completamente cocidas.
Fotolitografía	Excimer	Proceso fotolitográfico en la fabricación de circuitos impresos

## 4.5 MATERIALES OPTICOS.

### DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO OPTICO

- Libro: de **acceso aleatorio**: se puede acceder a cualquier página sin mirar todas las páginas anteriores.
- RAM (random access memory): memoria de acceso aleatorio
- Películas de cine o microfilms: **acceso secuencial**
- ROM (read-only memory): memoria que no puede ser modificada por el usuario; solo lectura.
- Disco óptico: información digital
  - CD: memoria de acceso aleatorio y solo lectura
  - Es WORM: *“write once, read many”*
  - Información se almacena en protuberancias de altura  $\lambda/4$  de la luz incidente.
    - ⇒ luz que se refleja de la base viaje  $\lambda/2$  más que la luz reflejada de la protuberancia
    - ⇒ se produce interferencia destructiva: cero
  - Para fines de audio se usa 44,1 kHz ( $\approx$  doble de frecuencia)
  - La señal de “cuantiza” en números binarios de 16 dígitos ( $2^{16}=65.534$  valores distintos)

- CD de  $\phi 120$  mm
  - 5,7 km de largo
  - 22.188 pistas a  $1,6 \mu\text{m}$  entre si
  - La lectura se hace con láser de  $1,2 \mu\text{m}$
  - Densidad de información:  $800 \text{ kbits}/\text{mm}^2$  (CD completo puede almacenar  $7 \times 10^9$  kbits)
  - Mismo disco almacena 600 Mbytes de datos computacionales  $\approx 3$  enciclopedias completas de 24 volúmenes.
- DVD (digital video disk): 4,7 Gbytes  $\Rightarrow$  video.

