

Determinación del GAP de un semiconductor

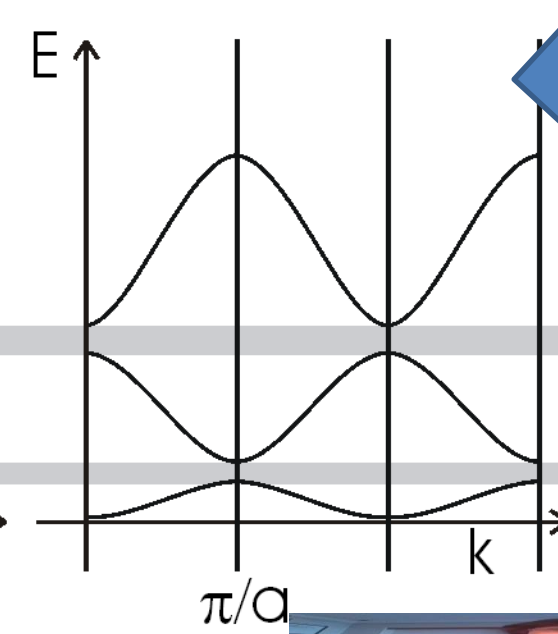
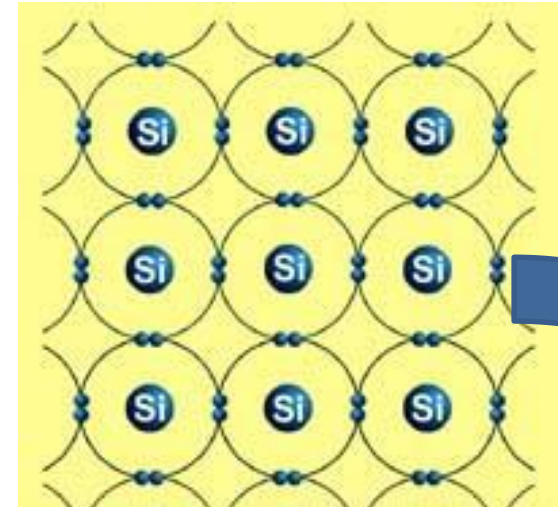
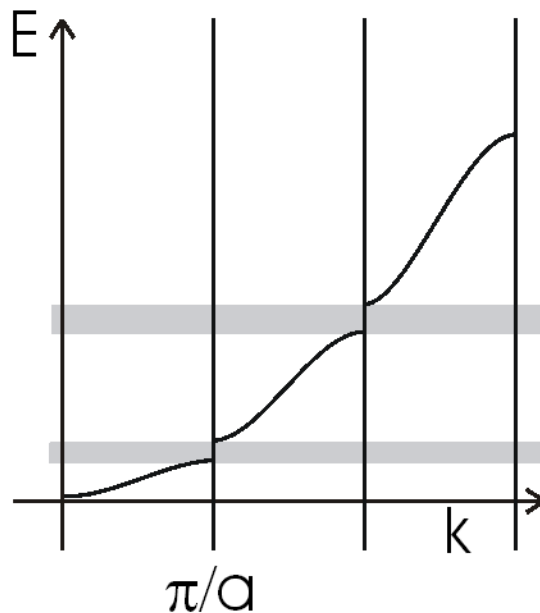
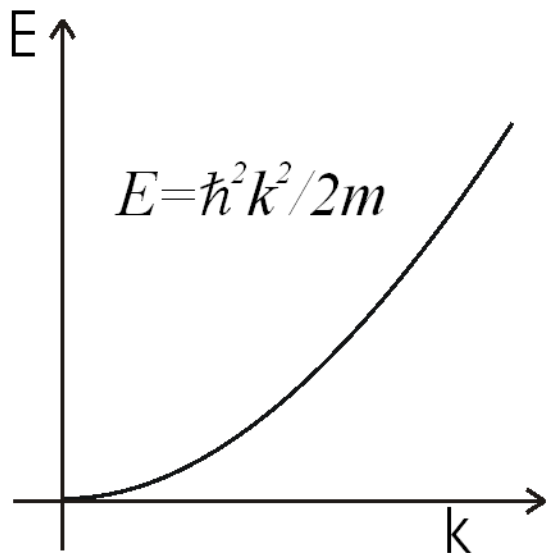
Nociones sobre la teoría de bandas
de los sólidos

Teoría de bandas

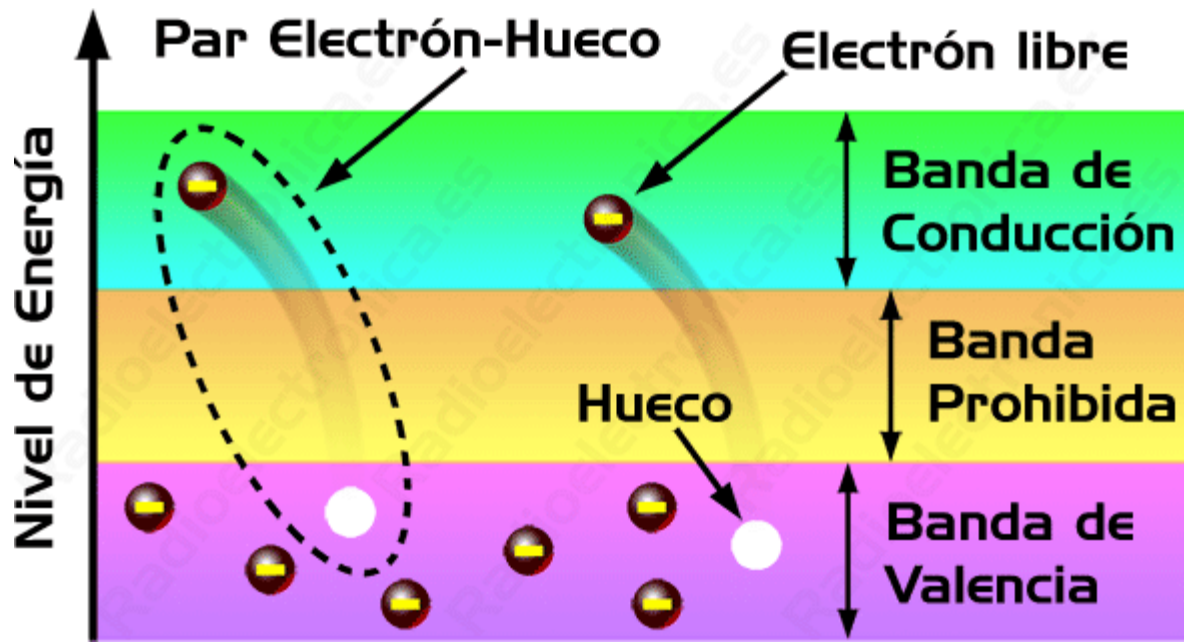
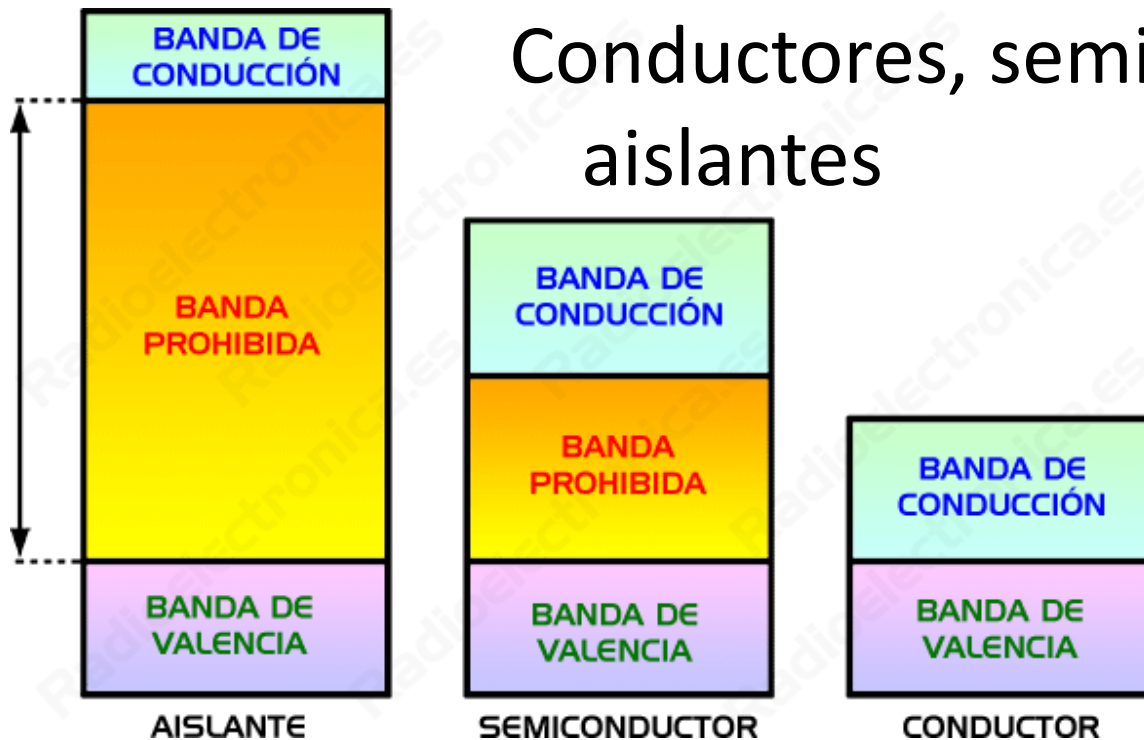
Átomo aislado



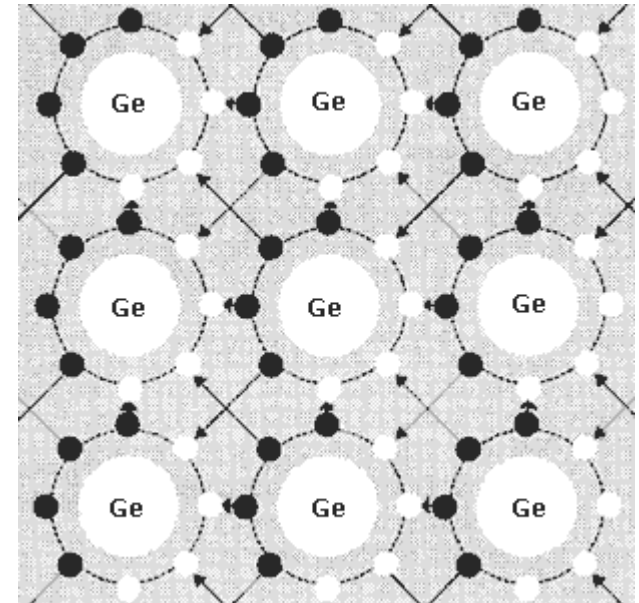
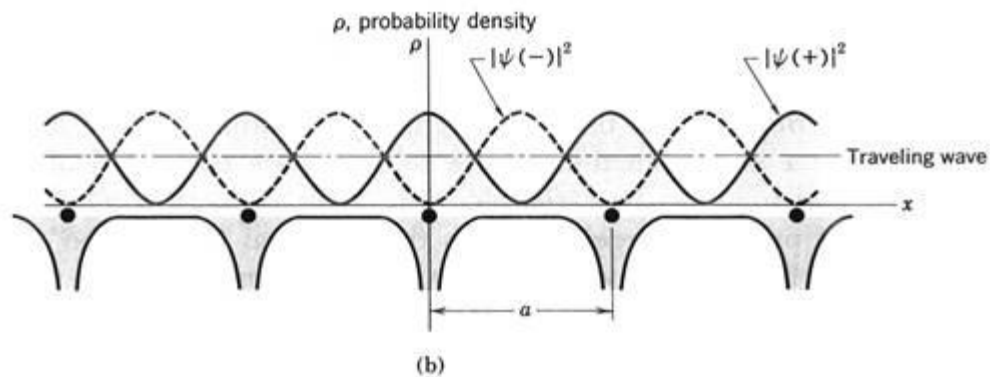
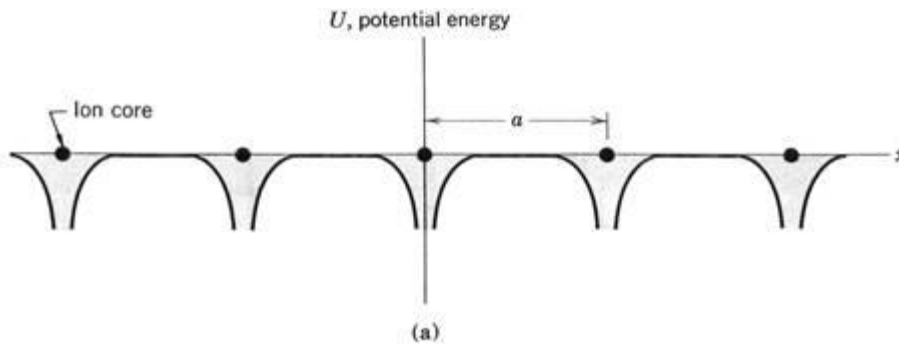
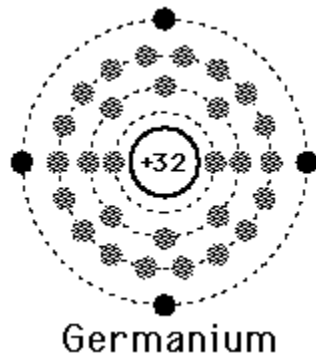
Modelo del electrón libre



Conductores, semiconductores y aislantes

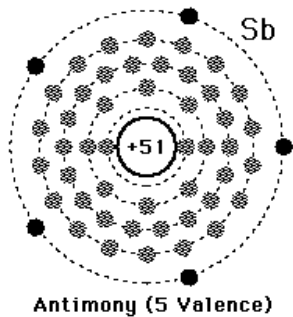


Semiconductores

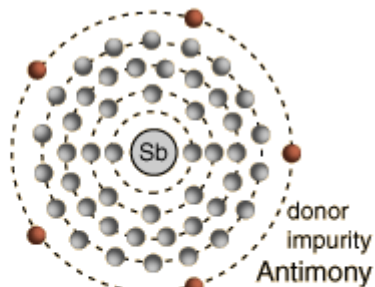


Potencial periódico

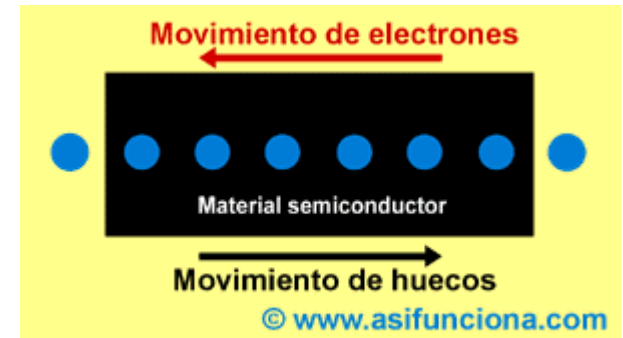
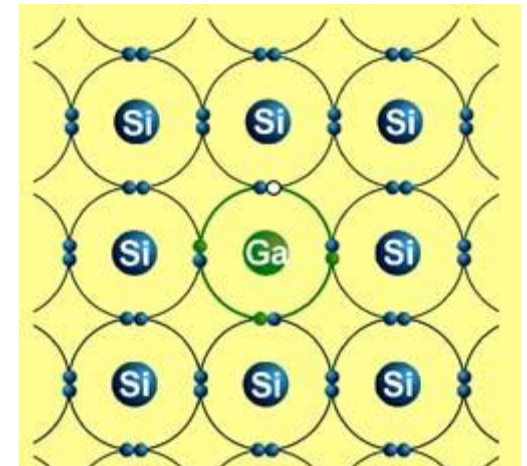
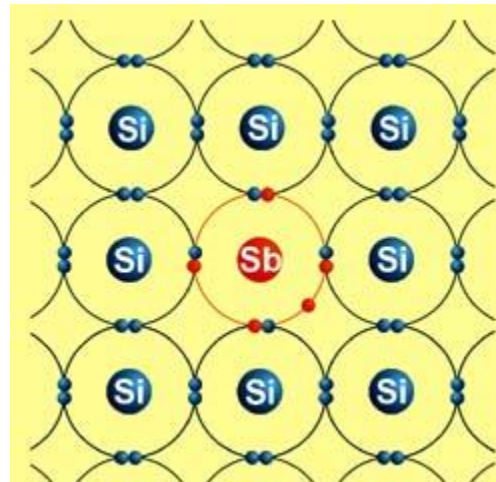
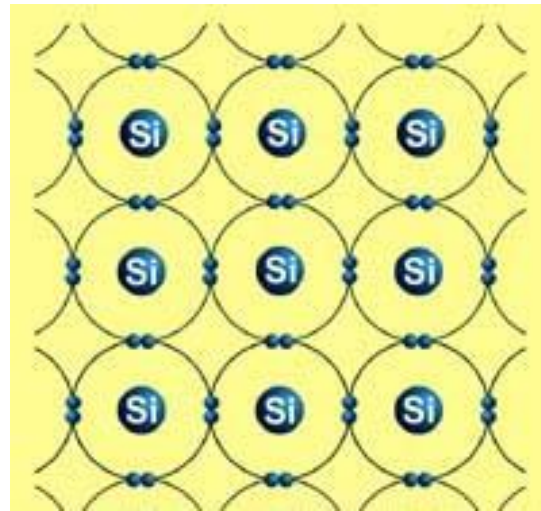
Dopado de semiconductores



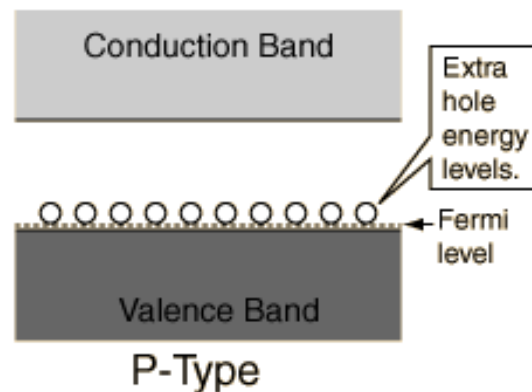
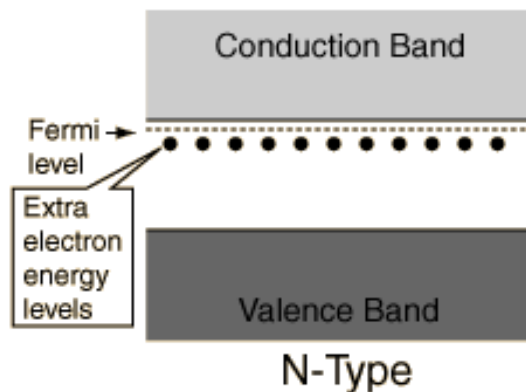
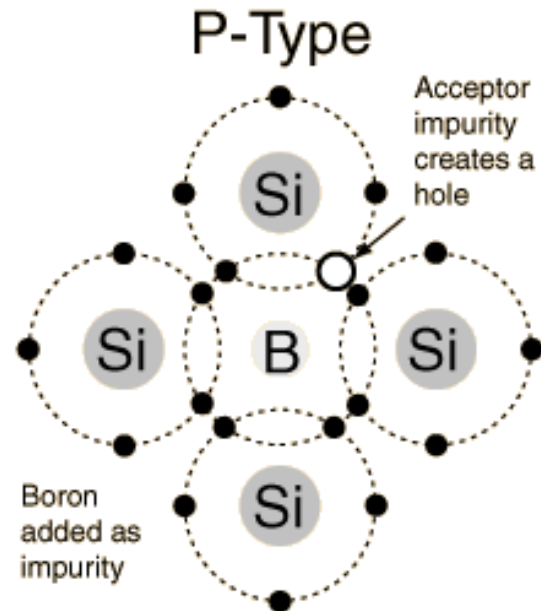
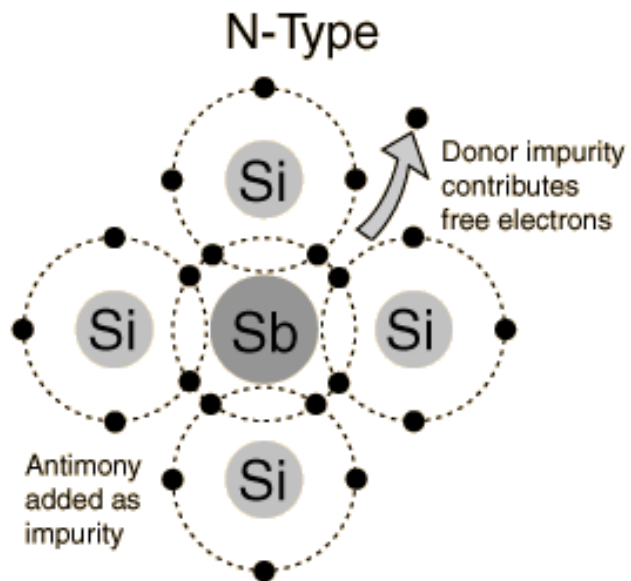
Antimony
Arsenic
Phosphorous



Boron
Aluminum
Gallium



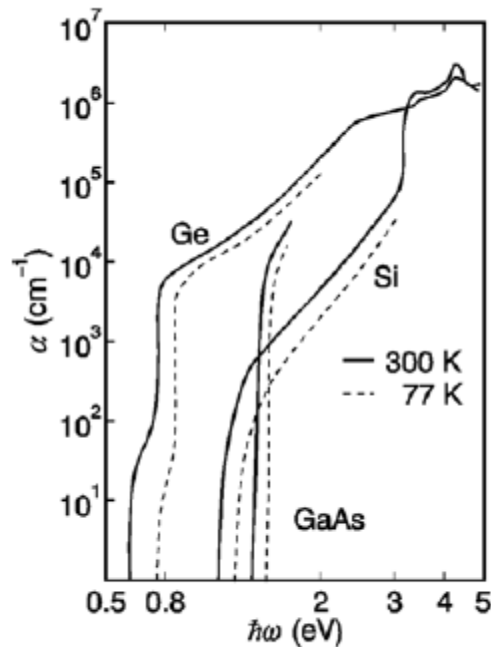
Niveles donores y aceptores



Determinación del GAP de un semiconductor mediante absorción óptica en el rango espectral UV-visible

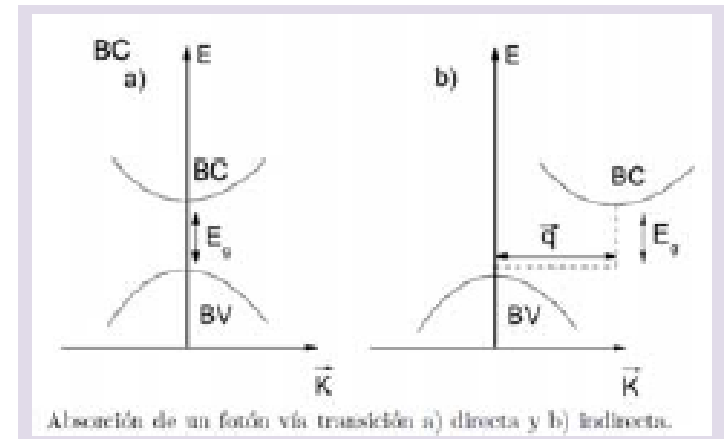
Propiedades ópticas

La absorción óptica y la luminiscencia se deben a transiciones de electrones y huecos entre diferentes estados electrónicos (bandas, estados donores o aceptores, defectos, niveles electrónicos profundos, etc.)



La absorción debida a cualquiera de estos estados juega un rol muy importante en semiconductores. Las transiciones de electrones desde la BV a la BC comienza abruptamente para una energía $\hbar\omega$ por encima de la energía del gap, E_G . Este salto en energía se denomina borde de absorción.

Fig. 7.1. Absorption coefficient α for the semiconductors Ge, Si, and GaAs close to the absorption edge; after [7.1]



Energía de la banda prohibida de algunos semiconductores

crystal	ϵ_g (eV)	crystal	ϵ_g (eV)	crystal	ϵ_g (eV)
α Sn	0.08	GaAs	1.47	ZnO	3.3
PbTe	0.19	GaP	2.24	BaO	4.4
InSb	0.23	NiO	2.3	LiGaO ₂	5.2
PbS	0.29	CdS	2.5	CaO	6.5
Bi ₂ Te ₃	0.31	SiC	2.8	Quarz	6.7
Ge	0.67	ZnSe	2.8	KCl	8.69
Si	1.10	SrTiO ₃	3.3	Al ₂ O ₃	10
InP	1.37	–	–	KF	10.9

Coeficiente de absorción

El coeficiente de absorción α se define por:

$$I(z) = I_o \exp \{- \alpha z\}$$

donde $I(z)$ es la densidad de flujo si la radiación incidente es I_o , z es la distancia medida desde la superficie de incidencia. Por tanto,

$$\alpha = - (1/I(z)) dI(z)/dz$$

Análisis de Tauc y Mott

La determinación del ancho de banda óptico se puede obtener de la ecuación de Tauc que relaciona el coeficiente de absorción con la energía de la radiación incidente y la energía del gap:

$$\alpha \hbar \omega = A(\hbar \omega - E_G)^n$$

Donde A es una constante, $\hbar \omega$ es la energía del fotón, E_g es la energía del gap permitida y n es un número que caracteriza el proceso de absorción óptica:

$n = 1/2$ para transiciones directas permitidas.

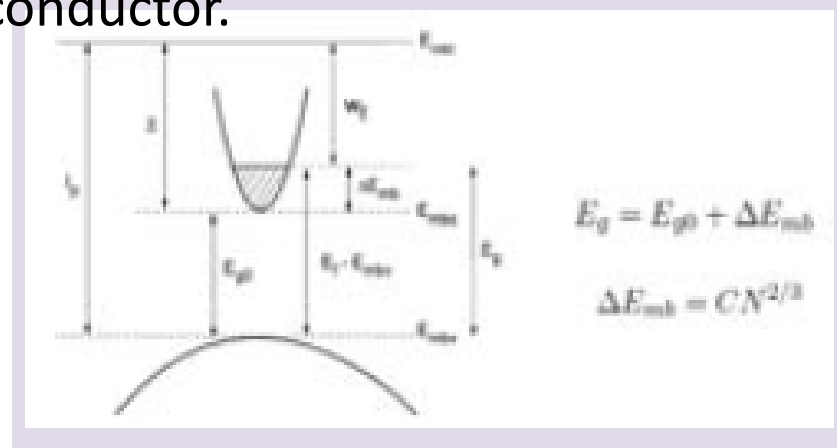
$n = 3/2$ para transiciones directas prohibidas.

$n = 2$ para transiciones indirectas permitidas

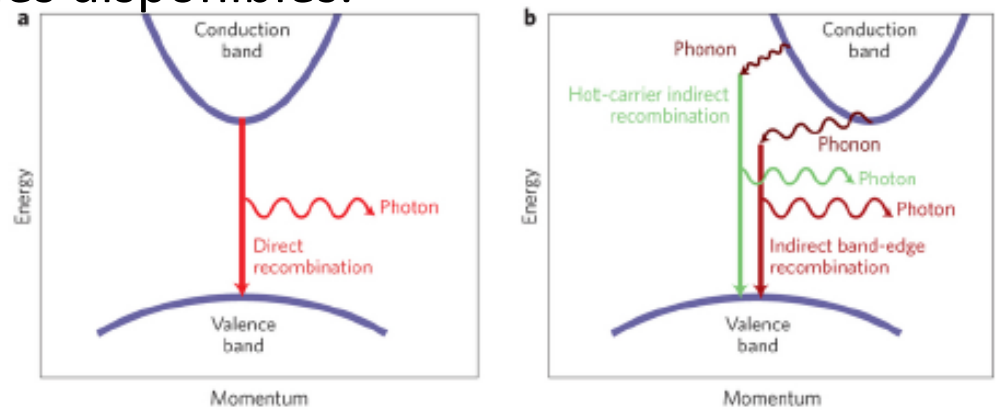
$n = 3$ para transiciones indirectas prohibidas

Efecto Moss-Burstein

-Trabajos experimentales mostraron que el borde absorción óptica de ciertos semiconductores se desplazaba hacia longitudes de onda más corta en función del dopaje del semiconductor.

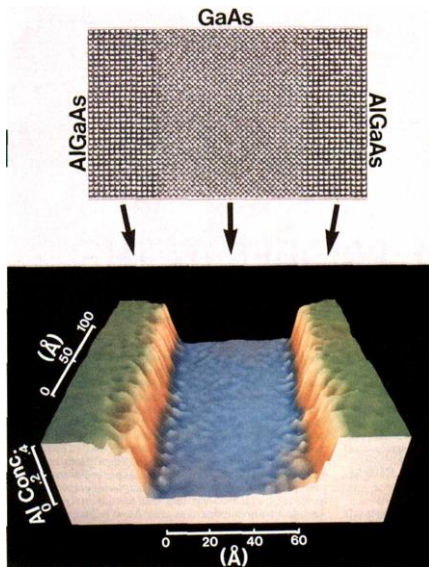


- Se atribuye este fenómeno a que los estados de energía más bajos de la BC están ocupados y la transición de energía mínima a través de la banda prohibida será a los primeros niveles disponibles.



-La aparición de bandas creadas por otros efectos, tales como impurezas, defectos, disminución de tamaño de partícula, etc pueden ser otras causas responsables del cambio en la energía del gap con el dopaje.

Por ejemplo, se puede mostrar que con el tamaño de grano, debido al confinamiento cuántico:



$$E_g^{nano} = E_g^{bulk} + \frac{\hbar^2 \Pi^2}{2Mr^2}$$

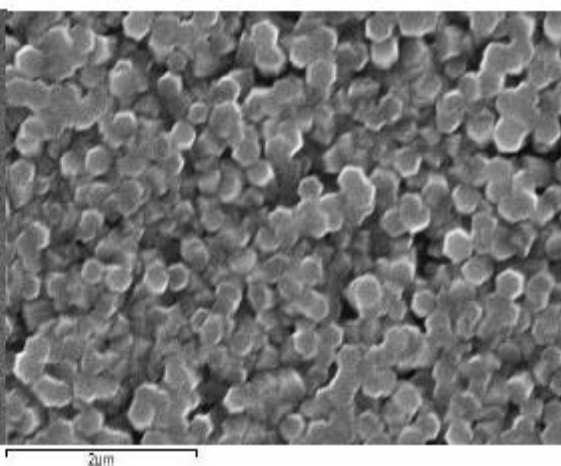
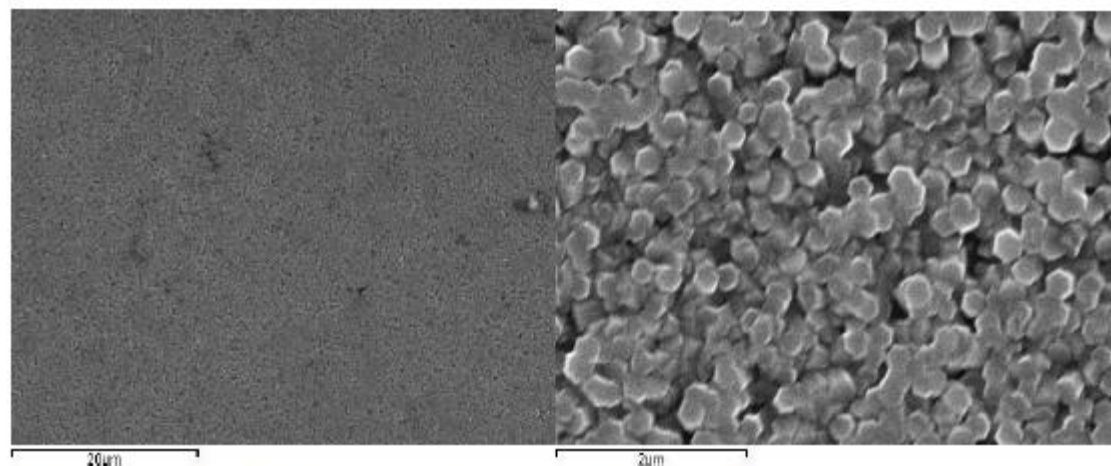


Figura 125.- Nanocolumnas de ZnO crecidas mediante electrodeposición por pulsos de corriente a -3mA y $t_{ON}=1\text{s}$ y $t_{OFF}=1\text{s}$

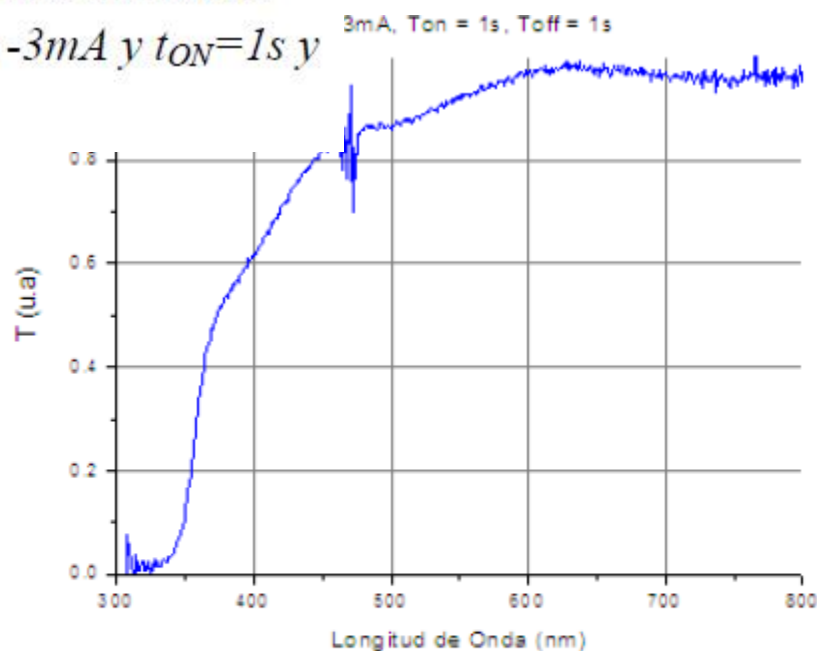
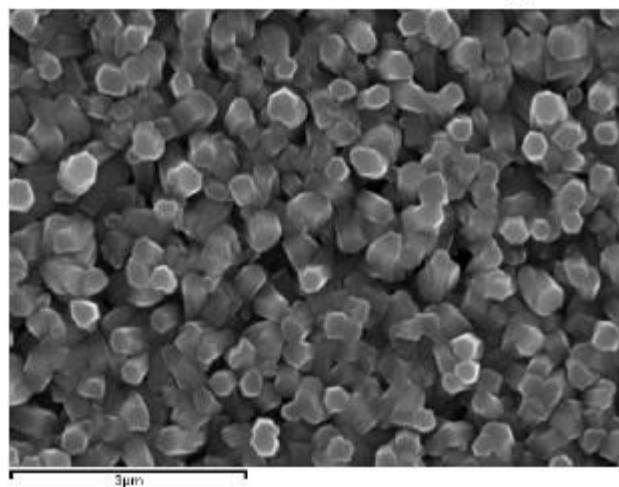
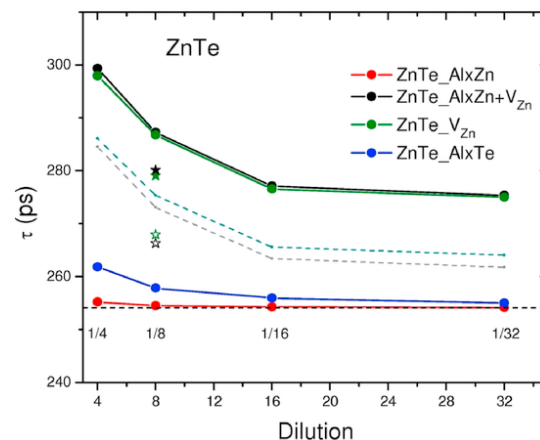
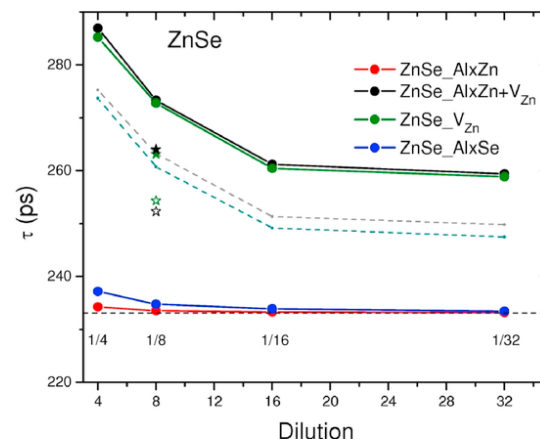
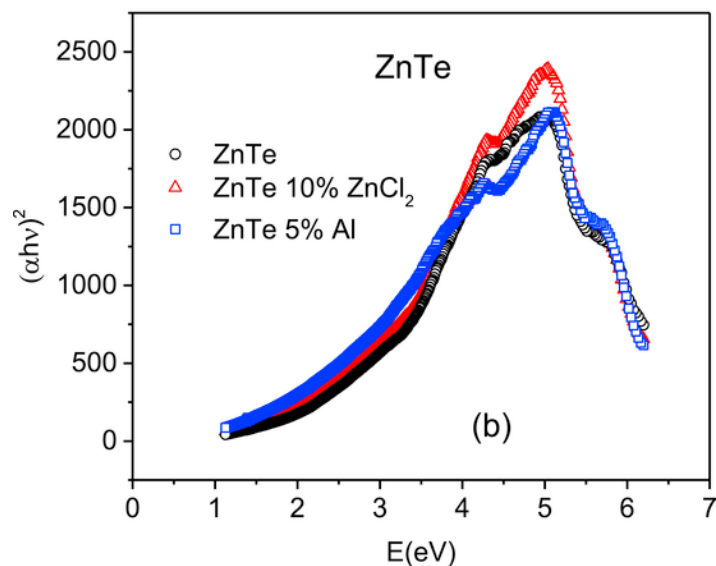
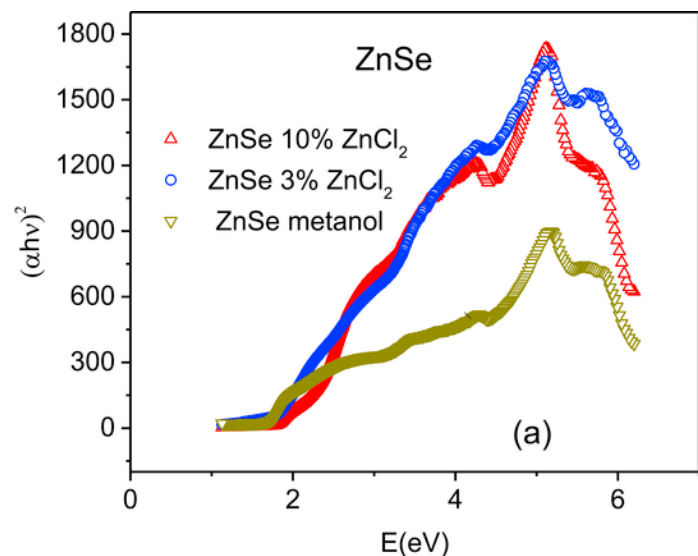


Figura 126.- Transmisión óptica de nanocolumnas de ZnO crecidas mediante electrodeposición por pulsos de corriente a -3mA y $t_{ON}=1\text{s}$ y $t_{OFF}=1\text{s}$.

Gráficos de Tau

Tau-Mot plots for a) ZnSe powders with different surfactants, up empty triangle 10%ZnCl₂, up full triangle 3%ZnCl₂ and down triangle Methanol. b) ZnTe powder samples, circle pure ZnTe, triangle with 10% ZnCl₂ addition and square with 5 at% Al.



Películas delgadas de ZnO por ED

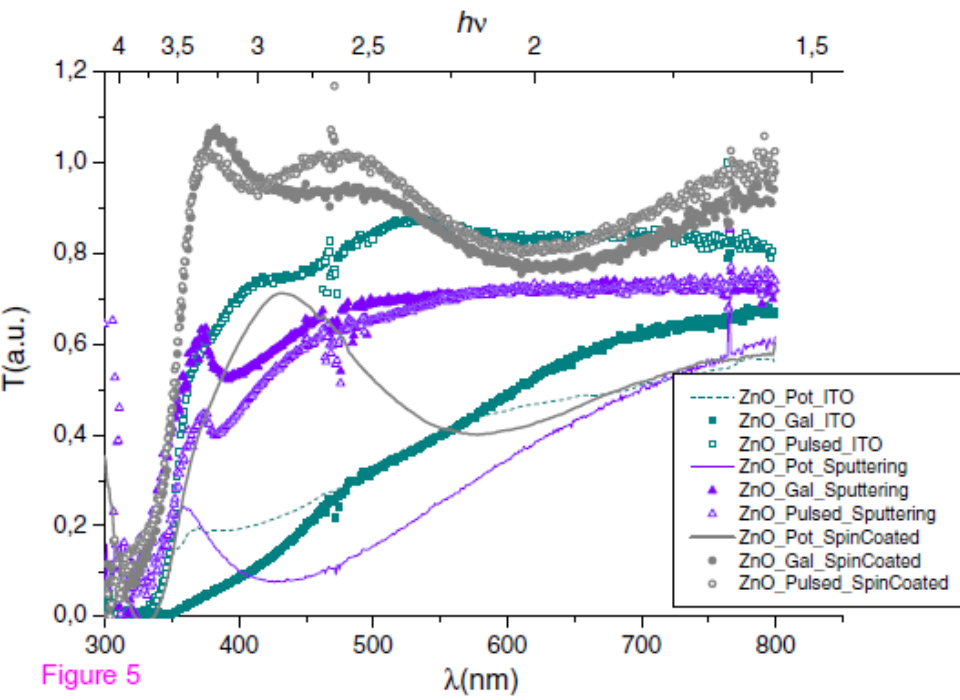


Figure 5

Sample	E _g (eV)
Pulsed current on ITO	3.51
Galvanostatic on ITO	3.33
Pulsed current on spin-coated ZnO	3.51
Galvanostatic on spin-coated ZnO	3.51
Pulsed current on sputtered ZnO	3.46
Galvanostatic on sputtered ZnO	3.56

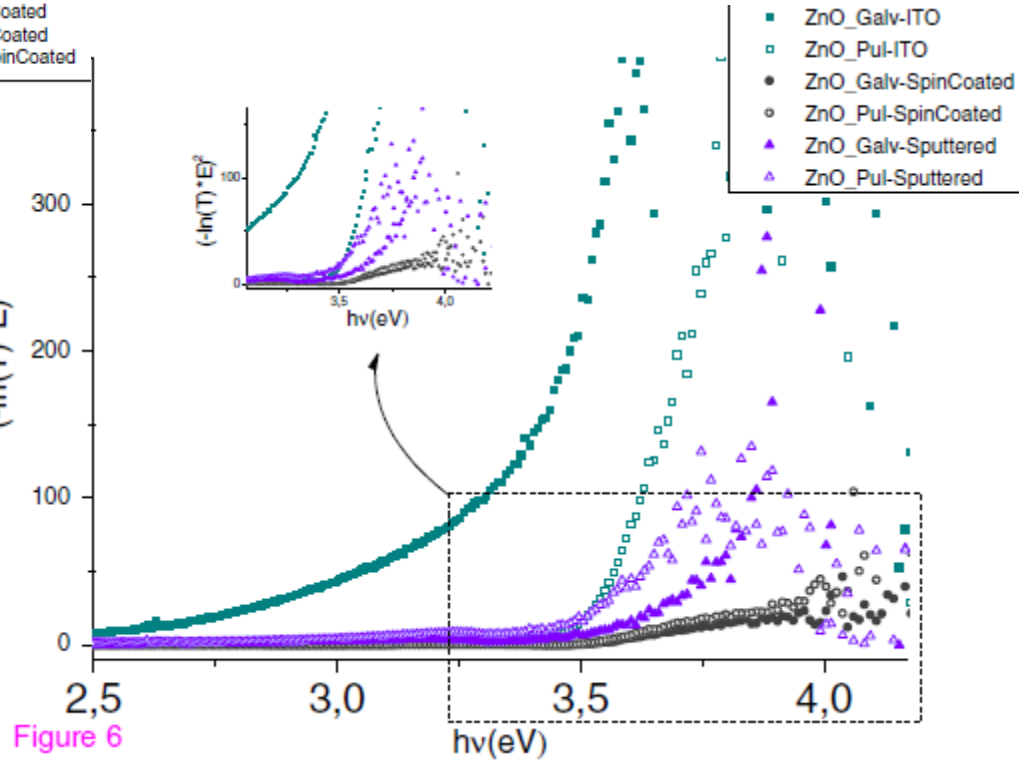
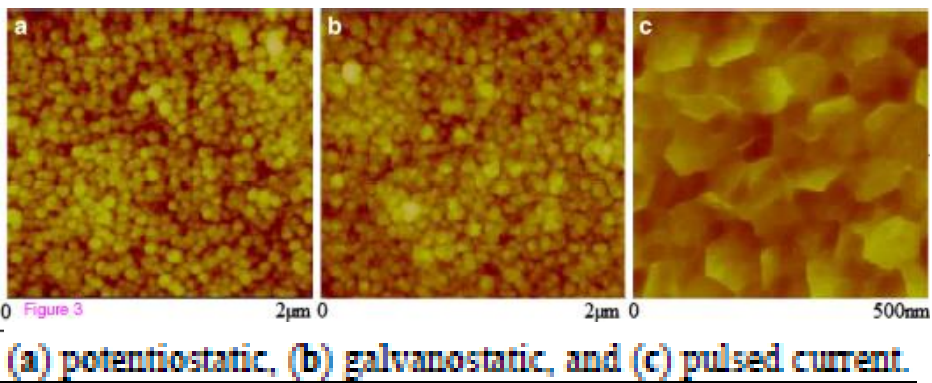
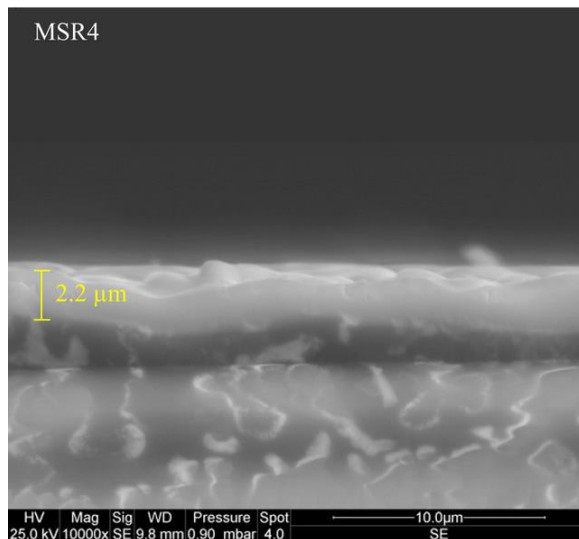
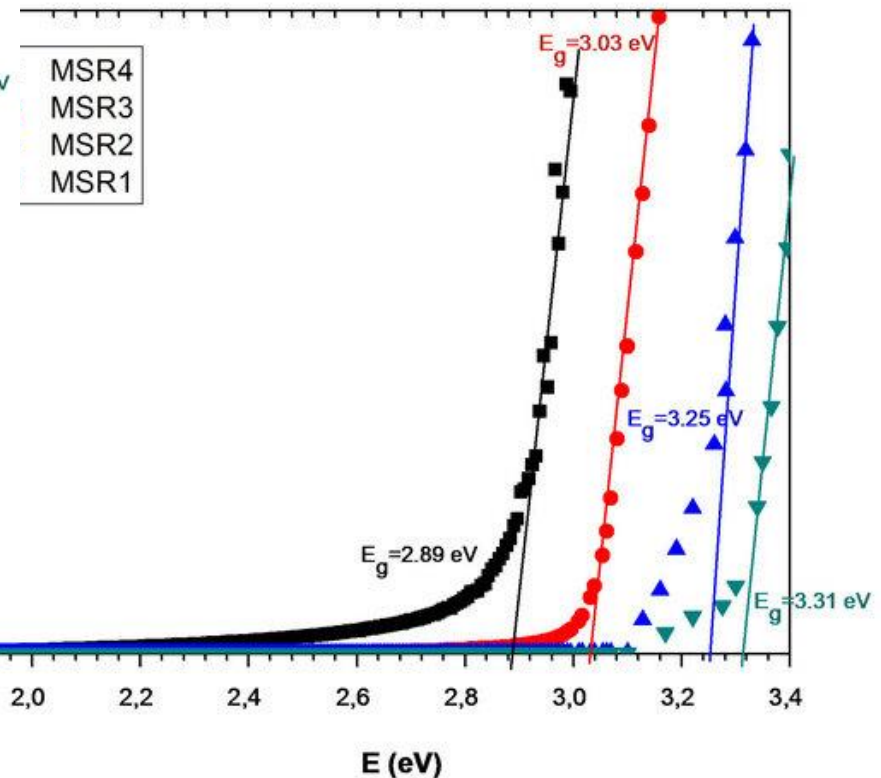
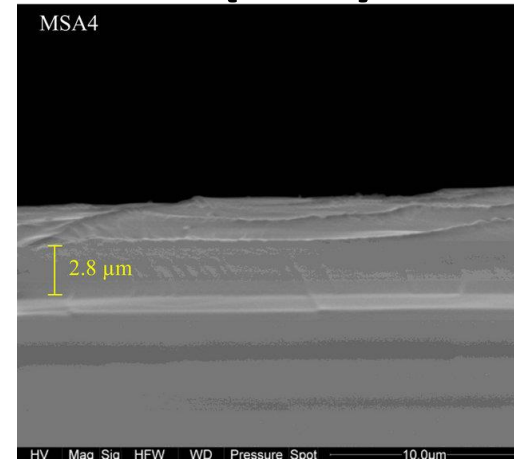
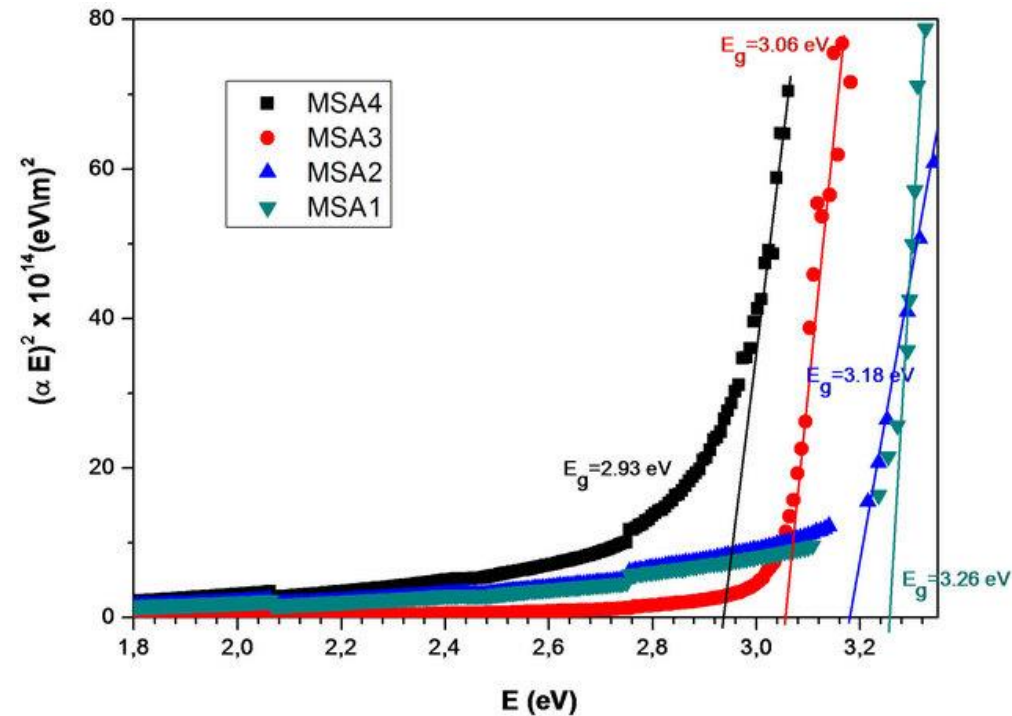
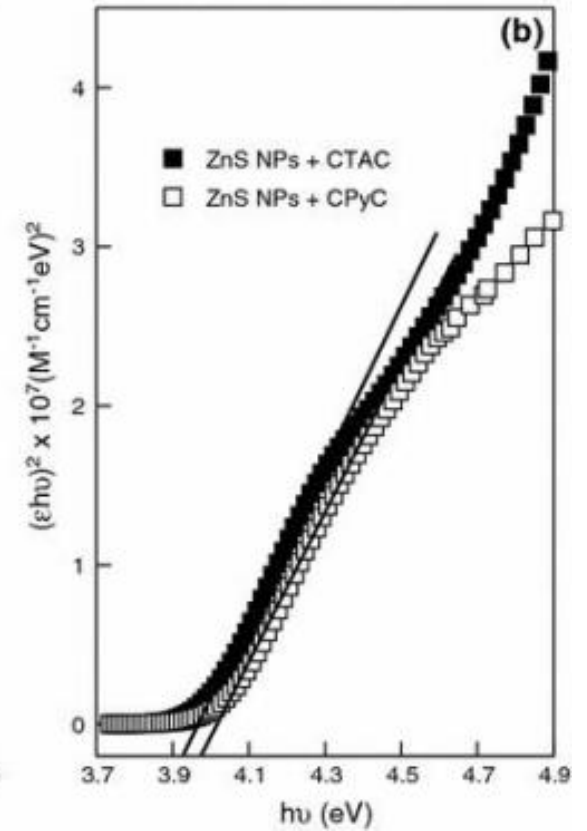
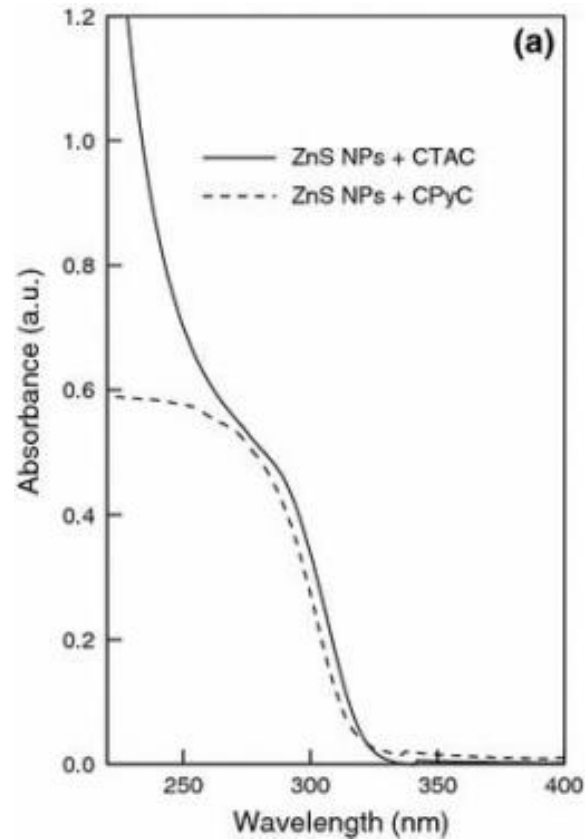
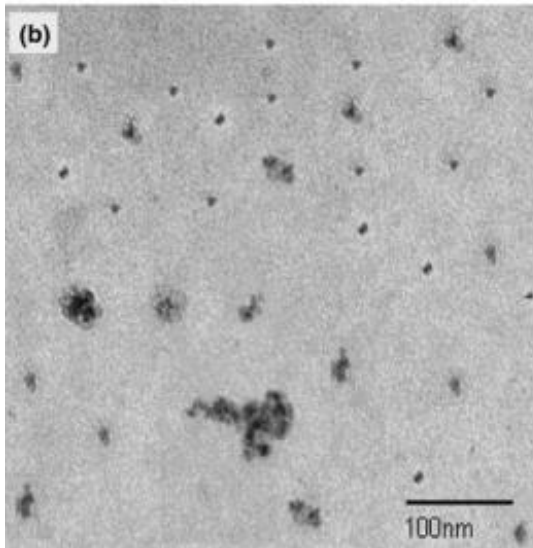
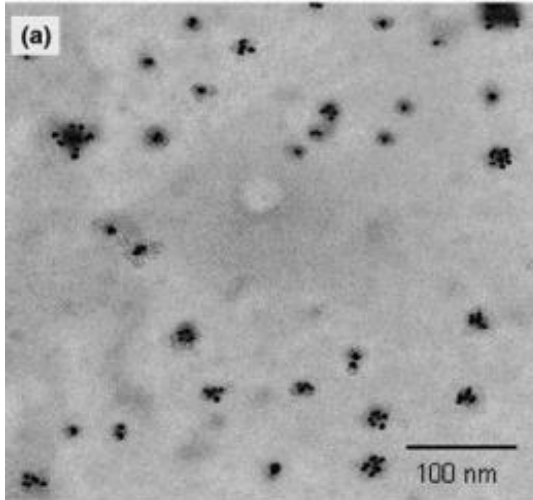


Figure 6

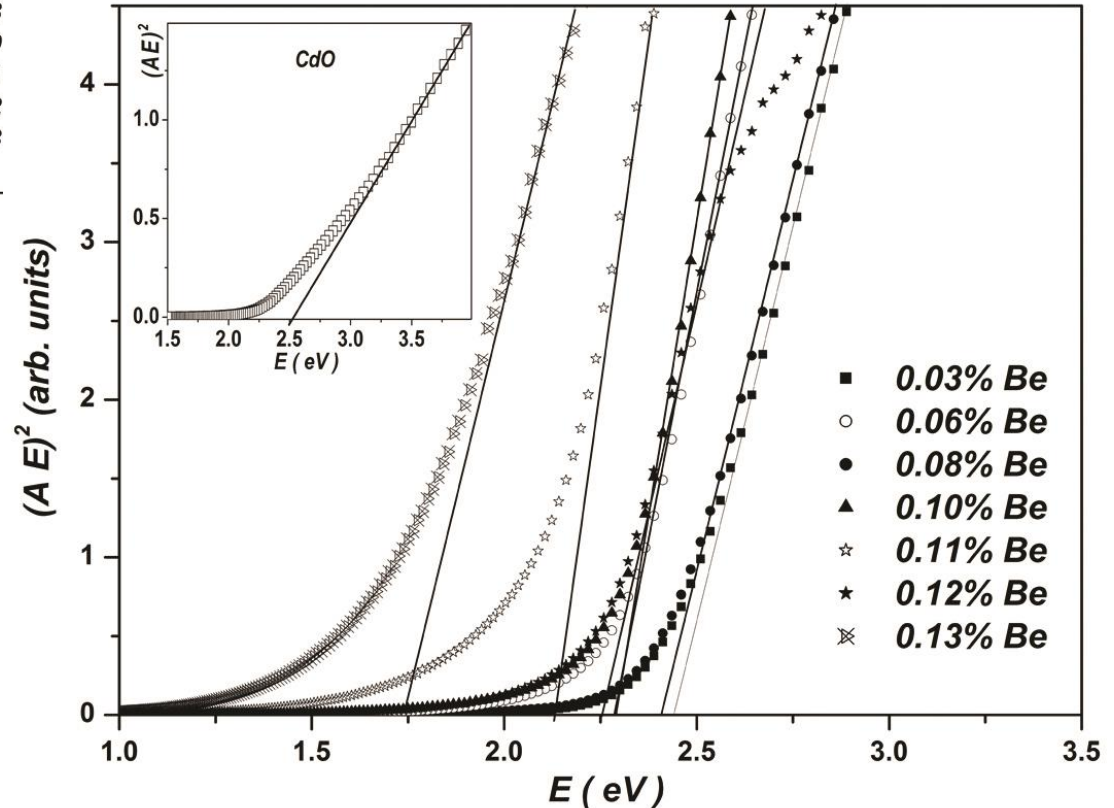
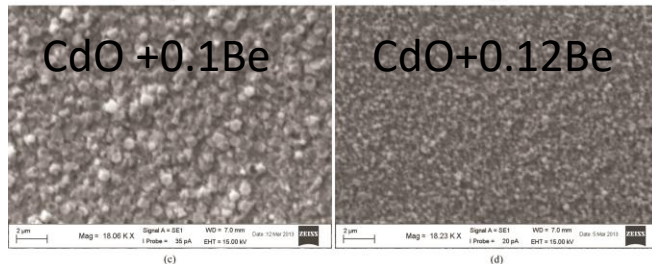
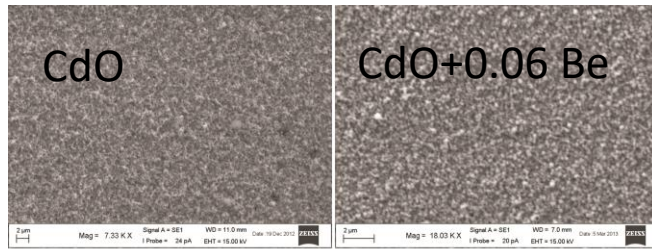
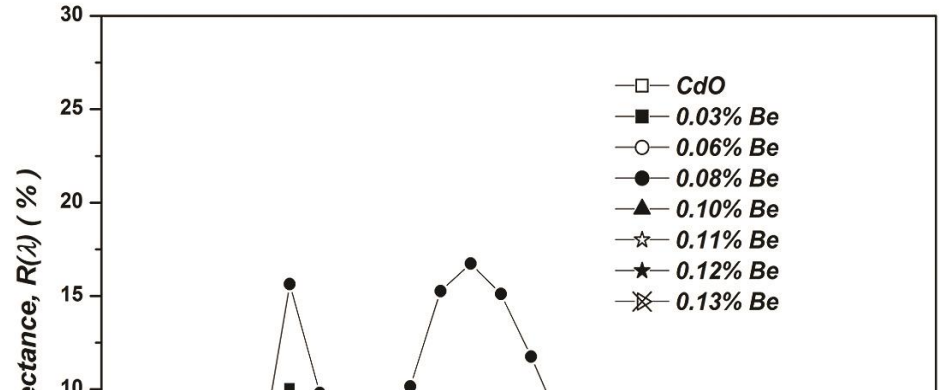
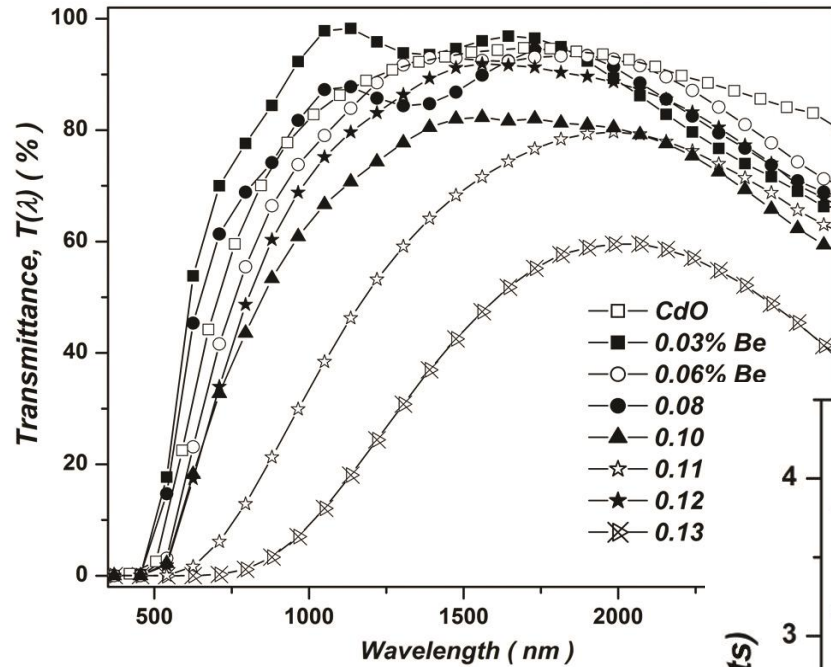
Propiedades ópticas de $\text{Zn}_{(1-x)}\text{Cd}_x\text{O}$



ZnS Nanopartículas, con diferentes surfactantes



Nanoestructuras de CdO dopadas con Be



Dispositivo experimental



DETALLES EXPERIMENTALES

- Calibrar con lámpara de Hg.
- Mantener las condiciones experimentales durante las medidas
- Analizar el sustrato

MATERIALES

- Películas semiconductoras crecidas por diferentes métodos:
 - Multicapas obtenidas por sputtering
 - Efecto del dopaje y del recocido en películas obtenidas por electrodeposición

Referencias

- Tauc, J. (1968). "Optical properties and electronic structure of amorphous Ge and Si". *Materials Research Bulletin* **3**: 37–46. doi:10.1016/0025-5408(68)90023-8.
- J. Tauc, A. Menth, "States in the gap", *Journal of Non-Crystalline Solids, Volumes 8–10, June 1972, Pages 569-585*.
- T.S. Moss, *Proc. Phys. Soc. London* **67** (1954) 775.
- E. Burstein, *Phys. Rev.* **93** (1954) 632.
- M. D. Reyes Tolosa, J. Orozco-Messana, L. C. Damonte, and M. A. Hernandez-Fenollosa "ZnO Nanostructured Layers Processing with Morphology Control by Pulsed Electrodeposition", *J. Electrochem. Soc., Volume 158, Issue 7, pp. D452-D455 (2011)*
- Maria D Reyes Tolosa, Laura C Damonte, Hicham Brine, Henk J Bolink and María A Hernández-Fenollosa "Nucleant layer effect on nanocolumnar ZnO films grown by electrodeposition", *Nanoscale Research Letters* **2013**, *8*:135 doi:10.1186/1556-276X-8-135.
- Mehta SK, Kumar S, Chaudhary S, Bhasin KK. "Effect of Cationic Surfactant Head Groups on Synthesis, Growth and Agglomeration Behavior of ZnS Nanoparticles." *Nanoscale Res Lett.* 2009 Jul 1;4(10):1197-1208.
- Aqeel Aziz Dakhel, "Development of Electrical Conduction with Beryllium Doping of CdO Nanostructure thin Films" *Mat. Res.* vol.18 no.1 Jan./Feb. 2015,