

1 Dpto. de Ingeniería Mecánica y de Materiales, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, (46022), Valencia
2 Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, (46022), Valencia
3 Instituto de Matemática Pura y Aplicada, Universitat Politècnica de València, 46022 Camino de Vera s/n, Valencia
4 Instituto de Ciencia Molecular (ICMol), Universidad de Valencia, Catedrático J. Beltrán 2, 46980 Paterna, Valencia

Introduction

El ZnO es un semiconductor II-IV caracterizado por su buena transparencia, y alta movilidad de electrones, etc., y tiene potenciales aplicaciones en nano-dispositivos tales como diodos emisores de luz, células fotovoltaicas y electrodos conductores transparentes, etc.

En dispositivos opto-electrónicos la nanoestructura de la capa de ZnO juega un rol importante, influyendo sobre el rendimiento de estos. Así pues, es muy importante controlar durante el proceso de crecimiento de la capa de ZnO varios parámetros como la densidad, la morfología y la cristalinidad [1] que afectan de manera sustancial en la nanoestructura de la capa. En este sentido, varios estudios [2,3] demuestran que el uso de una capa intermedia denominada nucleante puede influir positivamente en las propiedades nanoestructurales de la capa que se crezcan sobre ella, para el caso en concreto del ZnO, estas capas mejoran las propiedades morfológicas y ópticas, debido a la aportación de centros de nucleación donde se localiza el crecimiento de la capa nanoestructurada [4], y también disminuir la diferencia entre los coeficientes de expansión entre el material depositado (ZnO) y el sustrato (ITO) durante el proceso de crecimiento del mismo. De esta manera, no se produce el desajuste de la red cristalina entre ellos [5] mejorando las dichas propiedades. Optimizar las propiedades opto-electrónicas de la capa nucleante en el sustrato permite optimizar la capa nanoestructurada que se deposita encima de ella.

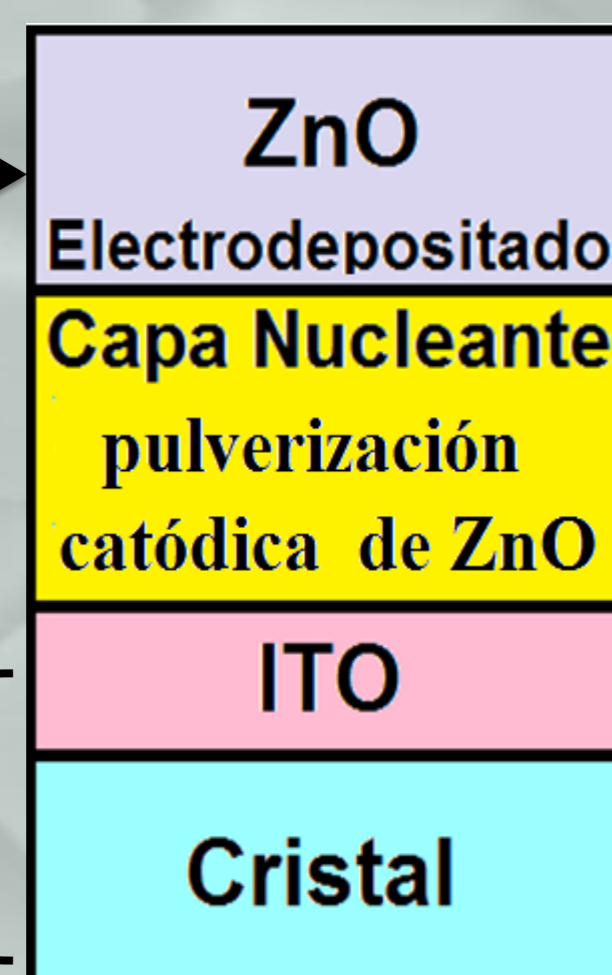
En este trabajo el espesor de la capa nucleante (crecida mediante pulverización catódica en corriente continua) se ha cambiado para variar las propiedades de esta capa para ver cómo influye en las propiedades morfológicas, ópticas y eléctricas de la nanoestructura del ZnO (crecida mediante electrodeposición).

Experimental

Proceso electroquímico de 3 electrodos

- ✓ Electrolito: ZnCl₂ (5·10⁻³M) y KCl (0.1M)
- ✓ Saturada la disolución con O₂
- ✓ Temperatura =70 °C
- ✓ Pulsos de corriente
- ✓ (Frecuencia 0.5 Hz , 600 ciclos)

ITO
Comercial

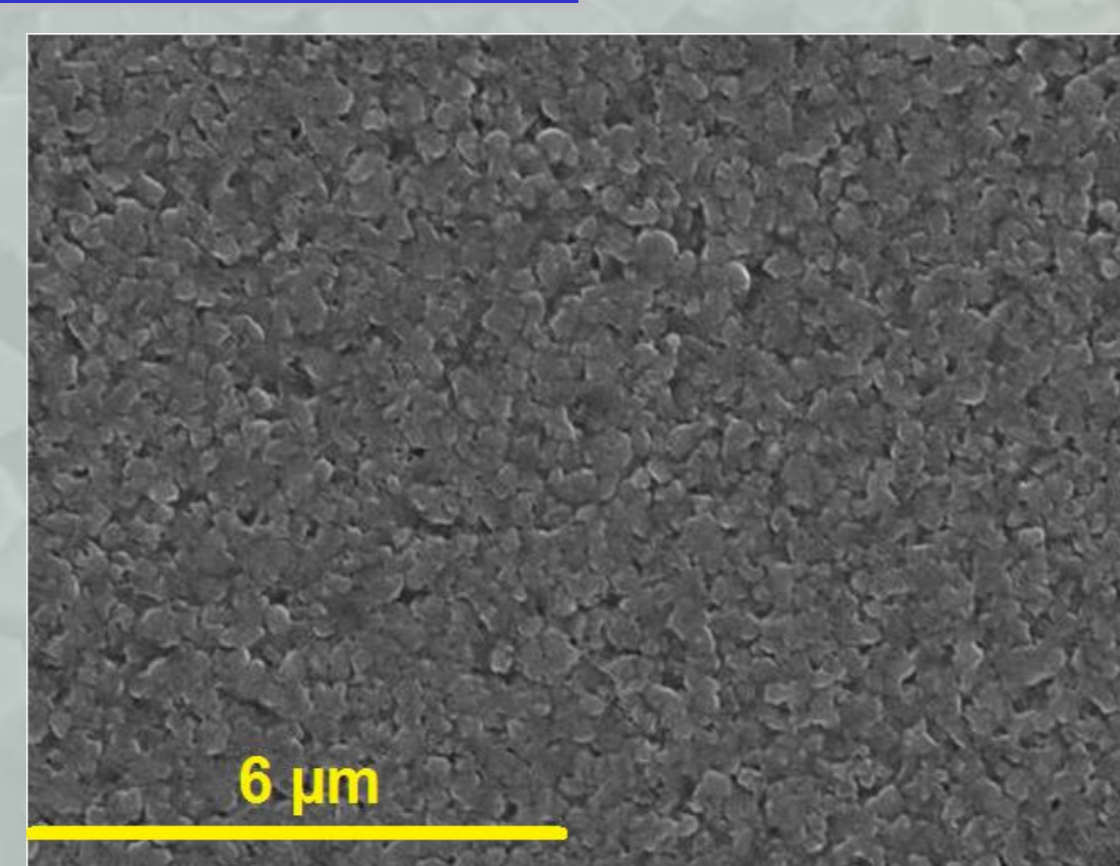


Pulverización Catódica

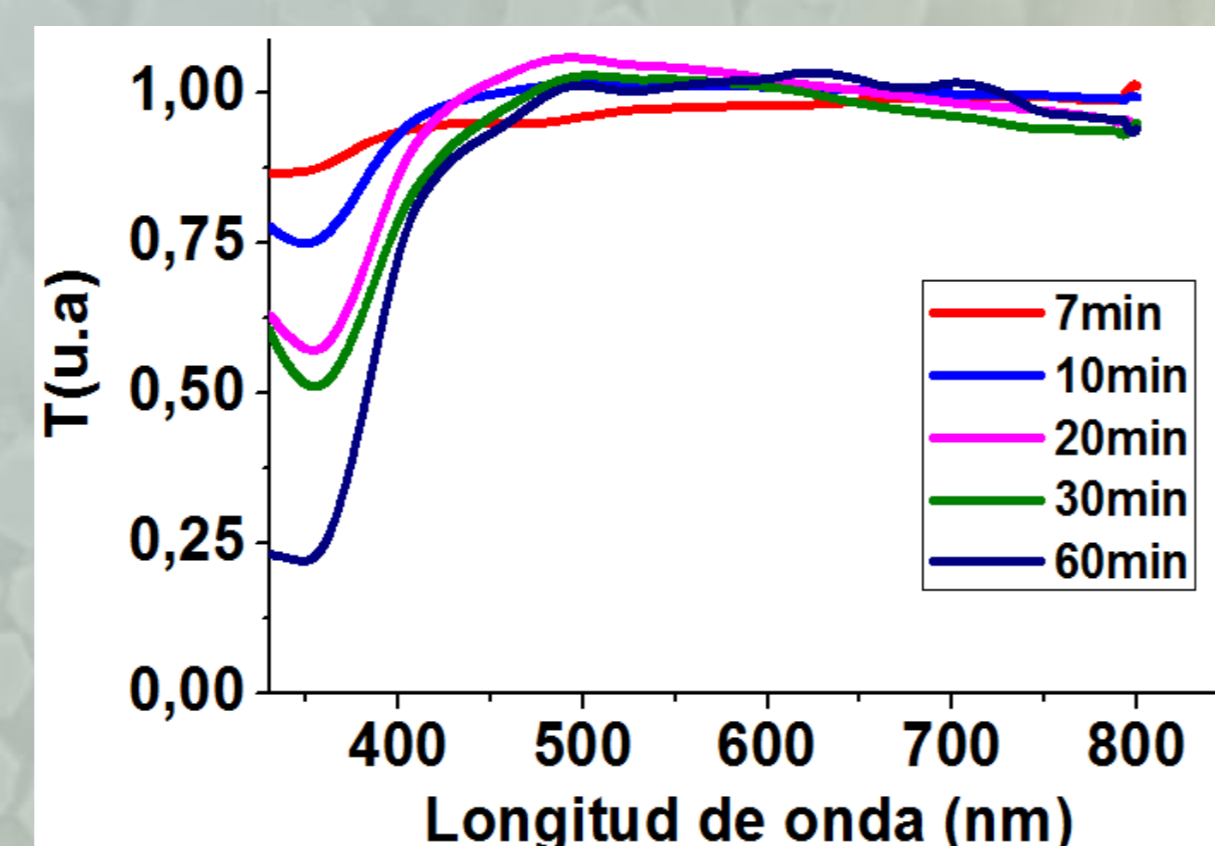
- Cátodo: ZnO.
- Potencia = 100 W,
- P_{Ar} = 2·10⁻² mbar
- Temperatura = 300 °C
- Tiempo de deposito: 7, 10, 20, 30, 60 min

Resultados - La capa nucleante

La imagen SEM de la derecha es un ejemplo del tipo de capa depositada por pulverización catódica durante 60 minutos. Se aprecia la uniformidad y densidad de dicha capa.



Los espectros de transmisión de las muestras de ITO cubiertas de ZnO por pulverización catódica durante diferentes tiempos. Se aprecia un alto grado de transmisión (95-99%) de dicha capa para longitudes de onda superiores a 400 nm.



Resultados – La capa de ZnO Electrodepositado

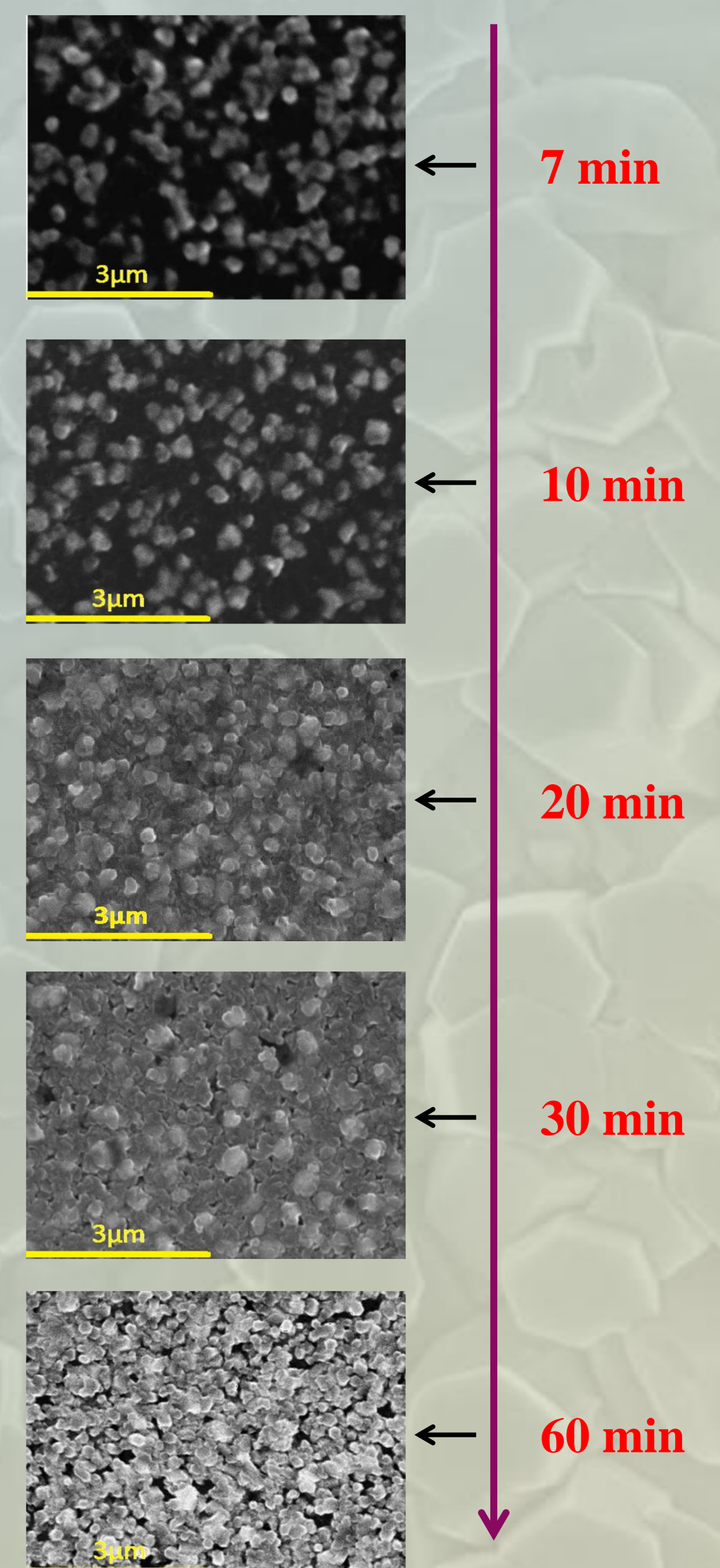
La capa de ZnO no está formada por nanocolumnas hexagonales debido a la rugosidad superficial de la capa nucleante.

Se ven algunas nanocolumnas de ZnO pero la morfología es parecida a la muestra anterior con un aumento en la densidad de material depositado.

Superficie continua homogénea de nanocolumnas hexagonales de ZnO con diámetros de 160 a 190 nm.

Capa continua, homogénea, densa y formada por nanocolumnas de ZnO con rango de diámetros más amplio de 120 a 250 nm.

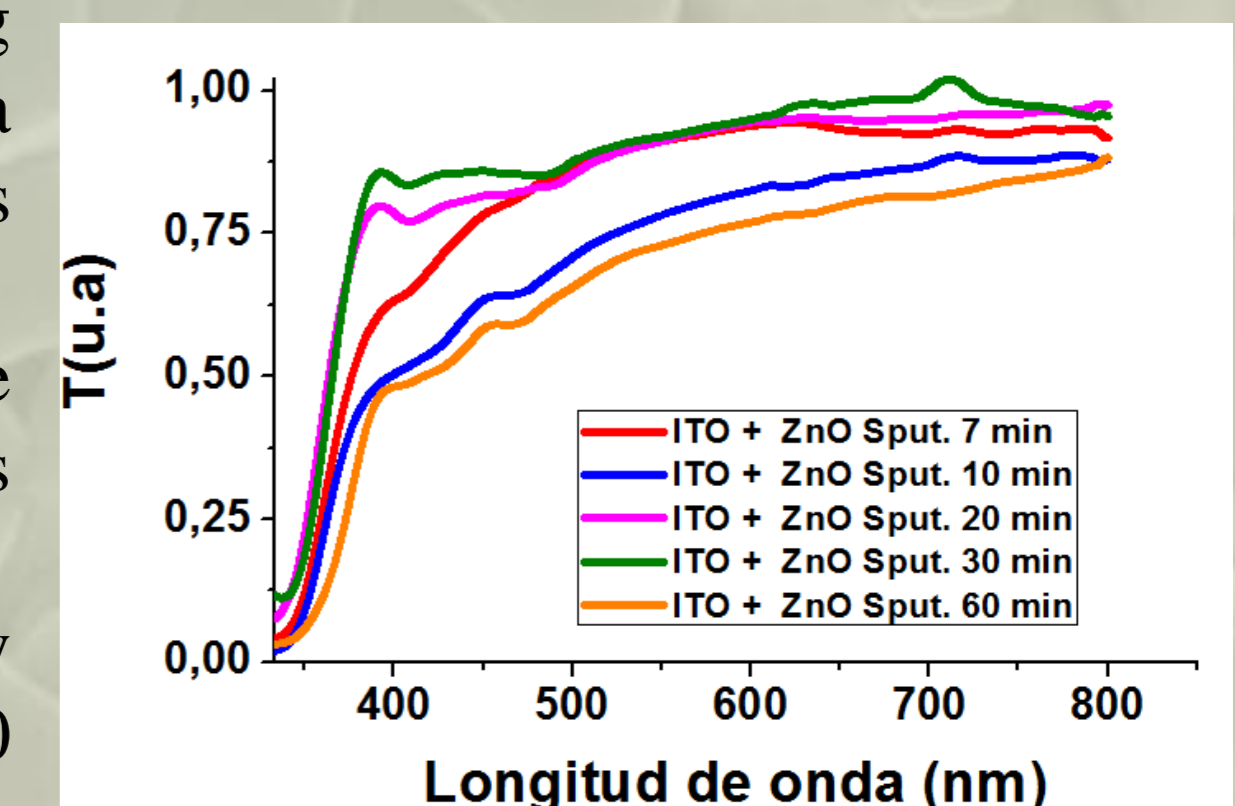
Se han formado nanocolumnas de ZnO y con diámetros de 100 a 180 nm, y con densidad mayor que las anteriores



Tiempo de depósito de la capa nucleante

De los espectros de transmisión óptica concluimos:

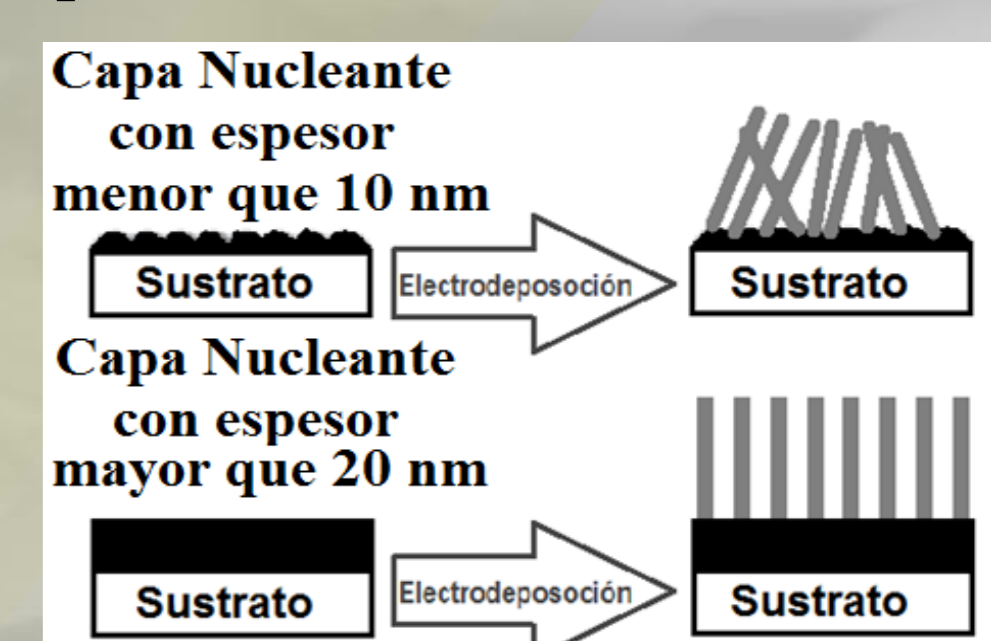
- 1- Las muestras de que tienen en su superficie nanocolumnas de ZnO encima de la capa de sputtering depositadas durante (20 y 30) minutos han mostrado la transmitancia más alta por encima del 85%. Para longitudes de onda mayores que 400 nm
- 3-A pesar de que el ZnO se ha depositado en una forma de nanocolumnas hexagonales pero la muestra de 60 minutos muestra peor transmitancia que las de 20 y 30 min.
- 4- Las muestras con capa nucleante de sputtering muy delgada con menos de 10 nm de espesor (las de 7 y 10 minutos) han tenido peor transmitancia que las muestras de 20 y 30 min.



Conclusiones

Se ha podido depositar capas delgadas de ZnO con diferentes morfologías y tamaño dependiendo del espesor de la capa nucleante, el diámetro de las nanocolumnas de ZnO disminuye y la densidad de las columnas por área aumenta con el aumento del espesor de la capa nucleante.

Con las capas nucleante muy delgadas (menos de 10 nm, las de 7 y 10 minutos), no se ha podido obtener por electrodeposición una capa continua y homogénea de nanocolumnas hexagonales de ZnO y a partir de las capas con espesor mayor a 20 nm (Pulverización catódica durante tiempos a partir de 20 minutos) empiezan a tener la forma nanoestructurada con diámetro 2 a 3 veces más pequeño que el caso de ZnO depositado sin capa nucleante.



Referencias

- [1] M.D. Reyes Tolosa et al./ J. Electrochem. Soc. 2011, 158 : P452-455
- [2] H. Ghayour, et al./ Vacuum 2011, 86: P101-105.
- [3] M. Breedon, et al./ Materials Letters 2010, 64: P291-294.
- [4] S. Wei, et al./ Applied Surface Science 2008, 254: P6605-6610.
- [5] Y.H. Kang, et al./ Materials Letters 2009, 63: P679-682.

Agradecimiento

Este trabajo ha sido posible gracias a l proyecto PROMETEO/2009/074, y al Proyecto Orión UV-CI-12-245

Mutaz Alajami
Instituto de Tecnología de Materiales
Universitat Politècnica de València
Camí de Vera s/n 46071
Valencia – SPAIN
mual@doctor.upv.es