

## Formulación de tintas de ZnO y su aplicación como protector UV

Javier Eliel Morales Mendoza

Asesor: Francisco Paraguay Delgado

Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C.

Laboratorio de óxidos semiconductores-Departamento de física de materiales.

Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, 31109, Chihuahua, Chih., México.

[javier.morales@cimav.edu.mx](mailto:javier.morales@cimav.edu.mx); 6145115533

### Introducción

El óxido de zinc (**ZnO**) es utilizado en: celdas solares, fotocatalizadores, agente biocida, sensado de gases, protector UV, etc. Las tintas de óxidos semiconductores son empleadas en distintas aplicaciones [1], proponemos el uso de **tintas** de ZnO depositadas por **goteo**, obteniendo **recubrimientos** absorbentes de radiación **UV**. Se propone el uso de etilenglicol (**EG**) como medio dispersante de la tinta y presentamos 3 morfologías a incorporar: **plateletas** (PI) obtenidas por el método hidrotérmico, nanopartículas obtenidas directamente por el método coloidal (NpD) y nanopartículas obtenidas por la transformación del ZnO<sub>2</sub> (NpTT) [2]. Las distintas morfologías de ZnO presentan propiedades biocidas [3] y protección UV, al igual que recubrimiento de ZnO, los cuales son usados contra fotodegradación.

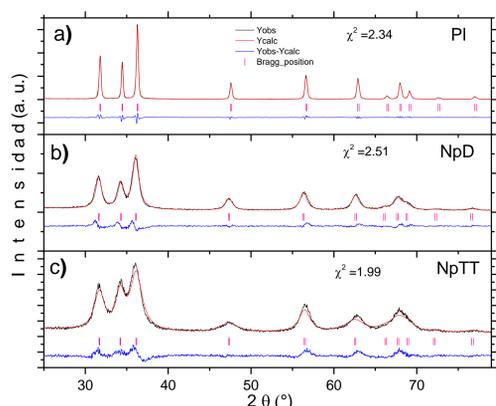


Fig. 1. Refinamiento Rietveld de DRX.

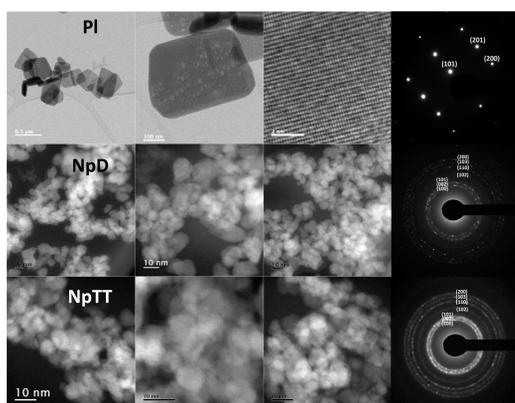


Fig. 2. Micrografías MET y patrones de difracción (SAED)

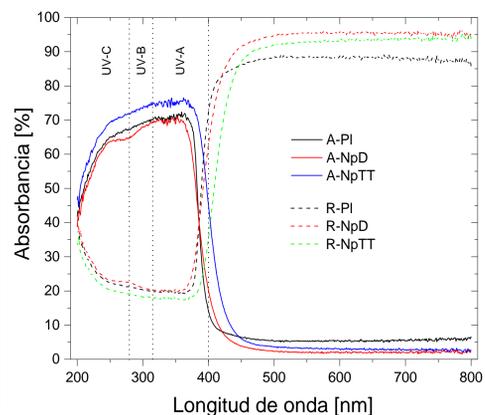


Fig. 3. Espectroscopia UV-Vis por reflectancia difusa

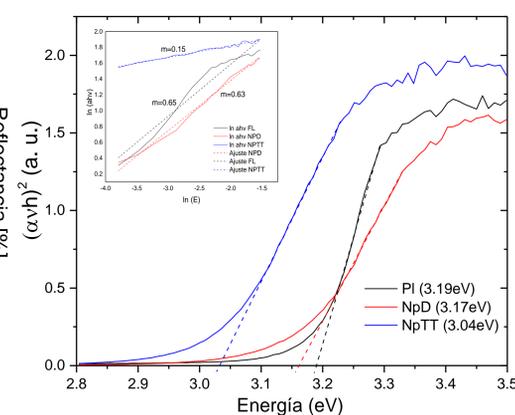


Fig. 4. Gráficas de Tauc por reflectancia difusa

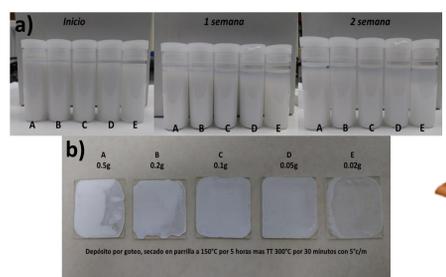


Fig. 5. a) Pruebas de sedimentación, b) recubrimientos obtenidos por goteo y c) esquema de la técnica por goteo

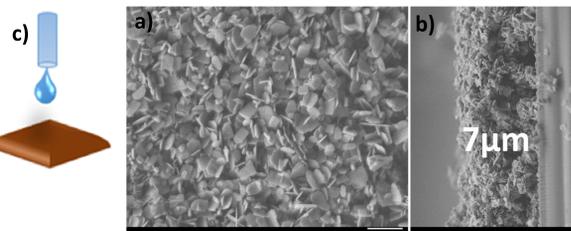


Fig. 6. a) Micrografías por MEB del recubrimiento C y b) sección transversal del mismo.

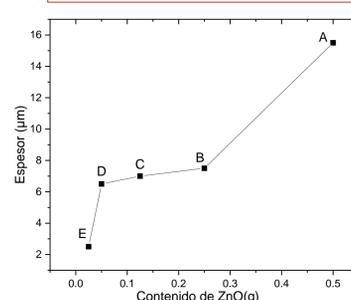


Fig. 7. Relación entre contenido de ZnO y espesor del recubrimiento

$$ahv\frac{1}{n} = A(hv - E_g) = ahv = A(hv - E_g)^n$$

$$\ln(ahv) = n \ln(hv) + \ln(A)$$

$$y = mx + b$$

$$(\alpha hv)^{\frac{1}{n}} \text{ vs } E$$

1/n=1/0.5; Directa permitida; n=2  
1/n=1/1.5; Directa prohibida; n=3/2  
1/n=1/2; Indirecta permitida; n=1/2  
1/n=1/2.5; Indirecta prohibida; n=5/2

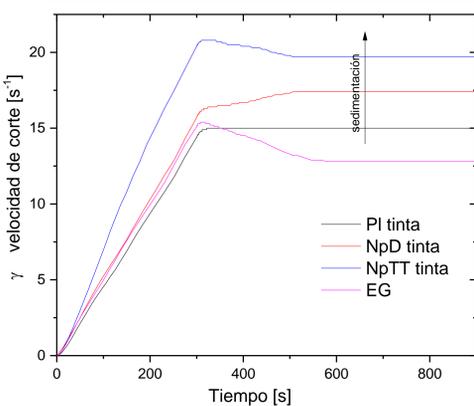


Fig. 8. Pruebas de fluencia

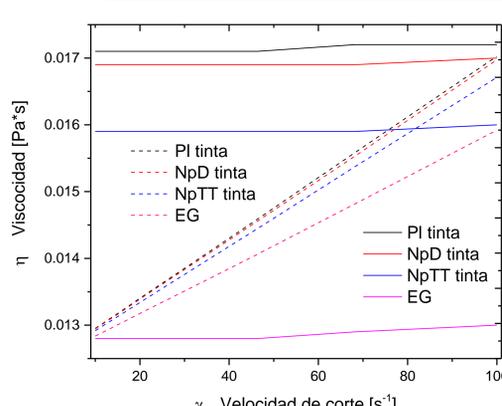


Fig. 9. Curvas de viscosidad y flujo

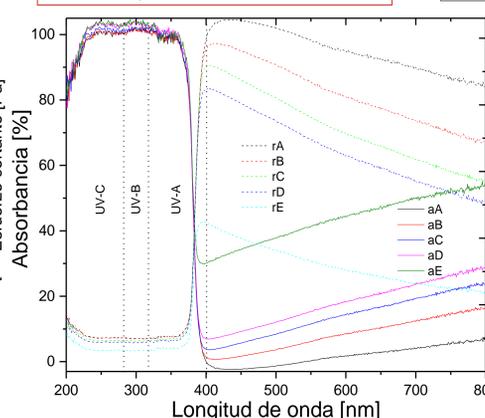


Fig. 10. Espectroscopia UV-Vis de recubrimientos (PI) por reflectancia

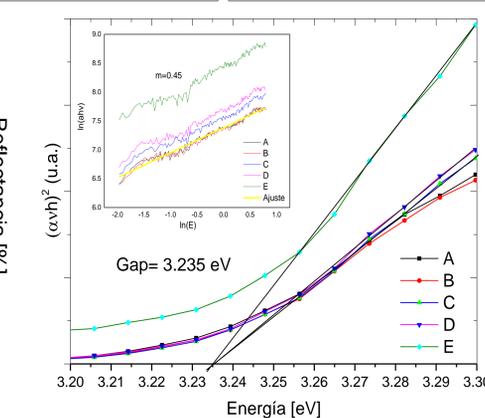


Fig. 11. Gráficas de Tauc para recubrimientos (PI)

### Resultados y Discusión

La Fig. 1 muestra los refinamientos Rietveld de DRX para PI, NpD y NpTT, obteniendo tamaños de cristal de 35.3±0.1, 7.2±1.3 y 7.1±3nm, respectivamente. Los resultados de MET y difracción de electrones (SAED) se muestran en la Fig. 2, obteniendo tamaños para PI 270±60 (lado)\*47±7nm (espesor), 10±2nm para NpD y 8±2nm para NpTT; además de un carácter monocristalino para PI y policristalino para NpD y NpTT. La Fig. 3 muestra que PI y NpD absorben en la región UV entre 220 y 380nm y la muestra NpTT presenta un corrimiento hacia la región visible. En la Fig. 4 calculamos el valor del Gap para PI, NpD y NpTT, obteniendo 3.19, 3.17 y 3.04 eV, respectivamente. Además determinamos el tipo de transición interbanda que presenta el ZnO. Los cambios en las propiedades ópticas de la muestra NpTT se atribuyen a la presencia de vacancias de oxígeno [4]. Basados en los resultados de reología de las Fig. 8 y 9 determinamos que las PI son la mejor opción para formular las tintas. La Fig. 10 y Fig. 11 nos muestra que los recubrimientos de ZnO absorben en la región UV, tienen un Gap de 3.235 eV y presentan transiciones directas. Las tintas se formularon con la morfología de plateletas debido a que presenta una mejor dispersión y homogeneidad en la tinta, obteniendo recubrimientos con diferentes espesores.

### Conclusión

Se presenta la síntesis de dos morfologías de ZnO (PI y NpD) y se muestra un método alternativo de obtener nanopartículas de ZnO, mediante la calcinación de ZnO<sub>2</sub> (NpTT). La morfología de PI funciona mejor para la formulación de las tintas con un 1% en peso de ZnO (C). La muestra NpTT presenta un cambio en el valor de la absorbancia y el gap atribuido a las vacancias de oxígeno. Las transiciones interbanda para el ZnO son directas. Los recubrimientos obtenidos presentan absorción en la región UV y presenta buena homogeneidad.

### Referencias

- [1] P. Swaminathan et al. Top-down synthesis of zinc oxide based inks for inkjet printing. RSC Adv., 7, 39411, 2017.
- [2] J.E. Morales-Mendoza et al. Structure and Optical Properties of ZnO and ZnO<sub>2</sub> Nanoparticles. Journal of Nano Research, 56, 49-62, 2019.
- [3] F. Paraguay-Delgado, Shape-dependent antifungal activity of ZnO particles against phytopathogenic fungi, Applied Nanoscience, 13 Agosto 2019.
- [4] Jing Wang et al. Synthesis, properties and applications of ZnO nanomaterials with oxygen vacancies: A review. Ceramics International 44, 7357-7377, 2018.