

---

## EFFECTO DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN TRANSISTORES DE PELÍCULA DELGADA POLIMÉRICOS

*Dr. Luis Martín Reséndiz Mendoza<sup>1</sup>*

*M. en T. A. Cesar Adrián Pons Flores<sup>2</sup>*

*Dr. Jesús Israel Mejía Silva<sup>3</sup>*

*Dr. Víctor Cabrera Arenas<sup>1</sup>*

*Armando Zapién Contreras<sup>4</sup>*

*Omar Ramírez Sánchez<sup>4</sup>*

*lresendiz@ipn.mx,*

*<sup>1</sup>SEPI-UPIITA, Instituto Politécnico Nacional*

*<sup>2</sup>SEES, CINVESTAV IPN*

*<sup>3</sup>Depto. OF Mat. SCI. and ENG., University of Texas At Dallas*

*<sup>4</sup>Ing. Mecatronica UPIITA, Instituto Politécnico Nacional*

### **Abstract**

*En este trabajo se analiza el efecto de la degradación del material semiconductor sobre las características eléctricas de transistores de películas delgadas poliméricas. Se analizaron transistores con tres diferentes espesores de capa activa (50, 100 y 150 nm). Después de dos meses que los transistores permanecieron al medio ambiente el desempeño eléctrico de los dispositivos se vio afectado, la movilidad de los portadores de carga disminuyó en un orden de magnitud mientras que el voltaje de umbral se desplazó hacia valores positivos.*

### **I. Introducción**

Los transistores de película delgada (TFT por sus siglas en inglés) son dispositivos electrónicos semiconductores ampliamente utilizados en la actualidad en los monitores de pantallas planas de televisores, computadoras portátiles y celulares en donde los TFTs controlan cada uno de los pixeles que conforman el monitor.

Los transistores de película delgada son dispositivos de tres terminales (drenaje, fuente y compuerta) que utilizan como capa activa diferentes materiales semiconductores; por ejemplo, silicio amorfo y policristalino, óxidos metálicos semiconductores y en la última década los semiconductores poliméricos han recibido gran atención.

Las principales ventajas de los transistores de película delgada de materiales poliméricos (PTFTs) son: bajo consumo de potencia, peso ligero y bajo costo debido a que se utilizan procesos a baja temperatura para su fabricación, por lo que su estructura puede ser desarrollada sobre sustratos flexibles o transparentes.

Sin embargo, los PTFTs presentan también algunas desventajas; por ejemplo, bajas velocidades de conmutación y un alto deterioro de sus propiedades eléctricas debido a efectos de degradación [1-3].

## II. Desarrollo

Los transistores de películas delgadas poliméricas utilizados en este trabajo se fabricaron en los laboratorios del Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería de la Universidad de Dallas en Texas. Como sustrato se utilizó una oblea de silicio tipo "p" altamente dopada a la cual se le depositó una capa de aluminio en un lado de la misma para crear el electrodo común de compuerta. Primero se depositó parileno-C sobre óxido de silicio crecido térmicamente para formar una bicapa dieléctrica de compuerta. Después, se depositó la capa activa del semiconductor polimérico (pentaceno). Y, por último, se depositaron los contactos de oro de fuente y drenaje, Fig. 1.

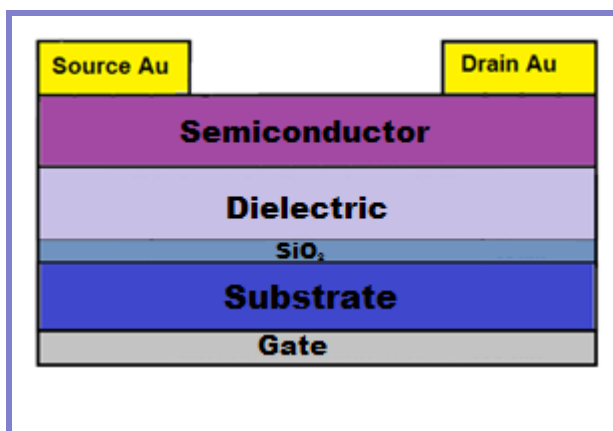


Fig.1 Sección transversal de PTFTs experimentales

Los transistores se caracterizaron inmediatamente después de ser fabricados. Para medir las características eléctricas del transistor se utilizó el sistema "Keithley 4200 semiconductor characterization system" con este sistema se miden las corrientes de drenaje cuando se aplican diferentes rangos de voltaje en el drenaje y en la compuerta en condiciones de oscuridad, Fig. 2. Como se puede observar las características eléctricas muestran una dependencia con el espesor de la capa activa.

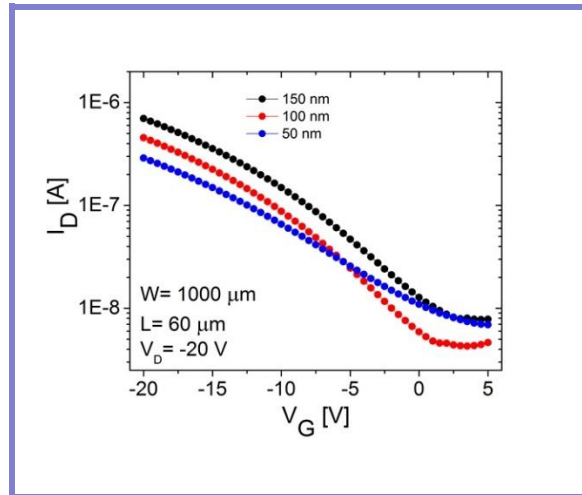


Fig. 2. Características eléctricas de PTFTs con tres espesores diferentes de capa activa

Con el método de extracción de parámetros desarrollado por nuestro grupo de investigación, se obtienen parámetros importantes ligados con el rendimiento del transistor; uno de ellos es la movilidad de los portadores, parámetro que se relaciona con la velocidad de conmutación de los transistores, el otro parámetro que se extrae es el voltaje de umbral el cual está directamente relacionado con el consumo de energía [4-5].

Los transistores se mantuvieron en oscuridad expuestos al medio ambiente, se midieron después de uno y dos meses de ser fabricados con la finalidad de determinar los cambios relacionados con la degradación ambiental de sus propiedades eléctricas con el paso del tiempo.

La degradación del semiconductor polimérico se ve reflejada en el comportamiento eléctrico de los transistores con una disminución del valor de movilidad en un orden de magnitud y un incremento en el valor del voltaje de umbral, Tabla 1. Es decir, los transistores mostrarían una menor velocidad de conmutación de estados (encendido-apagado) y un mayor consumo de energía al emplearlos para el control de los píxeles de pantallas. Este tipo de comportamiento se le atribuye a ingreso de oxígeno y moléculas de agua al pentaceno, lo que crea defectos en el material que limitan su desempeño [6-7].

Tabla 1. Comportamiento de la movilidad y del voltaje de umbral de PTFTs, considerando dos meses de análisis

Mes	Movilidad [cm <sup>2</sup> /V s]	Voltaje de umbral [V]
0	3e-2	-3.1
1	8e-3	-3.3
2	2e-3	-4.9

### III. Conclusiones

Se realizó un análisis de los efectos de la degradación ambiental sobre el comportamiento eléctrico de transistores de películas delgadas poliméricas. Las características eléctricas de los dispositivos presentan dependencia con el espesor de la capa activa. Tanto el oxígeno como la humedad del medio ambiente contribuyen a la degradación de la capa activa afectando el desempeño de los transistores. Los PTFT siguieron funcionando después de dos meses, sin embargo la exposición al medio ambiente en este periodo de tiempo resulta en una disminución de la movilidad de los portadores en un orden de magnitud y en un incremento del voltaje de umbral, lo que afecta su uso en aplicaciones comerciales.

### IV. Referencias

- [1] V.H. Martinez-Landeros, Degradation of pentacene deposited on gold, aluminum and parylene surfaces: Impact of pentacene thickness, *Thin Solid Films* 531 (2013), 398.
- [2] C. Pannemann, T. Diekmann, U. Hilleringmann, Degradation of organic field-effect transistors made of pentacene, *J. Mat. Res.*, 19 (2004), 1999.
- [3] D. Simeone, M. Rapisarda, G. Fortunato, A. Valletta, L. Mariucci, Influence of structural properties on environmental stability of pentacene thin film transistors, *Organic Electronics* 12 (2011), 447.
- [4] L. Reséndiz, M. Estrada, A. Cerdeira, "New procedure for the extraction of a-Si:HTFTs model parameters in the subthreshold region", *Solid State Electronics*, 47, 2003, pags. 1351-1358.
- [5] M. Estrada, A. Cerdeira, J. Puigdollers, L. Reséndiz, J. Pallares, L.F. Marsal, C. Voz, B. Iñiguez, "Accurate modeling and parameter extraction method for organic TFTs". *Solid State Electronics*, 2005, pags.1009-1016.
- [6] J.E. Northrup, M.L. Chabiny, Gap states in organic semiconductors: Hydrogen- and oxygen-induced states in pentacene, *Phys. Rev. B* 68 (2003), 041202(R).
- [7] G.G. Malliaras, Humidity sensors based on pentacene thin-film transistors, *Appl. Phys. Lett.* 81(24), (2002).