

# Internet Electronic Journal\*

## Nanociencia et Moletrónica

Junio 2014, Vol. 12, N°1, pp. 2081-2100

### **Estudios sobre caracterización eléctrica en películas delgadas de semiconductores orgánicos tipo n**

**Arturo Sosa-Sánchez\*, José L. Sosa-Sánchez\*, Luis A. Ortega-Jiménez\*, F. Flores  
Gracia\*, J. Elías Jiménez-Salgado\*\*, María de los Ángeles Velasco\*\*, Maritza Méndez  
Hernández\*\*, Manuel A. Cordero González\*\*.**

\* Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Benemérita  
Universidad Autónoma de Puebla.

\*\* Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

e-mail: [asosa56@yahoo.com.mx](mailto:asosa56@yahoo.com.mx)

recibido: 16.01.14

publicado: 31.07.14

Citation of the article;

Arturo Sosa-Sánchez, José L. Sosa-Sánchez, Luis A. Ortega-Jiménez, F. Flores Gracia, J. Elías Jiménez-Salgado, María de los Ángeles Velasco, Maritza Méndez Hernández, Manuel A. Cordero González.  
Internet Electron. J. Nanoc. Moletrón. 2014, Vol. 12, N° 1, pp 2081-2100

---

Copyright © BUAP 2014

## Estudios sobre caracterización eléctrica en películas delgadas de semiconductores orgánicos tipo n

**Arturo Sosa-Sánchez\*, José L. Sosa-Sánchez\*, Luis A. Ortega-Jiménez\*, F. Flores Gracia\*, J. Elías Jiménez-Salgado\*\*, María de los Ángeles Velasco\*\*, Maritza Méndez Hernández\*\*, Manuel A. Cordero González\*\*.**

\* Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

\*\* Facultad de Ingeniería Química de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.  
e-mail: [asosa56@yahoo.com.mx](mailto:asosa56@yahoo.com.mx)

### Resumen.

Se ha investigado la obtención de películas de semiconductores orgánicos tipo n, para caracterizarlas eléctricamente. Sintetizando y caracterizando dos derivados de la ftalocianina de zinc (ZnPc) incluyendo un nuevo derivado soluble. Estudiando las propiedades eléctricas J-V en películas delgadas de ZnPc, F<sub>16</sub>ZnPc, y (CN)<sub>y</sub>F<sub>x</sub>ZnPc en un rango de voltaje de -50 a +50 Volts a diferentes temperaturas.

Por medio de diferentes estructuras como son ITO-ZnPc-Au, ITO-F<sub>16</sub>ZnPc-Au, ITO-(CN)<sub>y</sub>F<sub>x</sub> ZnPc-Au, Vidrio-Au-ZnPc, Vidrio-Au-F<sub>16</sub>ZnPc y vidrio-Au- (CN)<sub>y</sub>F<sub>x</sub> ZnPc y estudiar su tipo de conductividad usando la técnica de termopotencia.

**Palabras clave:** Ftalocianina de zinc (ZnPc), conducción, voltaje y termopotencia.

### 1. Introducción.

Las ftalocianinas (Pcs) pertenecen a una clase de compuestos orgánicos que tienen una amplia versatilidad en aplicaciones tecnológicas, destacándose su uso en dispositivos electrónicos y en la terapia fotodinámica del cáncer. Presentan propiedades físicas como: un color intenso, actividad redox, tienen gran estabilidad química, son estables a temperaturas altas (más de 300 °C en vacío), en su mayoría carecen de toxicidad y son sensibles a la presión y a la luz por lo que pueden ser usadas en la fabricación de dispositivos semiconductores. También presentan actividad óptica como la electroluminiscencia [1, 2, 3].

La mayoría de los estudios sobre semiconductores orgánicos, las Pcs son tratadas solamente como semiconductores tipo p (materiales conductores por huecos). Los semiconductores orgánicos tipo n a base de Pcs son muy poco comunes. Sin embargo los materiales tipo n también son necesarios en la construcción de uniones p-n como por ejemplo en celdas solares.

Las Pcs pueden ser depositadas en forma de películas delgadas a alto vacío o también por medio de spin coater cuando son solubles. Se observa que estas transportan carga

rápidamente a lo largo de las columnas debido a una movilidad extremadamente alta de huecos dentro de la columna ( $1.7 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{V s}$ ).

Existen trabajos reportados donde las MPcs también han sido usadas como sensores ópticos y de presión.

Los detectores de gas basados en algunas películas de ftalocianinas diferentes han sido desarrollados. Aunque el uso de las ftalocianinas para la detección de gases es bien apreciado, los procesos básicos de conducción eléctrica observados en esos materiales, dependen de varios factores como son el tipo de las especies de ftalocianinas, la fase de los cristales que comprenden las películas, el espesor de las películas y el material de los electrodos.

Entre los tipos de conductividad que se observan en las Pcs, está la corriente limitada por la carga espacial (SCLC), efectos a campo-bajo como los efectos Schottky y Poole-Frenkel y las conductividades de tipo de saltos, tuneleo y tipo diodo [4, 5]. En el caso del comportamiento a campo bajo la emisión de Schottky se identificó a voltajes más bajos y tiene una altura de barrera de 1 eV.

La emisión Poole-Frenkel se identificó a voltajes más altos [4, 5]. En las medidas efectuadas en el presente trabajo, estas se han hecho para investigar los mecanismos de la conducción en las ftalocianinas.

## 2. Parte Experimental.

La química de las Pcs ha tenido un desarrollo importante, mejorando métodos de síntesis y empleando técnicas de calentamiento diferentes a las convencionales para efectuar reacciones de síntesis y de sustitución, mejorando el tiempo de reacción, el rendimiento y pureza. Las Pcs usadas en este estudio se prepararon por la técnica no convencional de microondas y con calentamiento convencional en atmósfera inerte (nitrógeno) usando ftalonitrilo y ftalonitrilo perfluorado y sal metálica como  $\text{ZnCl}_2$  para las metalo-ftalocianinas (MPcs) [6]. La caracterización óptica de estas Pcs fue hecha por las técnicas de UV-Vis e IR y masas.

Las películas de las Pcs de  $\text{ZnPc}$ ,  $\text{F16ZnPc}$ ,  $(\text{CN})_y\text{F}_x \text{ZnPc}$ , se depositaron en substratos de vidrio al cuál se le deposito oro, vidrio depositado ito estas ftalocianinas para observar si existen cambios en la conductividad debido al cambio en la estructura por agregación de un átomo central y sustituidas en los anillos aromáticos con flúor y grupos ciano por el tamaño de este así como las características que este presenta, además de buscar la compatibilidad con los materiales electrónicos convencionales.

Los substratos fueron limpiados con agentes desengrasantes como acetona y metanol y las Pcs fueron depositados por sublimación con un equipo Edwards Auto 306 en vacío a  $2.0 \times 10^{-5}$  torrs y con un spin coater. Los espesores de las películas fueron en el intervalo de 350 a 450 nm y estos fueron medidos con un equipo Tencor Instruments Alfa Step 200.

Se depositaron por evaporación electrodos redondos de Al con espesor de 1  $\mu\text{m}$  y áreas diferentes.

Las medidas eléctricas se realizaron a temperatura ambiente. Se hicieron medidas de corriente-voltaje usando un electrómetro programable Keithley 617. Todas las muestras se pusieron en la oscuridad para eliminar efectos fotoeléctricos. Se hicieron medidas de Capacitancia-voltaje con un equipo de Materials Development Corporation (MDC) que tiene un electrómetro programable Keithley 617 y un capacitómetro BONTON 7200.

### 3. Resultados y discusión.

#### 3.1 Caracterización óptica.

La caracterización de los compuestos obtenidos fue realizada utilizando las Espectroscopias de infrarrojo (IR) y ultravioleta-visible (UV-Vis) además de masas. Para el caso de las ftalocianinas metálicas, los resultados de las espectroscopias, afortunadamente, son inequívocos y nos proporcionan la identidad de estos compuestos, así como del grado de pureza de los mismos.

En la espectroscopia UV-Vis el espectro de las Pcs muestran absorciones en la región entre 600-700 nm. En la figura 3.1 se muestran los espectros para las ftalocianinas de zinc (ZnPc), F16ZnPc, (CN)<sub>y</sub>F<sub>x</sub> ZnPc donde se muestran las bandas principales, las bandas a 675, 699 y 634 asignadas a la banda Q, las absorciones debajo de 500 correspondientes a la banda B.

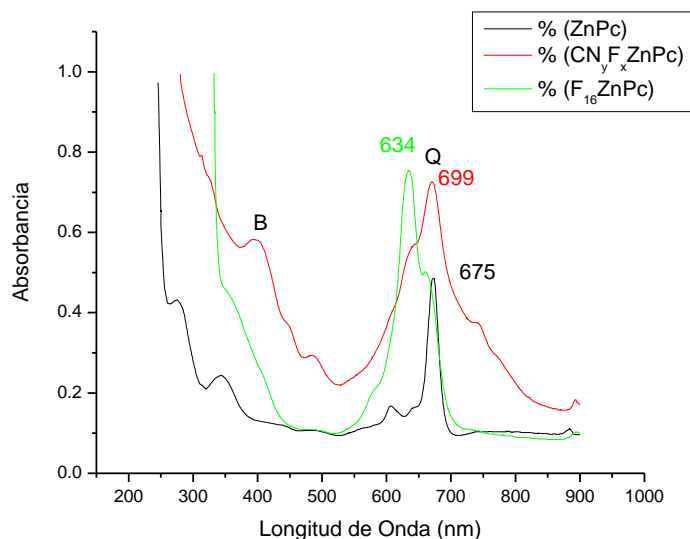


Fig.3.1. Espectros de UV-vis de las ftalocianinas zinc (ZnPc), y sustituidas mostrándose los picos característico y las deformaciones de las bandas por los sustituyentes.

Los espectros de IR de las  $Pc_s$  en la obtención de los espectros de IR se usó un equipo de IR con transformada de Fourier Marca BRUKER, modelo vector 22, se analizaron usando pastillas de KBr anhidro con muestras de  $Pc_s$

Estos espectros exhiben bandas características de las absorciones del macrociclo de la ftalocianina; vibración C-H bending entre  $724-777\text{ cm}^{-1}$ ; vibración C-H fuera del plano entre  $1060-1190\text{ cm}^{-1}$ ; vibraciones por alargamiento del grupo C=C entre  $1600-1620\text{ cm}^{-1}$ ; así como las bandas debidas a la a la vibración metal-nitrógeno para las metalo-ftalocianinas que aparecen en la región del IR lejano ( $400-300\text{ cm}^{-1}$ ). Estos espectros se observan en las figuras 3.2, 3.3 y 3.4 respectivamente.

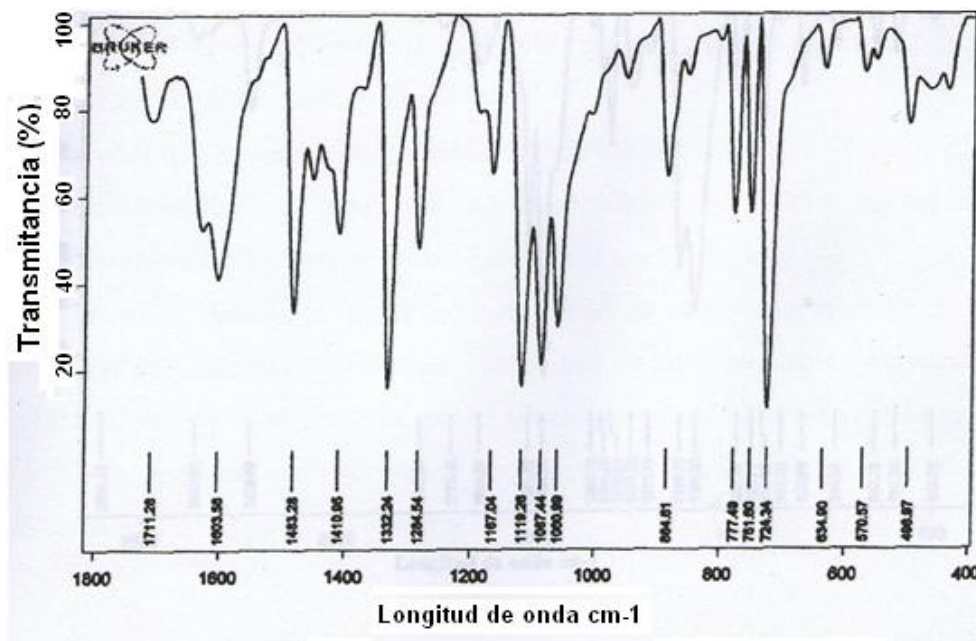


Fig. 3.2. Espectro de IR de la ftalocianina zinc, aquí se observa el pico característico de la ftalocianina el cual se observa en la  $\lambda$  de  $884\text{ cm}^{-1}$ .

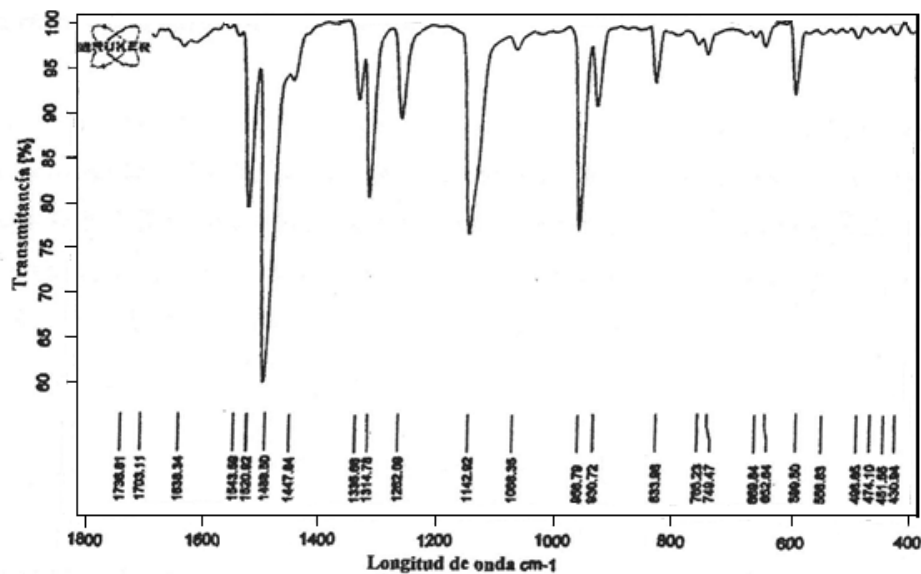


Fig. 3.3. Espectro de IR de la ftalocianina perfluorada de zinc ( $F_{16}ZnPc$ ), aquí se observa el pico característico de la ftalocianina metálica el cual se observa en la  $\lambda$  de  $833.9\text{ cm}^{-1}$ .

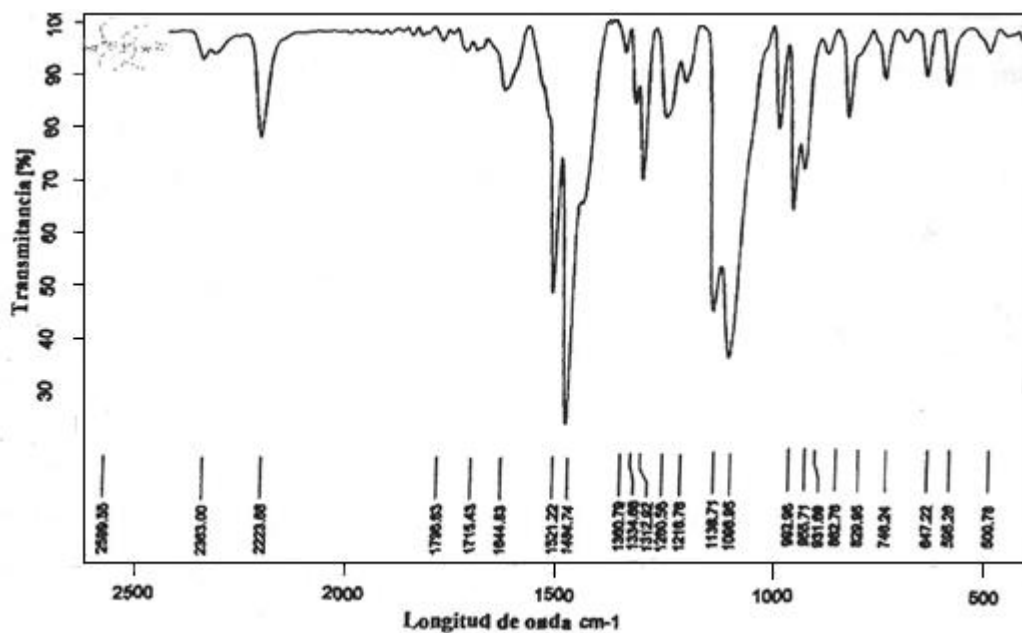


Fig. 3.4. Espectro de IR de la ftalocianina sustituida de zinc ( $CN_y F_x ZnPc$ ), aquí se observa el pico característico de la ftalocianina metálica el cual se observa en la  $\lambda$  de  $829.9\text{ cm}^{-1}$ .

La espectrometría de masas muestra que el ion molecular de la ftalocianina de cobre (CuPc) (fig. 5) que aparece en 577-578 m/z con una intensidad relativa de 5 % y corresponde a la masa total del mismo compuesto ver fig 3.5.

Posteriormente se observa que se fragmenta la molécula con pérdida de dos grupos *nitrilo* y el átomo de cobre observándose una señal en 460 m/z, además en una secuencia se obtiene una señal correspondiente a la masa del ion molecular de la especie ftalonitrilo en 144 - 146 m/z, con una intensidad relativa del 100%.

Se observan algunas otras señales de rupturas como la señal a 408 m/z que equivale a una ruptura de 4 nitrógenos y 4 carbonos, así como señales a 76 m/z correspondientes a un ion de un anillo bencénico con 4 hidrógenos (ver espectro de masas).

Para la ftalocianina de zinc perfluorada ( $F_{16}ZnPc$ ) el ion molecular se muestra en 881-882 m/z con una intensidad relativa de 3 % y corresponde a la masa total del mismo compuesto ver fig. 3.6.

Posteriormente se observa que se fragmenta la molécula con pérdida de dos grupos *nitrilo* y el átomo de cobre observándose una señal en 460 m/z, además en una secuencia se obtiene una señal correspondiente a la masa del ion molecular de la especie ftalonitrilo en 144 - 146 m/z, con una intensidad relativa del 100%.

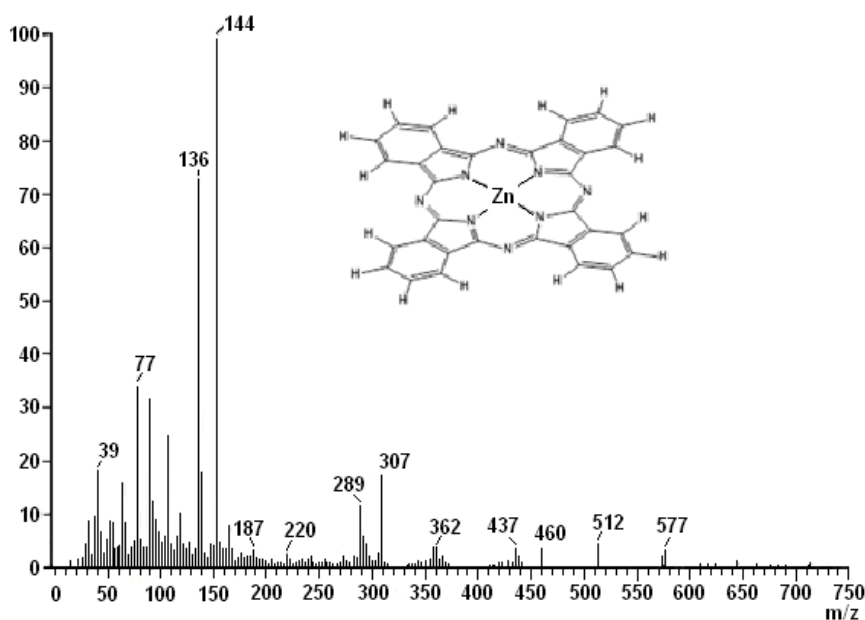


Fig. 3.5. Espectro de masas de la ftalocianina de zinc (ZnPc) muestra el ion molecular que aparece en 577-578 m/z con una intensidad relativa de 5 %.

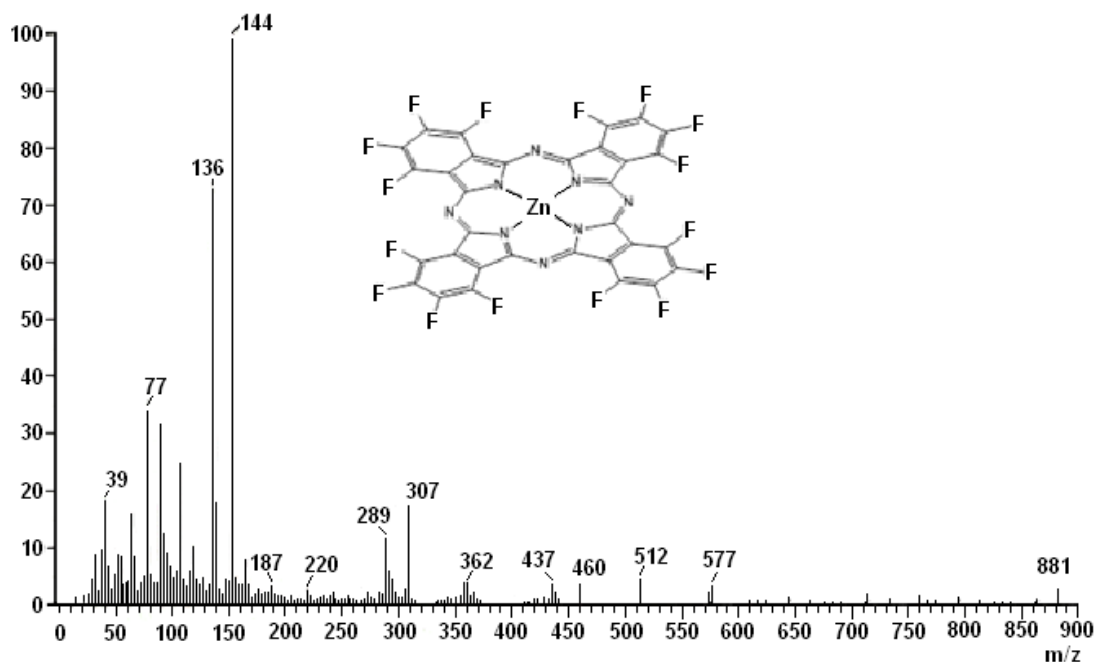


Fig. 3.6. Espectro de masas de la ftalocianina de zinc ( $F_{16}ZnPc$ ) muestra el ion molecular que aparece en 881-882  $m/z$  con una intensidad relativa de 3 %.

### 3.2. Caracterización eléctrica de las películas.

En la caracterización eléctrica de las películas de  $F_{16}ZnPc$  y  $(CN)_yF_xZnPc$ , se tiene por objetivo determinar si los grupos periféricos sustituidos, introducen carga eléctrica al macrociclo de la  $ZnPc$  debido al tipo de sustituyentes que son muy electronegativos, la carga inyectada esperada sería electrónica, por lo que la conductividad resultante para este tipo de películas sería tipo n. De acuerdo con la teoría, el oxígeno actúa como impureza aceptora de las MPcs por lo que la mayoría de las MPcs resultan ser del tipo p.

De acuerdo con las medidas de termopotencia, el signo del voltaje resultante entre dos puntos diferentes en el material y en donde exista un gradiente de temperatura nos muestra el tipo de conductividad tomando como referencia el método de punta caliente.

En la tabla 3.1, se muestran las medidas para las películas de  $ZnPc$ , el signo del voltaje es positivo para diferentes temperaturas, indicando con esto que el semiconductor en cuestión es del tipo p.



También se muestran las medidas para las películas de  $F_{16}ZnPc$  y  $(CN)_yF_xZnPc$  para diferentes temperaturas. De esos datos podemos ver que el signo del voltaje es negativo para bajos valores de temperatura y cambia a positivo para valores de 60 - 80 °.

Se puede concluir a partir de estos datos, que efectivamente al cambiar de compuesto de  $ZnPc$  a otras ftalocianinas sustituidas, se presenta un cambio de conductividad por la sustitución de grupos en la periferia, aunque a temperaturas más altas esto parece no cumplirse. Por lo que resulta, que estas medidas no son una prueba concluyente de que las ftalocianinas de zinc sustituidas son semiconductores tipo n.

Tabla 3.1 Características de termopotencia obtenidas de las películas de metal-ftalocianina estudiadas.

Película	Signo del voltaje	Temperatura 1 °C	Temperatura 2 °C	(T2-T1) °C
ZnPc	+	30	26	4
	+	40	35	5
	+	50	46	4
	+	60	57	3
	+	80	77	3
$F_{16}ZnPc$	-	30	25	5
	-	40	36	4
	+/-	50	47	3
	+/-	60	57	3
	+	80	76	4
$(CN)_yF_xZnPc$	-	30	25	5
	-/+	40	37	3
	-/+	50	47	3
	-/+	60	56	4
	+	80	76	4

Otra posible forma de obtener información acerca del tipo de conductividad es por medio del tipo de contacto que se forma entre un metal y el semiconductor.

Es bien conocido, que si tenemos un contacto metal-semiconductor tipo n, se cumple que  $\Phi_m > \Phi_{sc}$ , se forma un contacto rectificante o Schottky, pero si bajo las mismas condiciones se cambia a un semiconductor tipo p, el contacto obtenido será un contacto óhmico. En el análisis para este tipo de contacto se desprecia la altura de la barrera con la existencia de una alta densidad de estados interfaciales que en principio podría cambiar la altura de la barrera, entre el metal y el semiconductor.

De la teoría sabemos también, que de las curvas características densidad de corriente – voltaje ( $J - V$ ), obtenidas de las estructuras Metal-MPc-Metal, se puede determinar el tipo de contacto formado entre el electrodo metálico y la película de semiconductor orgánico. Si la dependencia corriente con el voltaje sigue una ley de potencias se tiene un contacto óhmico, de otra forma, se obtiene un contacto rectificante con ley de corrientes dependiente de la raíz cuadrada del voltaje.

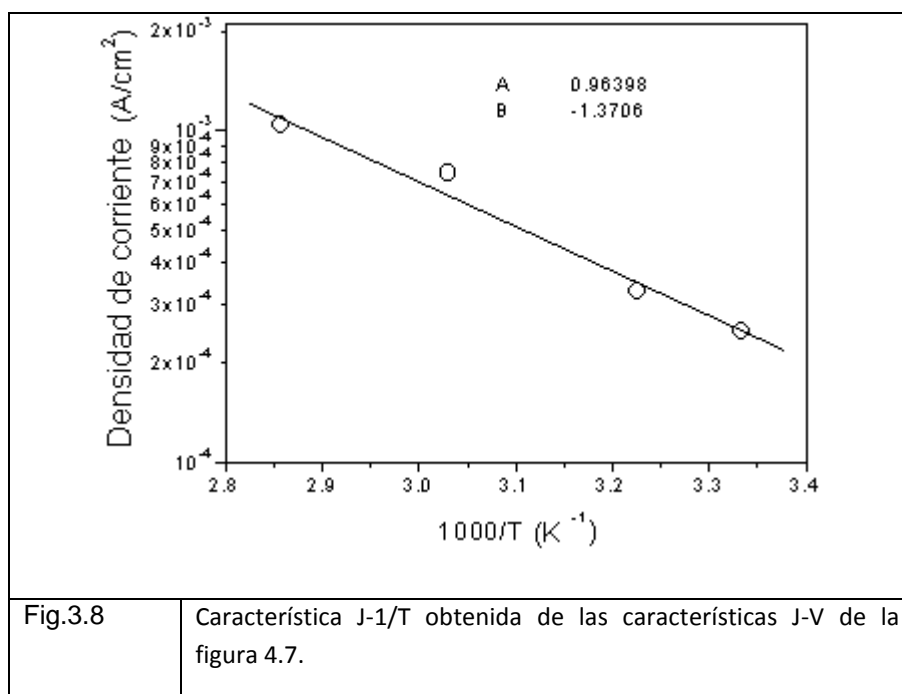
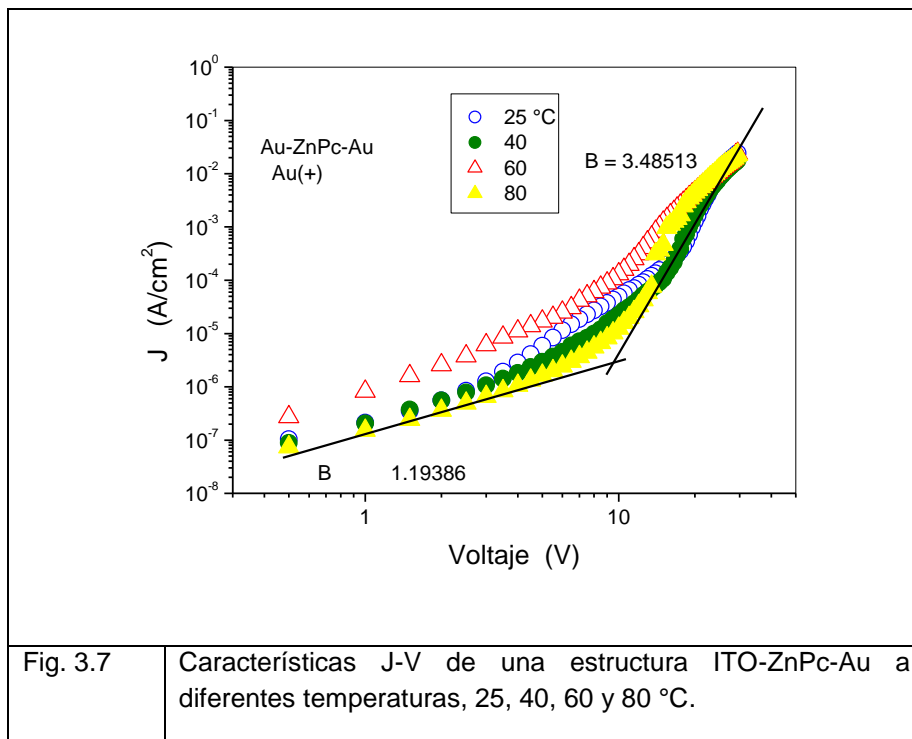
Debido a que los huecos, que entran desde el metal hacia la MPc ven una barrera de potencial (la cual resulta de la diferencia entre las energías de ionización del material orgánico, 5.29 eV, y la energía de Fermi del metal, función de trabajo del oro 5.1 eV) de 0.19 eV despreciable y por lo tanto existe una densidad de estados interfaciales, el tipo de contacto esperado es precisamente óhmico.

En la figura 3.7 se presentan las curvas características J-V para una estructura Au-ZnPc-ITO, bajo las condiciones de inyección de huecos hacia la película del semiconductor orgánico (electrodo (Au) superior al positivo).

Un ajuste de esos datos con una ley de potencias nos dio que  $J \propto V^n$  donde n en este caso fue  $\approx 3.4$ . Este factor corresponde a un mecanismo SCLC controlado por una densidad exponencial de trampas. Este hecho comprueba que el transporte de corriente está controlado por propiedades de volumen de la ftalocianina de zinc. Esto es, la interfaz no interviene en el control de la carga, por lo que entre el oro y la película se forma un contacto óhmico. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Gould y colaboradores.

Teóricamente, de esas curvas podemos determinar el valor de la movilidad de portadores y la densidad de trampas  $N_t(e)$ .

De la figura 3.7, podemos determinar la curva  $J - 1/T$  para un valor de voltaje en el cual las trampas hayan contribuido a la conductividad. En este caso el voltaje escogido fue 15 V y dicha gráfica se muestra en la figura 3.8.



De acuerdo a Gould, la pendiente de la figura 3.8 es proporcional a la densidad de trampas y la ordenada al origen es proporcional a la movilidad de los portadores según las ecuaciones;

Pendiente de la línea;

$$\frac{d(\log_{10} J)}{d(1/T)} = T_c \log_{10} \left( \frac{\epsilon_r \epsilon_0 V}{qt^2 N_t(e)} \right) \quad (3.1)$$

ordenada al origen,

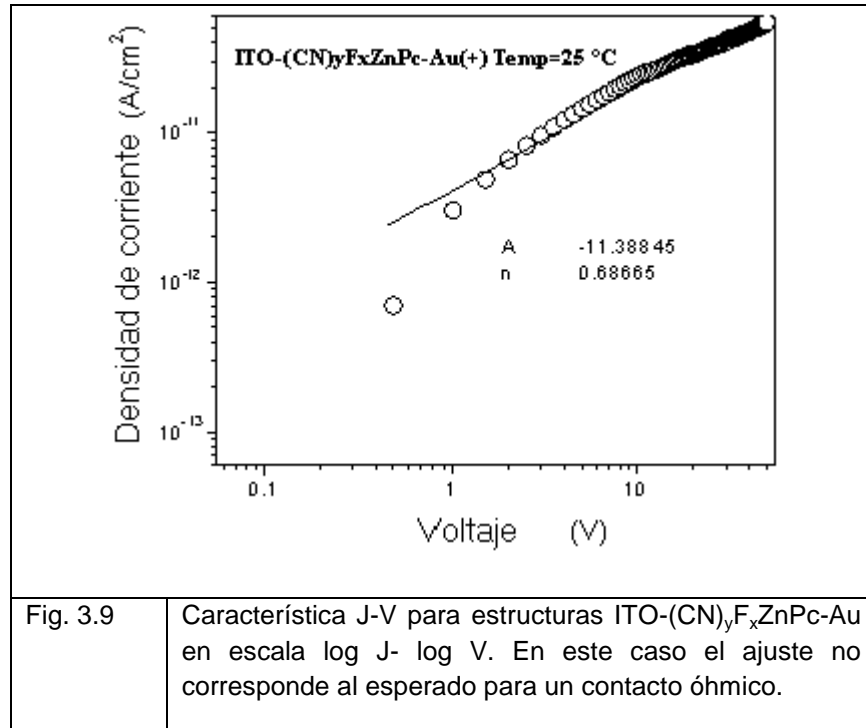
$$\log_{10} J_0 = \log_{10} \left( \frac{q\mu N_v V}{t} \right) \quad (3.2)$$

De los valores ajustados y mostrados en la curva de la figura 4.8 y tomando en cuenta que la densidad aproximada para  $N_v$  es de  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ , el valor de la  $\mu_p \approx 4.2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . Este valor es aproximado con el valor  $\mu_p \approx 4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , encontrado por Gould y colaboradores para este tipo de material.

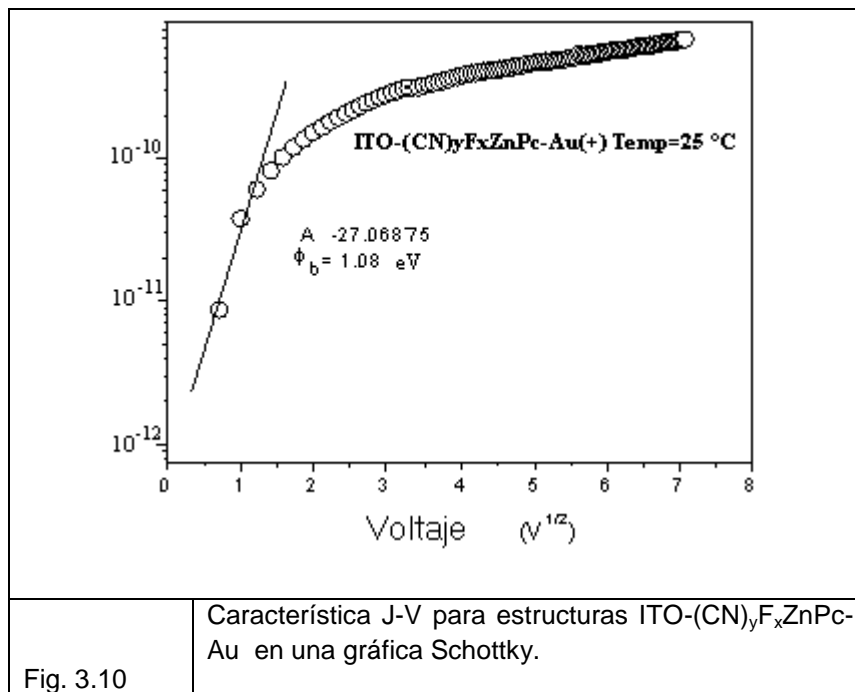
La densidad de trampas no pudo ser determinada ya que el valor de la constante dieléctrica no fue calculado. En este caso, podemos considerar que partimos de un material con características similares al usado por otros autores para sus estudios.

Si en este caso, se forman Pcs solubles por medio de la sustitución de átomos en la periferia de la molécula, consideramos en una primera aproximación que cualquier efecto sobre la densidad de carga introducida a dicha molécula es por efecto de esos átomos periféricos. Desde luego que este hecho ya se discutió anteriormente y solo queda el comprobar el efecto que se tiene sobre la conductividad del material.

Una grafica J-V obtenida de estructuras ITO-MPC- Metal usando películas de ZnPc sustituidas con grupos CN en la periferia se muestra en la figura 3.9. Ante todo, ajustamos los datos experimentales obtenidos para determinar el posible tipo de contacto formado entre el metal y la película de semiconductor orgánico. En esta grafica se presenta la posibilidad de que sea un contacto óhmico. En este caso la curva deberá seguir una ley de potencias con el voltaje en una gráfica  $\log(J)$  vs  $\log(V)$ . Sin embargo se puede comprobar que la pendiente, n, para pequeños voltajes no alcanza al menos el valor de 1. Lo anterior nos indica que la corriente en función del voltaje no sigue la ley de Ohm.



En la figura 3.10, se hace una aproximación con la ley de Schottky, esto es  $\ln(J) \text{ vs } V^{1/2}$ . El comportamiento esperado para efectos de campo eléctrico sobre una barrera de potencial se observa en esta gráfica; efecto Schottky a bajos valores de campo eléctrico y efecto Poole-Frenkel para valores más altos. Estos dos mecanismos de conducción producen diferentes pendientes en la gráfica Schottky.



De acuerdo con la ecuación 2.18, es posible calcular la altura de barrera entre el metal y el semiconductor orgánico. De la ordenada al origen de la recta obtenida a bajos voltajes obtenemos la ecuación siguiente;

$$\ln(TA^{**}) - \frac{\phi_b}{kT} = A \quad (3.3)$$

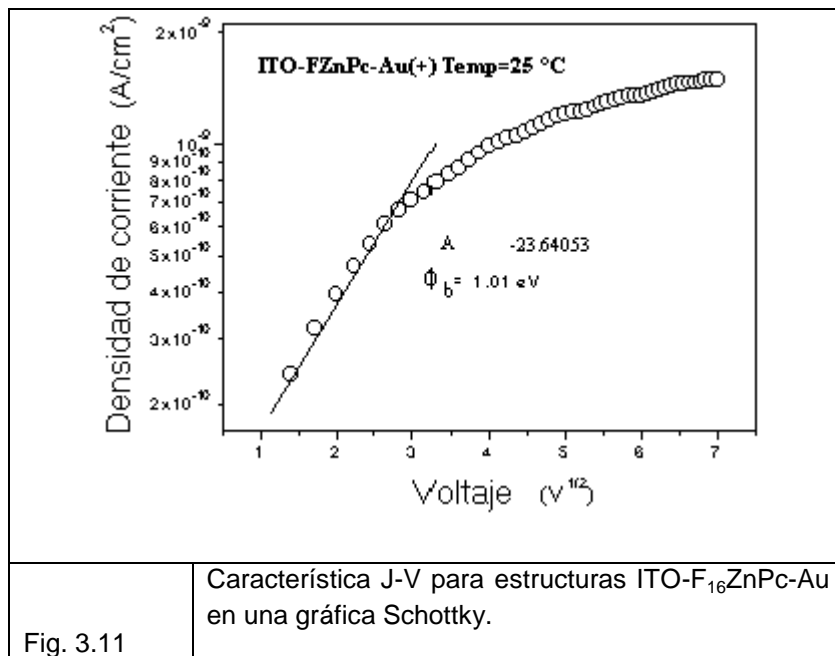
donde  $T$  es la temperatura en Kelvin,  $A^{**}$  es la constante de Richardson,  $k$  la constante de Boltzmann. De acuerdo con la gráfica,  $A = -27.06$ ,  $T = 300$  K y  $A^{**} = 120$  A/cm<sup>2</sup> K, encontramos un valor de barrera de  $\phi_b = 1.08$  eV.

De acuerdo con las energías involucradas para la formación de esta barrera, la función de trabajo del metal y la afinidad electrónica del semiconductor orgánico, la barrera esperada para la inyección de electrones está dada por;

$$\phi_b = \phi_m - (E_{ion} - E_g) \quad (3.4)$$

donde  $E_{ion}$  es la energía de ionización del semiconductor orgánico, que es de 5.29 eV,  $\phi_m(\text{ITO}) = 5.21$  eV,  $\phi_m(\text{Au}) = 5.1$  eV y  $E_g$  es la energía del gap, la cual a partir de medidas de UV-VIS resultó tener un valor de aproximadamente 1.85 eV. De estos datos y la ecuación 4.5, el valor de la barrera esperada es de 1.66 eV aproximadamente. Este valor está alrededor del valor obtenido de las curvas J-V; Aunque también se sabe que, los estados interfaciales juegan un papel importante en la altura de esta barrera.

Los mismos resultados se obtuvieron para estructuras con  $\text{F}_{16}\text{ZnPc}$ , mismos que se muestran en la figura 3.11, en este caso la altura de barrera fue de,  $\phi_b = 1.08$  eV. Este hecho indica, que al menos a temperatura ambiente la conductividad de estos materiales sustituidos es del tipo n, lo cual coincide en alguna manera con los datos de termopotencia.



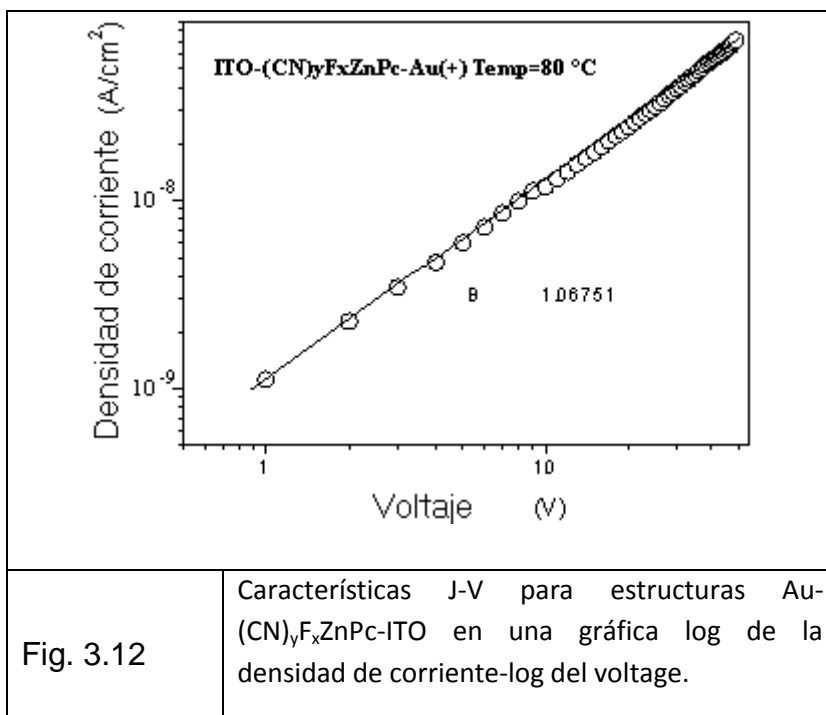
Se obtuvieron las características J-V a diferentes temperaturas de las estructuras con películas  $(CN)_yF_xZnPc$  y  $F_{16}ZnPc$ ; los valores de la altura de barrera se muestran en la tabla 4.2.

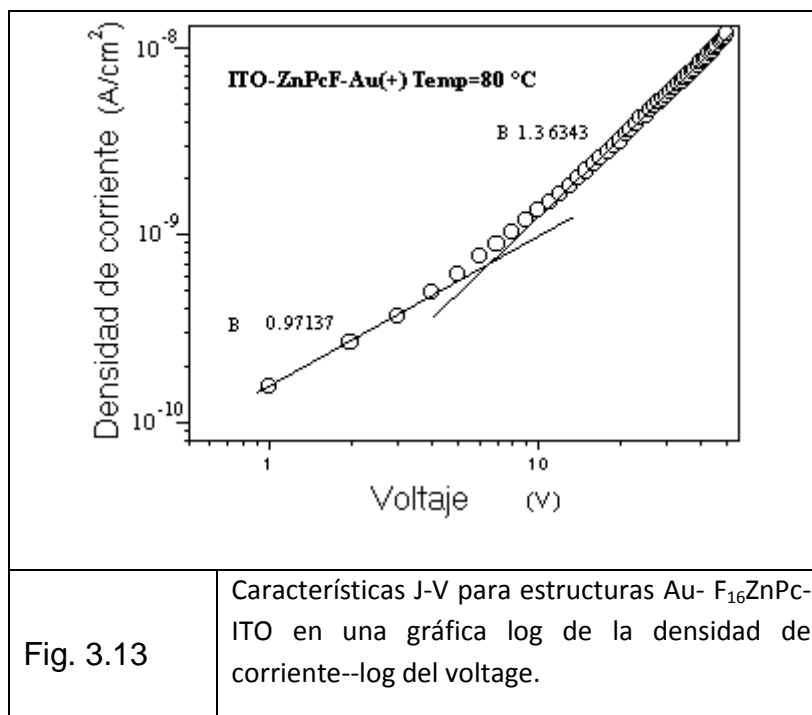
Tabla 3.2		Características eléctricas de los contactos entre los metales usados y las ftalocianinas de Zinc substituidas			
Estructura /Temperatura	Altura de barrera		Tipo de contacto		Tipo de conductividad
	Au (+)	Au*(-)	Au (+)	Au (-)*	
Au-(CN) <sub>y</sub> F <sub>x</sub> ZnPc-ITO					
25 °C	1.08	1.01	Schottky	Schottky	Tipo n
40 °C	0.99	0.99	Schottky	Schottky	Tipo n
60 °C	0.99	1	Schottky	Schottky	Tipo n
80 °C	-	-	Óhmico	Óhmico	Tipo p
Au-F <sub>16</sub> ZnPc-ITO					
25 °C	1.01	0.98	Schottky	Schottky	Tipo n
40 °C	1	0.99	Schottky	Schottky	Tipo n
60 °C	1	0.99	Schottky	Schottky	Tipo n
80 °C	-	-	Óhmico	Óhmico	Tipo p

\* En este caso el ITO inyecta los portadores. Debido a que las  $\phi_m$  para el ITO y el Au son casi del mismo valor se tiene aproximadamente el mismo valor de  $\phi_b$ .

Un fenómeno interesante se observa de esos resultados. A temperaturas de 80 °C las curvas características del contacto cambian de ser tipo Schottky a tipo óhmico, (ver gráficas 3.12 y 3.13).







Estos resultados concuerdan con lo obtenido en las mediciones de termopotencia. El signo de voltaje obtenido por la diferencia en temperatura no es estable a temperaturas mayores de 40 °C. El motivo de esto es que alrededor de esa temperatura está ocurriendo una transición de conductividad. El origen de este efecto deberá ser motivo de estudio; sin embargo, lo que se puede deducir de lo obtenido en este trabajo es que, podría existir compensación de la carga negativa inyectada por los átomos sustituyentes en el macrociclo de la ZnPc. Esto puede ser debido a la presencia de moléculas de oxígeno; considerando ahora la posibilidad de que ocurra la reacción dada en la ecuación 3.1, entonces se incrementa la cantidad de huecos en las MPCs, haciéndola tipo p. Esto podría implicar que, la carga negativa producida por los sustituyentes es de poca densidad, lo cual a su vez implica una baja cantidad de átomos substituidos y/o activos los cuales hacen un semiconductor ligeramente tipo n.

Esta conclusión concuerda con las mediciones de FTIR, en donde se presenta un pico de absorción de intensidad baja para los enlaces CIANO y FLUOR.

El cambio de conductividad del derivado (CN)<sub>y</sub>F<sub>x</sub>ZnPc en función de la temperatura parece dar evidencia de que a altas temperaturas los grupos nitrilo CN de diferentes unidades de ftalocianina reaccionan entre si para dar origen a lo que se denomina como poliftalocianina. Esta consiste de un arreglo polimérico de dos dimensiones en forma de red con una estructura rígida similar al grafito. La alta reactividad del grupo nitrilo ya conocido con anterioridad da cuenta de esta propuesta.

#### 4. Conclusiones.

4. 1. La obtención de las ftalocianinas de zinc,  $(\text{CN})_y\text{F}_x\text{ZnPc}$  y  $\text{F}_{16}\text{ZnPc}$  se llevo a cabo como se comprueba con los análisis de UV- vis, Infrarrojo y masas.

La caracterización por medio de UV-vis, muestra las bandas características Q y B de las ftalocianinas.

Los resultados obtenidos en el análisis de IR se muestran los picos correspondientes a las metaloftalocianinas, y los picos que corresponden a la presencia de grupos CN y F sustituidos en la periferia.

Las masas presentan los por lo que concluimos que se obtuvieron los materiales derivados de la ZnPc.

4. 2. La caracterización eléctrica en las películas delgadas que se fabricaron arroja los siguientes resultados, que la ZnPc es de tipo p, mientras que las de  $(\text{CN})_y\text{F}_x\text{ZnPc}$  y  $\text{F}_{16}\text{ZnPc}$  son de tipo n,

El tipo de contacto que se formo entre el oro y las MPcs sustituidas resulta ser de tipo rectificante.

Las medidas J – V realizadas a temperaturas mayores a 40 °C, muestran que existe algún efecto de compensación de carga que puede ser debido a que el oxígeno reaccione con la película o bien, a una desactivación de los grupos sustituyentes CN o F, lo que causa que el semiconductor cambie su conductividad tipo n a p.

#### Referencias.

[1] N. B. Mckeown, "Phthalocyanine Materials: Synthesis, Structure and Function" , Cambridge University Press, 1998.

[2] A. B. P. Lever, Adv. Inorg. Chem. Radiochem. 1965, 7, 27

[3] F. M. Moser and A. L. Thomas, "The Phthalocyanines", vols. I and II, CRC Press , Boca Raton Fl. 1983.

[4] Bradley, R.S., Grace, J.D. and Munro, Electrical conductivity of phthalocyanine and copper phthalocyanine under high pressure. D.C. (1962). Transactions of the Faraday Society, 58, 776-83.

[5] R. D. Gould and T. S. Shafai. Conduction in lead phthalocyanine thin films with aluminium electrodes. Superficies y Vacío 9, 226-229, Diciembre 1999.

[6] José L. Sosa Sánchez, Alberto Galindo, Dino Gnecco, Sylvain Bernes, George R. Fern, Jack Silver, Arturo Sosa-Sánchez and Raúl G. Enriquez. Synthesis and characterization of a new (phthalocyaninato)bis(carboxilate) silicon(IV) compound with increased solubility. *Journal of Porphyrins and Phthalocyanines* 2002, 6, 198-202.

[7] Campbell I. H., P. S. Davis, D. L. Smith, *App. Phys. Letters*, 15, 1998, 1863.

[8] Gould R. D., "Structure and electrical conduction properties of phthalocyanine thin films". *Coordination Chemistry Reviews*, 156,1996,248-250.

[9] Gould R. D., Saleh A. M., AbuHilal A. O. *Current Applied Physic* 3, 2003, 345-350