



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

Caracterización de un transductor óptico de gas amoniac.

Josefina Elizalde Torres, Mario Fco. González Cardel

2016

Proyecto Interno

CCADET-UNAM

Financiamiento interno

Caracterización de un transductor óptico de gas amoníaco.

Josefina Elizalde Torres¹, Mario Fco. González Cardel²

¹Laboratorio de Materiales y nanotecnología del departamento de Tecnociencias,

²Laboratorio de Pruebas Ópticas del departamento de Óptica y Microondas.
CCADET - UNAM

Resumen

En este trabajo se presenta la caracterización de un dispositivo optoelectrónico utilizado como transductor de sensado de gas amoníaco (NH_3), empleando como elemento sensor una película delgada de polianilina (PANI) dopada con ácidos, clorhídrico (HCl) o Toluensulfónico (TSA) o Trifluoro acético (TFA) o Canforsulfónico (CSA) y co-dopada con TFA – TSA y TFA - CSA.

El transductor es un optointerruptor infrarrojo ITR8102, de 24 mm × 11 mm × 6 mm formado por un LED que emite en longitud de onda infrarroja y un fototransistor encapsulados en el mismo empaque, alimentados por un voltaje de 9 V, voltaje que en un futuro puede ser suministrado por una batería, convirtiendo al optointerruptor en un dispositivo portátil de sensado de gases. Entre el fototransistor y el LED se coloca una película de PANI dopada o co-dopada y el dispositivo completo se encuentran dentro de una cámara de gases fabricada en teflón con un volumen de 30 ml, en la cual se introduce un flujo de 83 ml/min del gas a sensar.

La película delgada de PANI formada sobre un sustrato de vidrio cambia del color verde al azul cuando entra en contacto con el gas y es adsorbido, por lo cual cambia también su transmitancia óptica, el optointerruptor registra este fenómeno con una variación del voltaje en su salida. Este cambio es proporcional a la concentración del gas sensado.

Midiendo el máximo y el mínimo cambio de voltaje se determinó el tiempo de respuesta, la sensibilidad electrónica y el rango dinámico, que caracterizan al dispositivo.

Índice

Nomenclatura

Introducción

1 Desarrollo.	5
2 Resultados.	7
2.1 Linealidad.	9
2.2 Intervalo de medida.	10
2.3 Tiempo de Respuesta.	10
Conclusiones.	12
Anexo A (Hoja se especificaciones ITR8102).	13
Referencias Bibliográficas.	22

Nomenclatura

<i>Símbolo (orden alfabético)</i>	<i>Significado</i>
<i>PANI</i>	<i>Polianilina</i>
HCl	ácido clorhídrico
TSA	ácido Toluensulfónico
TFA	ácido Trifluoro acético
CSA	ácido Canforsulfónico
LED	Diodo emisor de luz
ppm	Partes por millon

Introducción

Los sensores químicos se pueden clasificar de acuerdo con las diferentes propiedades que se usan en la detección de especies. Los transductores cuentan con elementos sensibles que permiten monitorear su interacción con las moléculas de gas, por medio de cambios de conductancia, capacitancia, función de trabajo, temperatura, espesor óptico y la absorbancia y transmitancia óptica, (Göpel y Schierbaum, 1997), como es el caso que se reporta en este trabajo.

Las características deseables en un sensor de gases son selectividad, reversibilidad, tiempo de respuesta adecuada, buena estabilidad y tiempo de vida, temperatura de operación y sensibilidad a bajos niveles (Mizsei J.1995).

La detección de gas amoníaco es importante en muchos campos tecnológicos, como serían procesos industriales, diagnósticos clínicos y monitoreo ambiental, por ello se han desarrollado sensores de gas basados en películas delgadas de óxidos metálicos o películas gruesas con dopantes y catalizadores que necesitan temperaturas elevadas de trabajo, (250°C, 500°C), para activar el fenómeno de adsorción y desorción de los gases de prueba, (Kohl D. 1989).

En el presente trabajo se prueba un transductor basado en el uso de una película delgada de polianilina dopada, capaz de adsorber gas amoníaco, sensible a temperatura ambiente, que utiliza los fenómenos de absorbancia y transmitancia ópticas como medida indirecta de la concentración.

El trabajo presenta la caracterización de un dispositivo electrónico que adecua una señal proveniente del elemento sensible a la presencia de gas amoníaco como contaminante ambiental (Göpel *et al*, 1989). El elemento sensor está constituido por una película delgada de polianilina PANI que es un polímero a base de fenileno que tiene como sustituyente un grupo -NH- (Amina) en la posición "para-" (posición 1-4 de un ciclo de 6) del anillo benzenoide, como se muestra en la figura 1. La anilina básicamente se somete a polimerización oxidativa en presencia de un ácido protónico. La protonación induce una transición aislante a conductor, mientras que el número de π -electrones en la cadena se mantiene constante. (Srinivason y Amalraj, 2008).

Entre los diversos polímeros conductores la PANI resultó ser una mejor opción para sensor de gases debido a mayor sensibilidad, respuesta reversible y mejor respuesta en comparación con polipirrol. (Huiling *et al*, 2008).

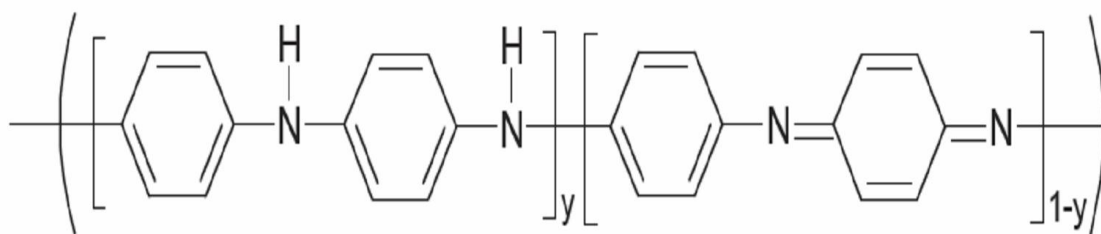


Figura 1. Estructura de la unidad de repetición de la PANI. (Andablo, 2008).

Generalmente la PANI se sintetiza por la técnica polimerización química oxidativa de la anilina, de la cual existen diversas variantes tales como: solución acuosa, dispersión, emulsión, emulsión invertida, vía de polimerización interfacial y también puede ser por técnica de polimerización electroquímica (Srinivason y Amalraj, 2008). Ambas técnicas se realizan en un medio orgánico o acuoso, generalmente se recomienda tener un pH bajo ($\text{pH} < 3$) para que sea conductora. (Elizalde *et al*, 2014).

Para la polimerización química oxidativa se utiliza generalmente persulfato de amonio (APS) como agente oxidante, a una temperatura entre 0 - 5 °C y en un medio ácido comúnmente se usa clorhídrico (Andablo 2008), o Toluensulfónico o Trifluoro acético o Canforsulfónico o mezcla de ellos. Por su propiedad de óxido-reducción las películas delgadas de PANI sufre cambios de color al adsorber-desorber gases que las hacen un material muy prometedor para utilizarlo como sensor de gas.

1. Desarrollo.

En el CCADET-UNAM se desarrolló un sistema optoelectrónico basado en un puente óptico nulo (Argueta *et al*, 2000), para el sensado de gases, el cual utiliza como elemento sensor una película delgada de polianilina. Este dispositivo está conformado por varios subsistemas, que son sujetos de mejoras y adecuaciones, que permitan un mejor desempeño del sistema de sensado de gases. (Elizalde *et al*, 2015). Como resultado de estas mejoras se vio la necesidad de disminuir el tamaño del sistema, para poder tener un dispositivo portátil y económico.

Para mejorar el puente óptico nulo que utiliza luz visible y es necesario mantenerlo aislado de fuentes luminosas externas, el puente se sustituye por un dispositivo optoacoplado, con emisor en el infrarrojo. En el mercado nacional se encuentra disponible un optointerruptor ITR8102 (Rlight Electronics), de 24 mm × 11 mm × 6 mm (Anexo A, pag. 12), formado por un LED que emite en longitud de onda infrarroja de 940 nm y un fototransistor encapsulado en el mismo empaque, el cual es sensible en una banda $\lambda_{0.5}$ de 910 a 970 nm, (Anexo A, pag. 15, figura 2).

Con el fin de conocer el comportamiento del voltaje de respuesta, se caracterizó el dispositivo optoacoplado utilizándolo para realizar mediciones de gas amoníaco a concentraciones de 0 a 1000 ppm, (Rodríguez *et al* 2013), usando como elemento sensor las película de PANI dopada con diferentes ácidos orgánicos, desarrolladas previamente, (Copado *et al*, 2012).

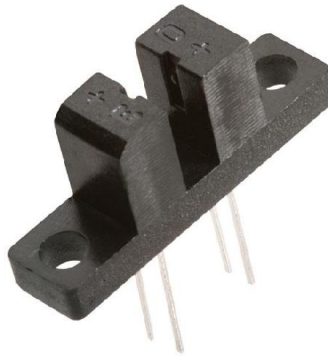


Figura 2. Optointerruptor ITR8102

En el prototipo, el optointerruptor es alimentado con 9 V, voltaje que puede ser suministrado por una batería convirtiéndolo un dispositivo portátil, una resistencia de 470 ohms en serie con el LED, permite limitar la corriente a través de él, una resistencia de 4700 ohms en serie con el fototransistor regula el intervalo del voltaje de salida (Anexo A, pag. 19). La figura 3 muestra un diagrama eléctrico del transductor, el circuito electrónico se suelda sobre una tarjeta de circuito impreso preperforada (Anexo A, pag. 18). Entre ambos elementos optoelectrónicos se coloca una película delgada de polianilina usada como elemento sensor.

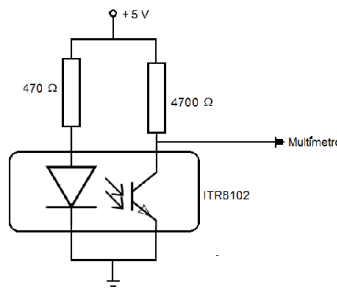


Figura 3. Diagrama esquemático del transductor basado en un ITR8102.

El sistema cuenta con una cámara de gases donde la película delgada de PANI entra en contacto con el flujo de gas de sensado, la cámara está fabricada en teflón (figura 4), material que no adsorbe el gas de la prueba y cuenta con un volumen de 30 mL, con dos tapas laterales transparentes para observar

la película durante el proceso de adsorción y desorción del gas, las cuales pueden ser removidas para introducir el portamuestras o soporte de la película. Un flujo de 83 mL/min de gas o mezcla de gases entran y salen de la cámara a través de dos pequeños pivotes ubicados en el cuerpo de la misma. El gas de salida va a una botella lavadora, con solución acuosa de carbonato de sodio.

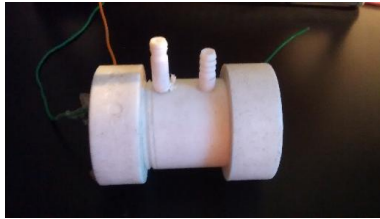


Figura 4. Cámara de teflón para gases.

El funcionamiento del prototipo de sistema optoelectrónico depende de la respuesta de la película a la cantidad de gas que pasa por la cámara, dicha cantidad es controlada con dos flujómetros de la marca Gilmont, los cuales regulan el flujo de gas proveniente de los tanques comerciales y de manera conjunta mezclando amoníaco y nitrógeno para su dilución, de esta manera nos permite ingresar a la cámara concentraciones de amoníaco que van desde las 1000 ppm hasta las 50 ppm. Ver Figura 5.

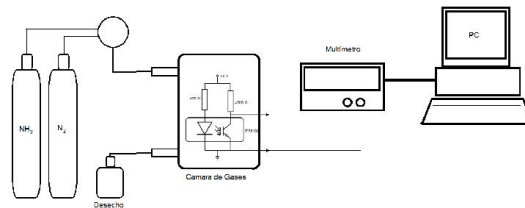


Figura 5. Arreglo experimental del prototipo para el sensado de gases.

Al adsorber el gas la película cambia de color y por tanto varía su transmitancia óptica, los cambios de transmitancia sufridos por la película en el sistema óptico provocan cambios de voltaje en el optointerruptor, los cuales son medidos por un multímetro de la marca Agilet 34401A, en modo voltímetro, este multímetro se conecta a una computadora a través del puerto serial y cuenta con un programa de captura de datos, el cual registra las medidas a razón de un dato por segundo, en cada prueba se mide el voltaje a la salida del ITR8102 antes de ingresar el gas a sensar y se toma como voltaje de referencia, se continua midiendo al fluir el gas a sensar, el cambio en transmitancia es proporcional a la diferencia entre estos dos voltajes, estas diferencias se registran y procesan para asociarlas a cada concentración de gas y establecer una curva de respuesta. Posteriormente se hace pasar nitrógeno como gas de lavado y se mide el voltaje durante el tiempo que corresponde al proceso de desorción del gas de la película de PANI. Finalmente las diferencias de voltaje son graficadas en el tiempo para su análisis.

Para caracterizar el sistema optoelectrónico antes descrito se realizaron pruebas con diferentes películas delgadas de polianilina dopadas con diferentes ácidos, como clorhídrico, Toluensulfónico o Trifluoro acético, y expuestas al gas amoníaco en flujo de 83 ml/min a concentraciones de 1000, 500, 200 y 50 ppm, inicialmente se dio un proceso de adsorción y finalmente se arrastro el gas para generar el proceso llamado de desorción.

2. Resultados.

Se inició trabajando con la película dopada con ácido clorhídrico, PANI-HCl, por encontrarse ya reportada en la literatura (Hu *et al* 2002), la cual se ha considerado como referencia. Así estas fueron empleadas en las pruebas de sensado del gas amoníaco a concentraciones de 50, 200, 500 y 1000 ppm en dilución con nitrógeno.

Para caracterizar el dispositivo optoelectrónico como sensor de gas amoníaco en las películas delgadas de PANI y se evalúan la linealidad, el intervalo de medida y el tiempo de respuesta.

Analizando los datos de la Fig. 6 que muestran las gráficas de las pruebas con PANI-HCl, en el sistema óptico donde se obtuvieron los resultados de diferencia de voltaje como una medida indirecta del cambio de transmitancia contra el tiempo.

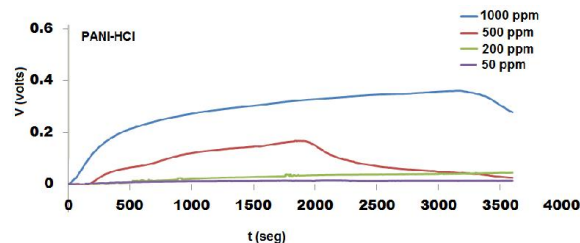


Figura 6. Gráficas de adsorción-desorción de amoníaco por películas de PANI-HCl, a concentraciones de 1000, 500, 200 y 50 ppm.

En una etapa inicial del proceso mostrado en la grafica de la figura 6, se observa una curva creciente, que representa los cambios de transmitancia debidos a la adsorción del gas por la película de PANI-HCl, estas curvas muestran mayor amplitud a mayor concentración de gas, para concentraciones en el intervalo de 200 a 1000 ppm, la diferencia de voltaje varía desde 0 hasta 0.32 voltios, siendo esta última para una concentración de 1000 ppm de amoníaco, mientras que para la concentración de 50 ppm no hay una respuesta medible con los instrumentos utilizados.

En una segunda etapa, en la que se arrastra el gas a sensar por un flujo de nitrógeno, se observa que las curvas son decrecientes, lo que implica una desorción del gas en la película.

La Fig. 7 muestra las gráficas de las pruebas en el sistema óptico empleando una película de PANI dopada con ácido Trifluoro acético (PANI-TFA), expuesta al gas amoníaco en las mismas concentraciones que la película anterior, obteniendo para 1000 ppm una diferencia de voltaje 0.26 V. Para 50 ppm la respuesta no es medible por el sistema.

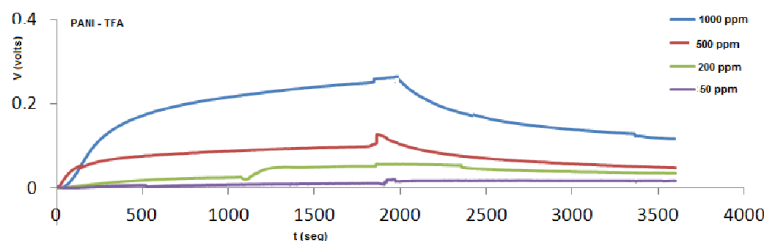


Figura 7. Gráficas de adsorción-desorción de amoníaco por películas de PANI-TFA, a concentraciones de 1000, 500, 200 y 50 ppm.

Las pruebas en películas de PANI dopada con ácido Toluensulfónico (PANI-TSA) se muestran en la Fig. 8, las películas fueron expuestas a las mismas concentraciones de gas amoníaco, obteniendo para 1000 ppm la diferencia de voltaje de 0.16 V. Para 50 ppm la respuesta tampoco es medible por el sistema utilizado.

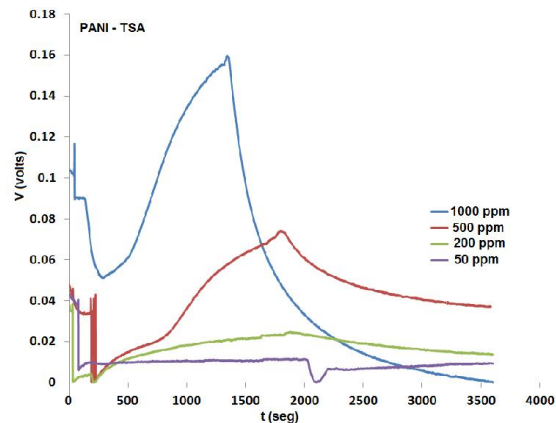


Figura 8. Gráficas de adsorción-desorción de amoníaco por películas de PANI-TSA, a concentraciones de 1000, 500, 200 y 50 ppm.

Las pruebas con películas de PANI co-dopadas con ácido Canforsulfónico y ácido Trifluoro acético, (PANI-CSA-TFA) se muestran en la Fig. 9, las películas también fueron expuestas a las concentraciones de gas amoníaco que las películas anteriores, obteniendo para 1000 ppm la diferencia de voltaje de 0.04 V. La respuesta para la concentración de 50 ppm tampoco es medible por el sistema utilizado.

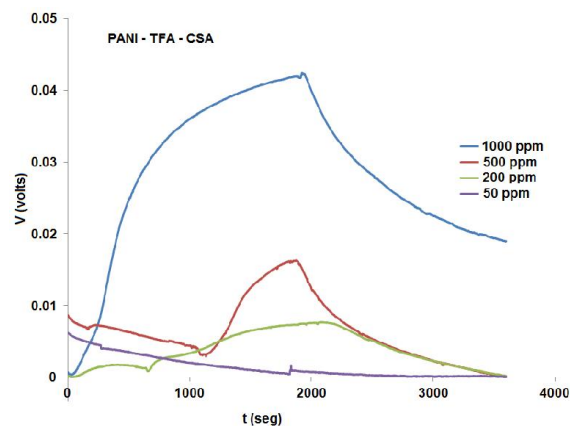


Figura 9. Gráficas de adsorción-desorción de amoníaco por películas de PANI-TFA-CSA, a concentraciones de 1000, 500, 200 y 50 ppm.

De las pruebas realizadas se puede concluir que la película de PANI-HCl, fig. 6, experimenta la mayor adsorción lo que implica una mayor respuesta de voltaje del optointerruptor para las concentraciones de 200, 500, 1000 ppm, lo que implica una mayor resolución, también se observa que

ninguna de las películas tiene una respuesta aceptable para 50 ppm, por lo que este interruptor óptico no es adecuado para medir concentraciones menores o iguales a 200 ppm.

2.1 Linealidad.

Como se tienen valores de concentración de gas arbitrarios que no guardan una relación lineal entre ellos, la linealidad se evalúa por puntos. Para evaluar la *linealidad por puntos* del dispositivo se consideran los voltajes máximos alcanzados durante la adsorción para cada película y cada concentración de gas, entendiendo por linealidad por puntos como desviación máxima, con relación a una línea recta que pasa a través de los puntos dados correspondientes al cero y al cien por ciento de la variable medida. (Creus, 2011).

A partir de los voltajes máximos de las figuras 6 a 9, mostrados en la tabla 1, se calcularon las linealidades por puntos, para cada uno de los compuestos dopantes de la PANI.

Tabla 1. Voltajes máximos de respuesta a diferentes concentraciones de películas con diferente dopante.

Dopante de PANI Concentración (ppm)	HCl	TFA	TSA	TFA-CSA
200	0.0358 V	0.0586 V	0.0276 V	0.0073 V
500	0.1654 V	0.0994 V	0.0752 V	0.0170 V
1000	0.3507 V	0.2684 V	0.1681 V	0.0417 V

Los valores de linealidad por puntos para cada película estudiada, son mostrados en la tabla 2

Tabla 2. Linealidades de la películas de PANI dopada y co-dopada

Dopante	%
HCl	10
TSA	52
TFA	21
TFA-CSA	10

En los datos de la tabla 2 se observa que las películas de PANI con mejor linealidad son las dopadas con HCl y TFA-CSA con una linealidad del 10 %.

2.2 Intervalo de medida.

El intervalo de medida es el espectro o conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida del instrumento. Se expresa estableciendo los dos valores extremos. (Creus, 2011)

En estas pruebas se expusieron películas de PANI dopadas y co-dopadas a la presencia del gas NH_3 en flujo de 83 mL/min., a diferentes concentraciones en un intervalo de 50 a 1000 ppm, se observó que en general las películas son sensibles a concentraciones en un intervalo (200, 1000 ppm) y se observa una pequeña señal a concentraciones de 50 ppm, que no es medible en los casos bajo estudio.

2.3 Tiempo de Respuesta.

Otra característica importante a considerar en el diseño del sistema de sensado es el tiempo que dicho sistema tarda en realizar una determinación, denominado tiempo de respuesta. Formalmente el tiempo de respuesta se define como el tiempo que tarda un sistema en alcanzar el 90 % del cambio total (Carr 1991). El tiempo de respuesta que presentan las películas de PANI dopadas y co-dopadas que se emplearon en este diseño, es variable y dependen de la concentración.

Tabla 3. Tiempos de respuesta de películas delgadas dopadas y codopadas de polianilina

Dopante	Tiempo de Respuesta (s)				
	Concentración amoniac				
		50 (ppm)	200 (ppm)	500 (ppm)	
Dopante	P-HCl	509	1078	839	441
	P-TSA	89	687	1387	
	P-TFA	860	1150	242	410
	P-TFA-CSA	540	1186	1405	

En la tabla 3 se muestran los tiempos de respuesta para cada película dopada y co-dopada a diferentes concentraciones dentro del rango dinámico (200, 1000 ppm) de NH_3 , siendo el tiempo mínimo para PANI-TFA a 500 ppm de 242 s (4 min) y el tiempo máximo para PANI-TSA-CSA a 500 ppm, es de 1405 s (23.4 minutos), las figuras 6 a 9 muestran la respuesta de cada película al gas NH_3 .

2.4 Sensibilidad.

A la razón entre el incremento de la lectura medida y el incremento de la variable que la ocasiona, se le conoce como *Sensibilidad*, (Creus 1998). Como la respuesta no es lineal se tiene sensibilidad diferente para cada concentración y para cada película. De la tabla 1, se calculan las sensibilidades y son presentadas en la tabla 4.

Tabla 4. Sensibilidad (mV/ppm) a diferentes concentraciones de películas con diferente dopante.

Dopante de PANI Concentración (ppm)	HCl	TFA	TSA	TFA-CSA
200	0.1790	0.2930	0.1380	0.0365
500	0.3308	0.1988	0.1504	0.0340
1000	0.3507	0.2684	0.1681	0.0417

2.5 Reversibilidad.

Se entiende por Reversibilidad el tiempo que tarda el dispositivo en estar disponible para una determinación después de haber realizado una. Para este dispositivo es de

aproximadamente 2000 segundos, usando NO_2 como gas de arrastre a razón de 83 ml/min, que provoca una desorción en la superficie de la película, regresándola a su estado inicial.

Conclusiones.

De este trabajo se puede concluir que el transductor óptico de gas amoníaco formado por un optointerruptor comercial y un elemento sensor de película delgada de polianilina (PANI) dopada y co-dopada es capaz de registrar los cambios en transmitancia óptica que sufren las películas delgadas de PANI al ser expuestas a concentraciones entre 200 y 1000 ppm, con tiempos de respuesta que van desde los 4 para las películas dopadas con HCl y de 24 minutos para las películas co-dopadas con TFA-CSA.

Las respuestas de estas películas de PANI tienen una linealidad por puntos del 10 % para las dopadas con HCl y las co-dopadas con TFA-CSA, mientras que las otras no son lineales.

Las películas probadas, también fueron expuestas a concentraciones de 50 ppm sin obtener una respuesta medible.

Anexo A (Hoja de especificaciones ITR8102)



Technical Data Sheet Opto Interrupter EAITRCA1

Features

- Fast response time
- High analytic
- High sensitivity
- Cut-off visible wavelength $\lambda_P=940\text{nm}$
- Pb Free
- This product itself will remain within RoHS compliant version.

Description

The **EAITRCA1** consist of an infrared emitting diode and an NPN silicon phototransistor, encased side-by-side on converging optical axis in a black thermoplastic housing. The phototransistor receives radiation from the IR only. This is the normal situation. But when an object is in between, phototransistor could not receive the radiation.

Applications

- Mouse Copier
- Switch Scanner
- Floppy disk driver
- Non-contact Switching
- For Direct Board

Device Selection Guide

Device No.	Chip Material	LENS COLOR
IR	GaAlAs	Water clear
PT	Silicon	Water clear

Absolute Maximum Ratings (Ta=25°C)

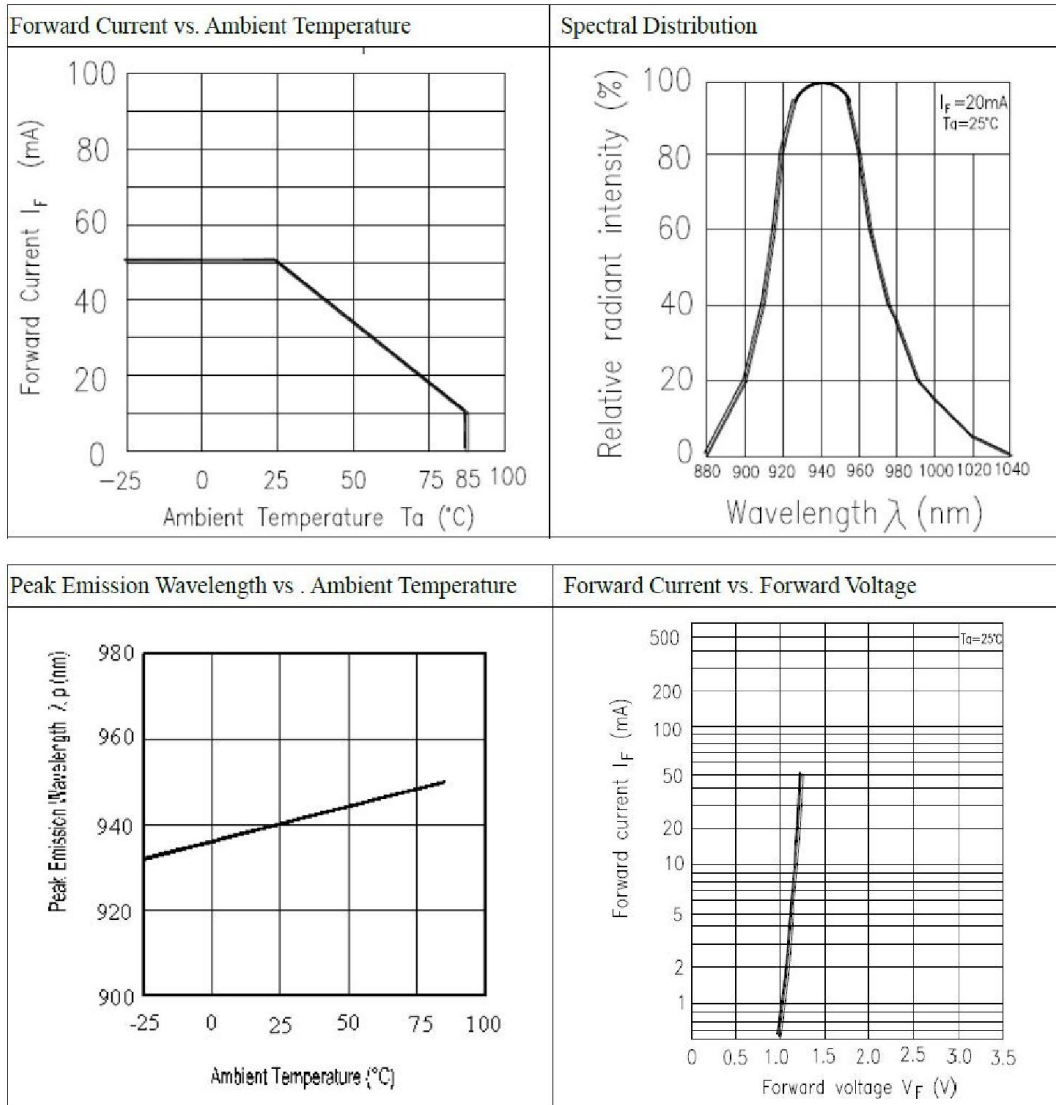
Parameter		Symbol	Ratings	Unit
Input	Power Dissipation at(or below) 25°C Free Air Temperature	Pd	75	mW
	Reverse Voltage	V _R	5	V
	Forward Current	I _F	50	mA
	Peak Forward Current (*1) Pulse width ≤100μs, Duty cycle=1%	I _{FP}	1	A
Output	Collector Power Dissipation	P _C	75	mW
	Collector Current	I _C	20	mA
	Collector-Emitter Voltage	B V _{CEO}	30	V
	Emitter-Collector Voltage	B V _{ECO}	5	V
Operating Temperature		T _{opr}	-25~+85	°C
Storage Temperature		T _{stg}	-40~+85	°C
Lead Soldering Temperature (*2) (1/16 inch form body for 5 seconds)		T _{sol}	260	°C

Notes: (*1) $t_w=100\ \mu\text{sec.}$, $T=10\ \text{msec.}$ (*2) $t=5\ \text{Sec}$

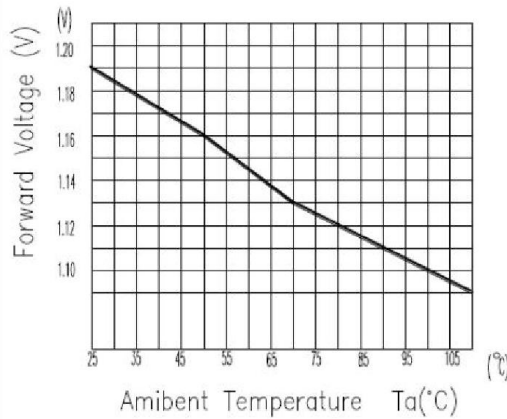
Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)

Parameter		Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Input	Forward Voltage	V_F	-	1.2	1.5	V	$I_F=20\text{mA}$
	Reverse Current	I_R	-	-	10	μA	$V_R=5\text{V}$
	Peak Wavelength	λ_p	-	940	-	nm	$I_F=20\text{mA}$
Output	Dark Current	I_{CEO}	-	-	100	nA	$V_{CE}=20\text{V}, E_e=0\text{mW/cm}^2$
	C-E Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	-	-	0.4	V	$I_C=2\text{mA}, E_e=1\text{mW/cm}$
Collector Current(*3)		$I_{C(ON)}$	0.9	-	15	mA	$V_{CE}=5\text{V}, I_F=20\text{mA}$
Response Time	Rise Time	t_R	-	15	-	μs	$V_{CE}=5\text{V} \quad I_C=1\text{mA} \quad R_L=1\text{K}\Omega$
	Fall Time	t_F	-	15	-	μs	

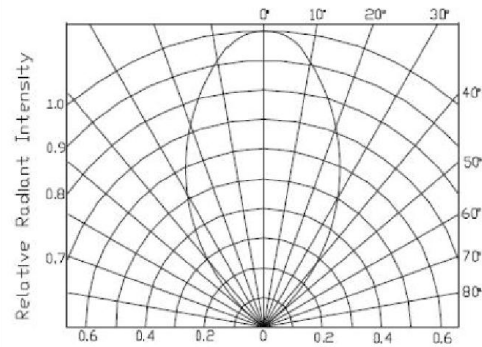
Typical Electrical/Optical/Characteristics Curves for IR



Forward Voltage vs. Ambient Temperature(°C)

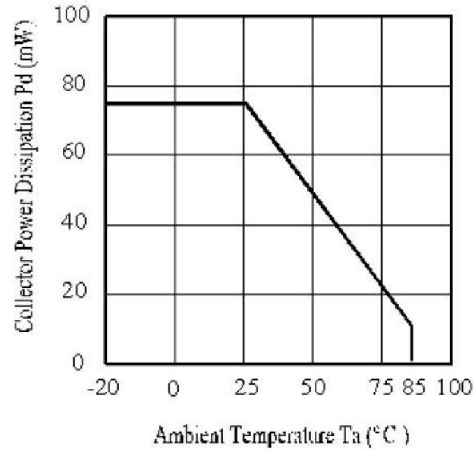


Relative Radiant Intensity vs. Angular Displacement

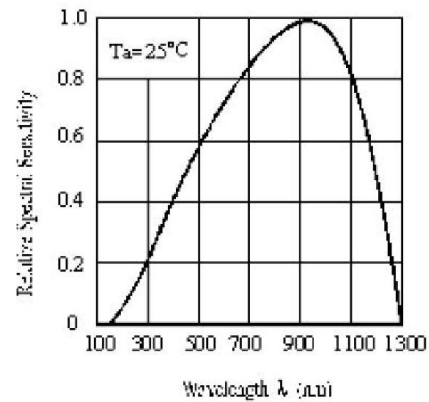


Typical Electro/Optical/Characteristics Curves for PT

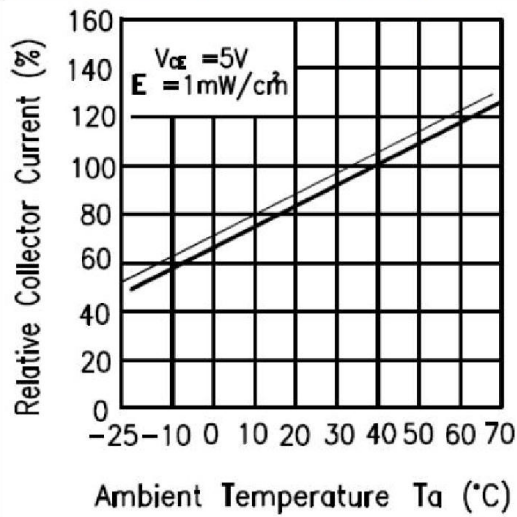
Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature



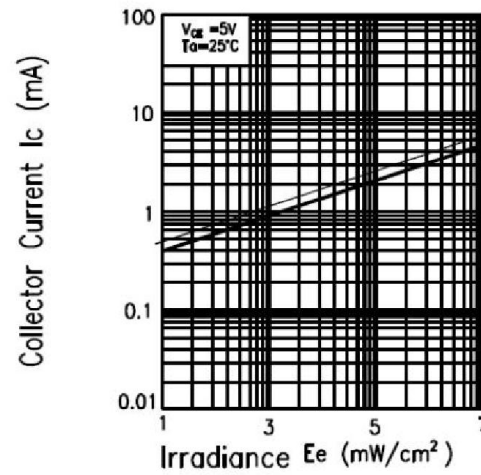
Spectral Distribution



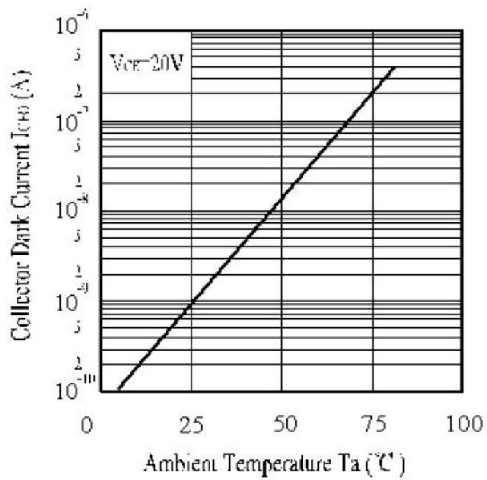
Relative Collector Current vs. Ambient Temperature



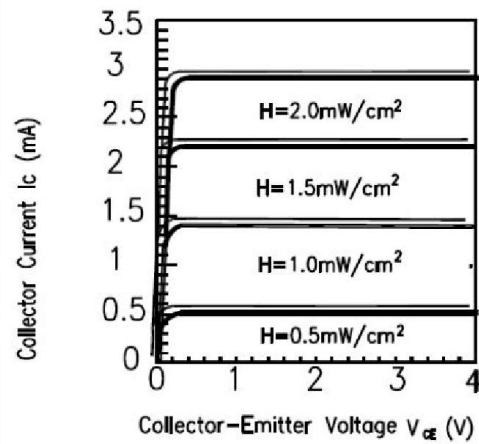
Collector Current vs. Irradiance



Collector Dark Current vs. Ambient Temperature



Collector Current vs. Collector-Emitter Voltage



Reliability Test Item And Condition

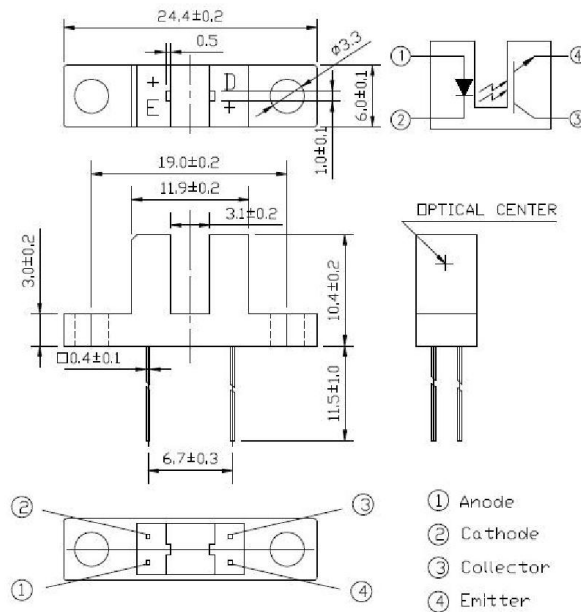
The reliability of products shall be satisfied with items listed below.

Confidence level : 90%

LTPD : 10%

NO.	Item	Test Condition	Test Hours/ Cycle	Sample Size	Failure Judgement Criteria	Ac/Re
1	Solder Heat	TEMP : 260°C ± 5 °C	10 sec	22 PCs	$I_{c(on)} \leq L \times 0.8$ L : Lower specification limit	0/1
2	Temperature Cycle	H : +100°C 15 mins  5 min L : -40°C 15 min  5 min	300 cycle	22 PCs		0/1
3	Thermal Shock	H : +100°C 5 min  10 sec L : -10°C 5 min  5 min	300 cycle	22 PCs		0/1
4	High Temperature Storage	TEMP. : +100°C	1000 hrs	22 PCs		0/1
5	Low Temperature Storage	TEMP. : -40°C	1000 hrs	22 PCs		0/1
6	DC Operating Life	$V_{CE}=5V$ $I_F=20mA$	1000 hrs	22 PCs		0/1
7	High Temperature / High Humidity	85°C / 85% R.H.	1000 hrs	22 PCs		0/1

Package Dimension



1. All dimensions are in millimeters
2. Tolerances unless dimensions ± 0.2 mm
3. Lead spacing is measured where the lead emerge from the package
4. Above specification may be changed without notice. EVERLIGHT Americas will reserve authority on material change for above specification
5. These specification sheets include materials protected under copyright of EVERLIGHT Americas corporation . Please don't reproduce or cause anyone to reproduce them without EVERLIGHT's Americas consent
6. When using this product , please observe the absolute maximum ratings and the instructions for use outlined in these specification sheets. EVERIGHT Americas assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.

Packing Quantity Specification

1. 20pcs/1Tube, 100Tubes/1Box
2. 4Boxes/1Carton

Label Form Specification

CPN: XXXXXXXXXXXX
P/N: XXXXXXXXXXXX
QTY: XXXX
CAT: XXX
HUE: XXX
REF: XXX
LOT NO: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
REFERENCE: XXXXXXXXXXXX
MADE IN TAIWAN

- CPN: Customer's Product Number
- P/N: Product Number
- QTY: Packing Quantity
- CAT: Luminous Intensity Rank
- HUE: Dom. Wavelength Rank
- REF: Forward Voltage Rank
- LOT No: Lot Number
- X: Month
- Reference: Identify Label Number

Notes

1. Above specification may be changed without notice. EVERLIGHT Americas will reserve authority on material change for above specification.
2. When using this product, please observe the absolute maximum ratings and the instructions for using outlined in these specification sheets. EVERLIGHT Americas assumes no responsibility for any damage resulting from use of the product which does not comply with the absolute maximum ratings and the instructions included in these specification sheets.
3. These specification sheets include materials protected under copyright of EVERLIGHT Americas corporation. Please don't reproduce or cause anyone to reproduce them without EVERLIGHT Americas consent.

Referencias Bibliográficas.

Andablo Marquez E., (2008), *Síntesis de polianilina nanoestructurada para el desarrollo de compuestos poliméricos*, Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de San Juan del Río Qro., México.

Argueta-Díaz V., Trejo-Valdez M., and García-Valenzuela A., (2000), "dc and ac optical nulling bridges for sensitive transmittance measurements", *Rev. Sci. Instr.*, 71(8), pp. 2995 – 3003.

Carr J. J., (1991), *Designer's Handbook of Instrumentation and control Circuits*, Ed. Academic Press Inc., San Diego, Cal.

Copado Hernández J. A., Elizalde Torres J. y González Cardel M., (2012), *Preparación de películas delgadas de PANI y PANI-TSA*, Ref:II-TECC-2012-326, Informe Técnico CCADET-UNAM.

Creus Solé A., (2011), *Instrumentación Industrial*, 8ª. Edición, Ed. Alfaomega, Barcelona España.

Elizalde Torres J., Copado Hernández J. A., González Cardel M., (2014), *Preparación de películas delgadas de PANI y PANI-TSA*, Ref: II-TECC-2012-326, Informe Técnico CCADET-UNAM.

Elizalde Torres J., González Cardel M., Rodríguez Flores M. A., (2015), *Optimización de un sistema óptico de puente nulo empleado en la detección de gases tóxicos*, Ref: II-TECC-2015-399, Informe Técnico CCADET-UNAM.

Göpel W., Hesse J. y Zemel J. N., (1989), *Sensors, A comprehensive Survey, Fundamental and General Aspects*, Vol. 1, Ed. VCH, Weinheim, Republica Federal Alemana.

Göpel W. and Schierbaum K. D., (1997), *Handbook of organic conductive molecules and polymers: Vol. 4, Conductive Polymers: Transport, Photophysics and applications*, edited by H. S. Nalwa, John Wiley & Sons Ltd.

H. Hu, M. Trejo, M.E. Nicho, J.M. Saniger, A. García-Valenzuela, (2002), *Adsorption kinetics of optochemical NH₃ gas sensing with semiconductor polyaniline films*, **Sens. Actuators B. Chem.** 82(1) p. 14–23.

Huiling T., Yadong J., Guangzhong X., (2008), Influence of polymerization temperature on NH₃ response of PANI/TiO₂ thin film gas sensor, **Sensor and Actuators B**, 129(1), p. 319 – 326.

Kohl D. (1989), *Sensors and Actuator* 18, p. 71-113.

Mizsei J. (1995), *Sensors and Actuator B*. 23, p. 173-176.

Rlight Electronics CO. LTD Model No. ITR8102.

http://everlightamericas.com/optical-switch/268/EAITRCA1.html?search_query=ITR8102&results=10
Consultada 24/02/2016

Rodríguez Flores M. A., Copado Hernández J. A., Castillo González I., Elizalde Torres J. y González-Cardel M., Prototipo de sistema óptico para detección de gases. **SOMI XXVIII Congreso CIICA, 28 – 31 octubre 2013. Campeche, Camp.**

Sierra López A., Álvarez Marante R. (1991), Contaminación atmosférica. En Piédrola Gil G. y cols. *Medicina Preventiva y Salud Pública*. Ed. Científicas y Técnicas S.A. Barcelona. p. 188-198.

Srinivason P. y Amalraj J., (2008), Polyaniline materials by emulsion polymerization pathway, **Prog. Polym. Sci.** 33(7), p. 732 – 758.