

Celdas Solares Fotovoltaicas con Poli3-octiltiofeno
Como Semiconductor tipo-p

Hailin Zhao Hu
Centro de Investigación en Energía, UNAM
hzh@cie.unam.mx

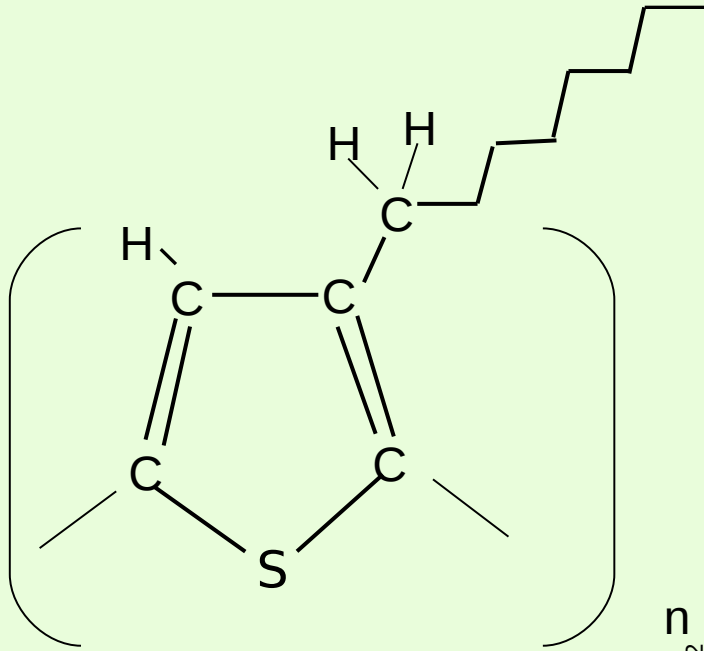
Colaboradores en el tema:
Dra. Ma.Elena Nicho Díaz (CIICAp-UAEM)
Dr. P.K.Nair y Dra. M.T.S.Nair (CIE)
Dra. Marina Rincón (CIE), Dr. Antonio Jiménez (CIE)
Estudiantes (2003-): Oscar Salinas, Cecilia López,
Ma.Concepción Arenas, Hugo Cortina,
Narcizo Mendoza, Edwin Pineda.

Motivación de la investigación en celdas solares plásticas:

- Tecnologías de baja temperatura => Menor costo de producción.
- Investigación de nuevos materiales optoelectrónicos.

Desventajas:

- Baja eficiencia de conversión.
- Inestabilidad de los materiales orgánicos.



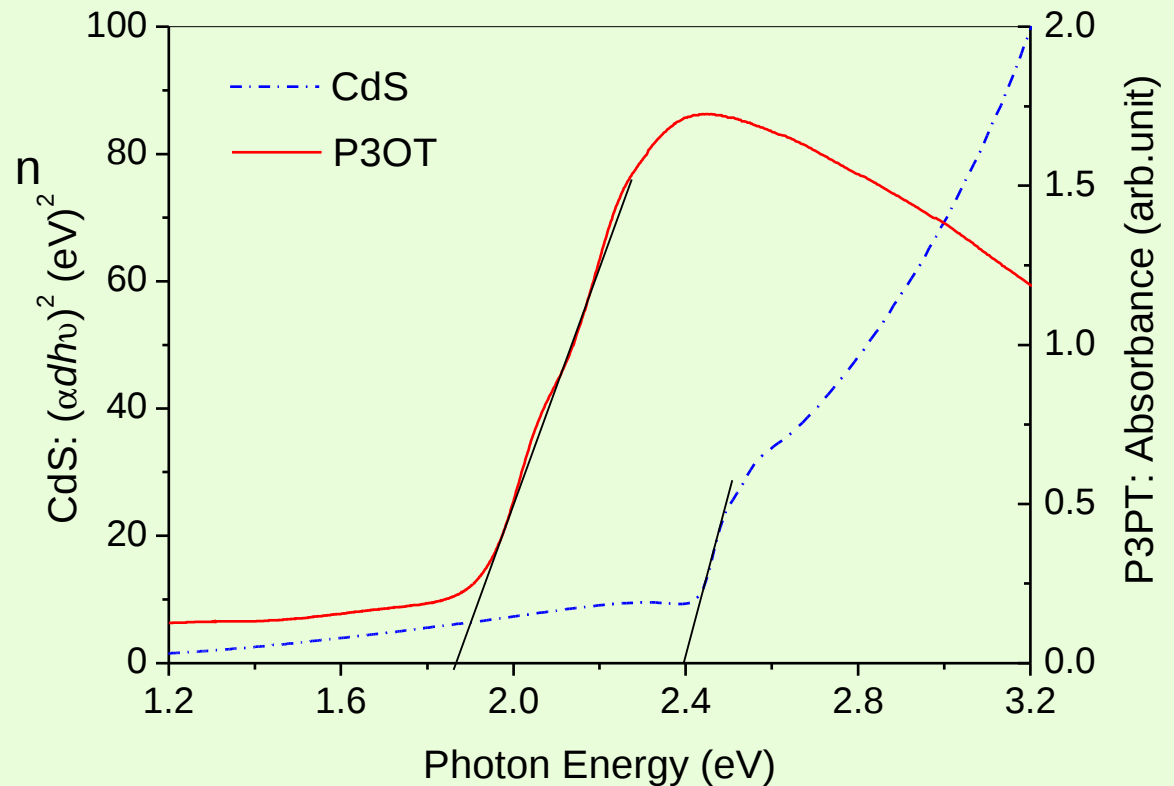
- Polímeros solubles
- Semiconductor de banda ancha (2 eV)

Poli3-octiltiofeno (P3OT),
Poli3-hexiltiofeno (P3HT), etc.

Grupo funcional del monómero:

Para el 3-octiltiofeno: C_8H_{17}

Para el 3-hexiltiofeno: C_6H_{13}



CdS thin films by chemical bath deposition (Nair et al):

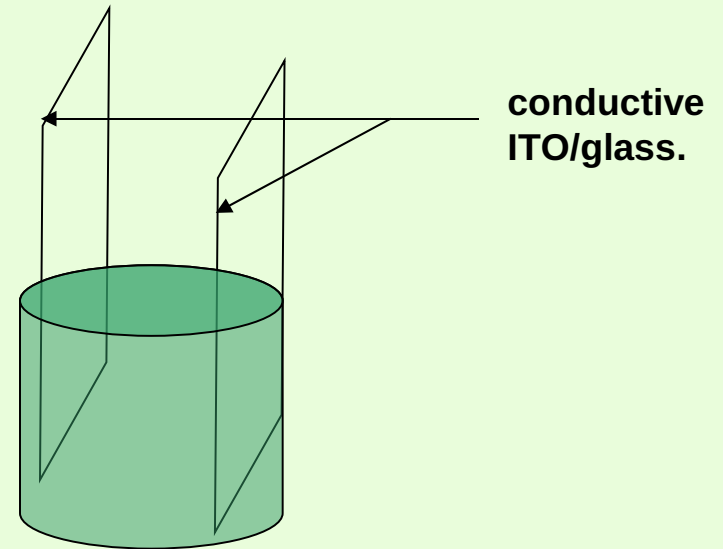
Cd(NO ₃) ₂	0.1 M	25 ml
Citrato de Sodio	1 M	15 ml
NH ₄ OH	15 M	2 ml
Tiourea	1 M	5 ml
Agua Destilada		53 ml
Total		100 ml

At 60 °C for 3 hrs

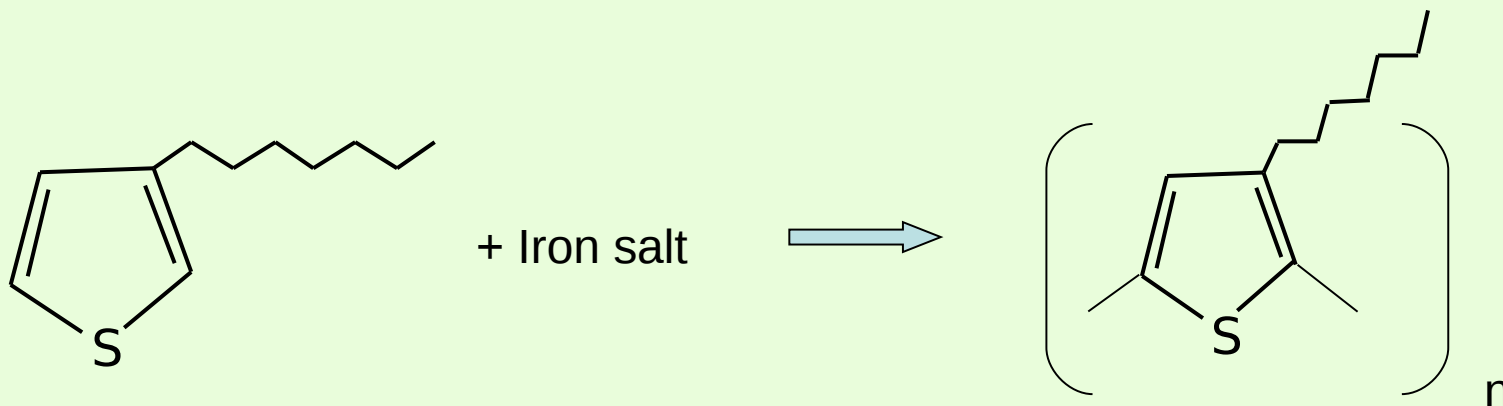
⇒ Films of ~200 nm of thickness.

At 75 °C for 1 hrs

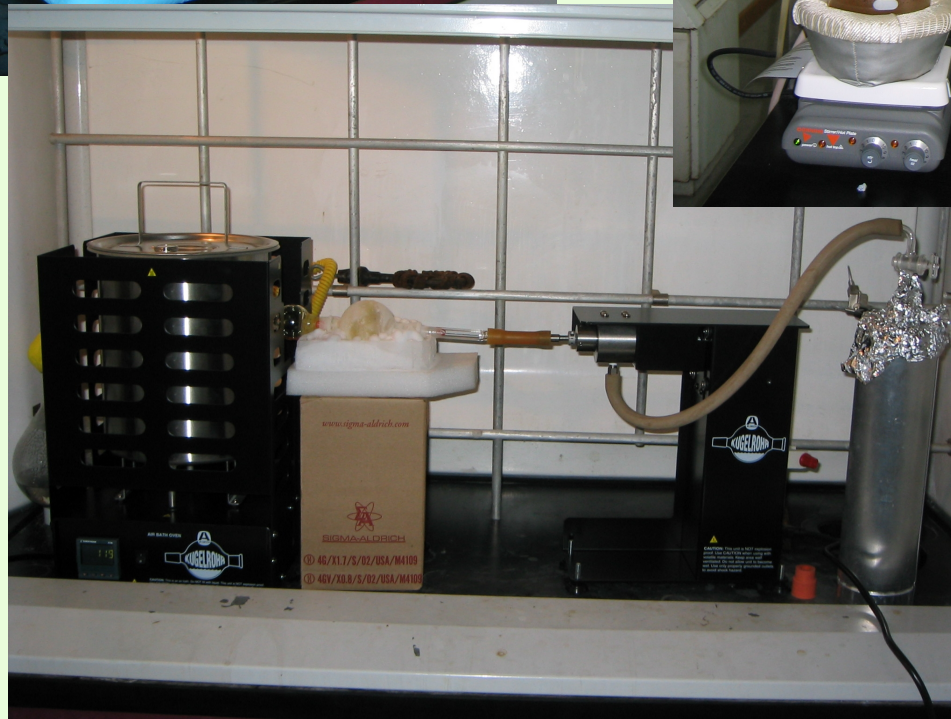
⇒ Films of ~100 nm.



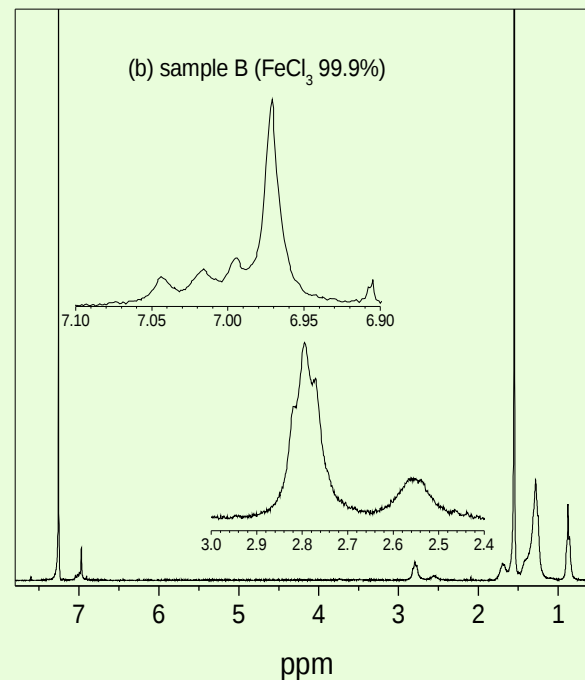
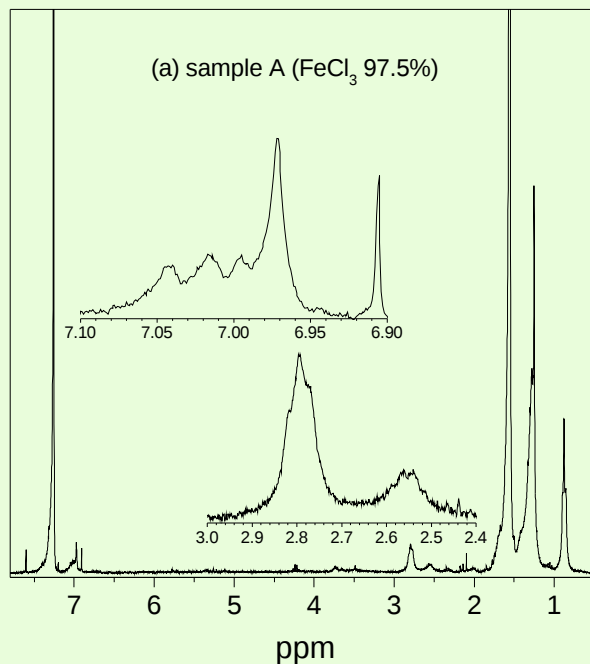
Polimerización de 3-octiltiofeno o 3-hexiltiofeno (María Elena Nicho):



- 1.8 g (0.0111 mol) FeCl_3 in 100 ml CHCl_3 .
- 2.45 g (0.0125 mol) distilled and cold octylthiophene in 30 ml CHCl_3 .
- Stir the mixture for 24 h.
- Put the mixture in 500 ml methanol.
- Filter the mixture with Buchner funnel.
- Wash the precipitate with methanol, HCl (10%), distilled water and acetone.
- Dry the product (black powder).
- Dissolve in toluene or CHCl_3 .
- FT-IR and MNR characterizations confirm the P3OT or P3HT product.



Dra. Ma.Elena
Nicho's Lab. in
CIICAp-UAEM

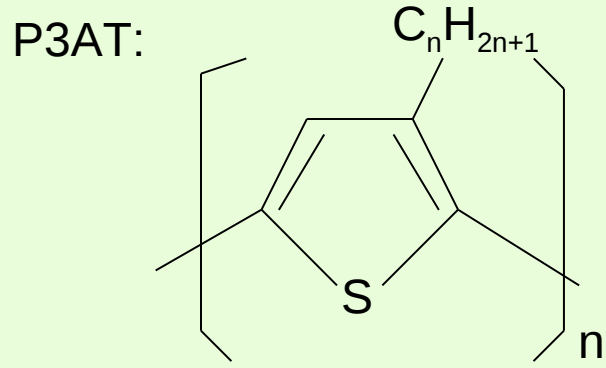


^1H NMR spectra of poly(3-octyl-thiophene) products synthesised with the anhydrous FeCl_3 of different purity: (a) 97.5 % and (b) 99.9 %.

Polymer sample (FeCl_3 %)	Configuration of dyads (%)		Configuration of triads (%)				Molecular weight		
	HT	HH	HT-HT	HT-TT	HT-HH	TT-HH	Mn (g/mol)	Mw	PD
A(97.5%)	77	23	40	19	23	18	4463	11166	2.502
B(99.9%)	79	21	59	17	15	9	10711	37277	3.480

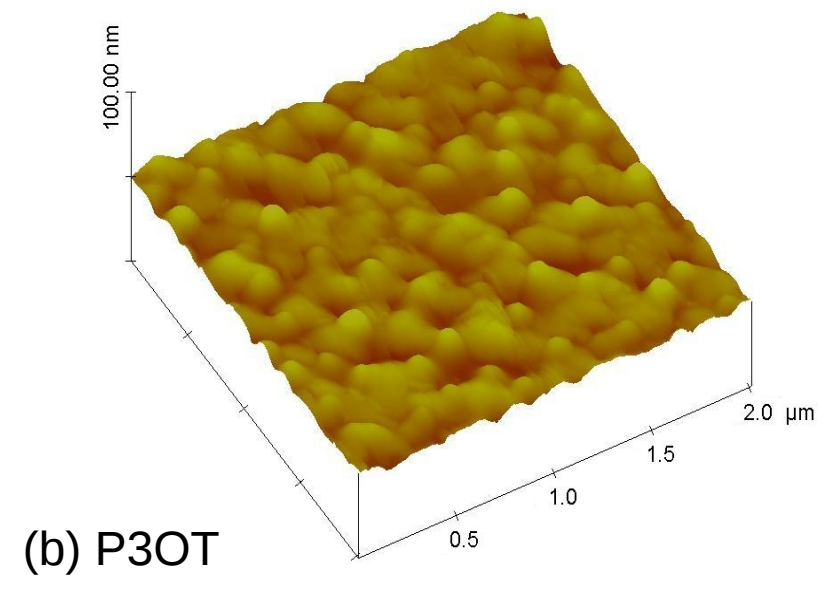
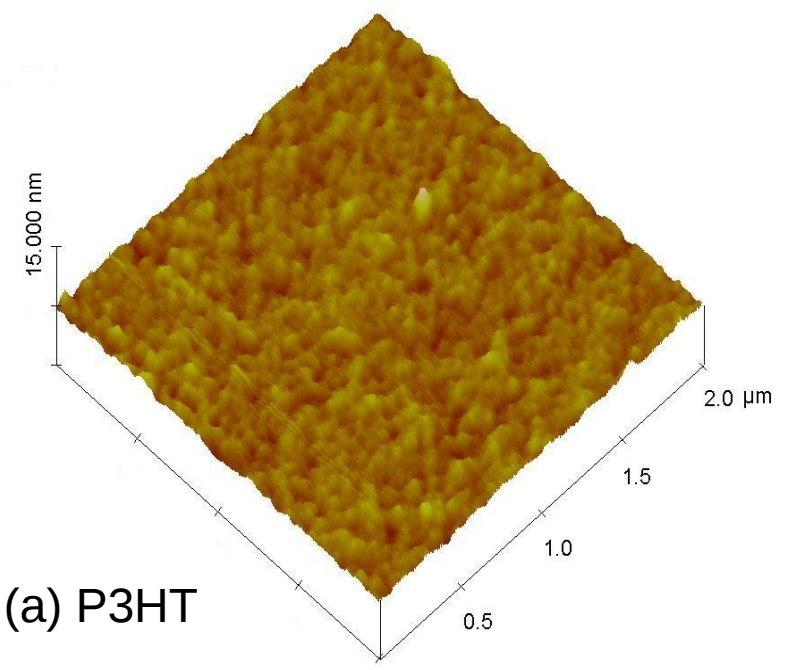
Regioregularity and molecular weight measurements of P3OT samples.

Ref. C. López-Mata, M.E. Nicho, Hailin Hu, G. Cadenas-Pliego, E. García-Hernández, Thin Solid Films 490 (2005) 189 – 195

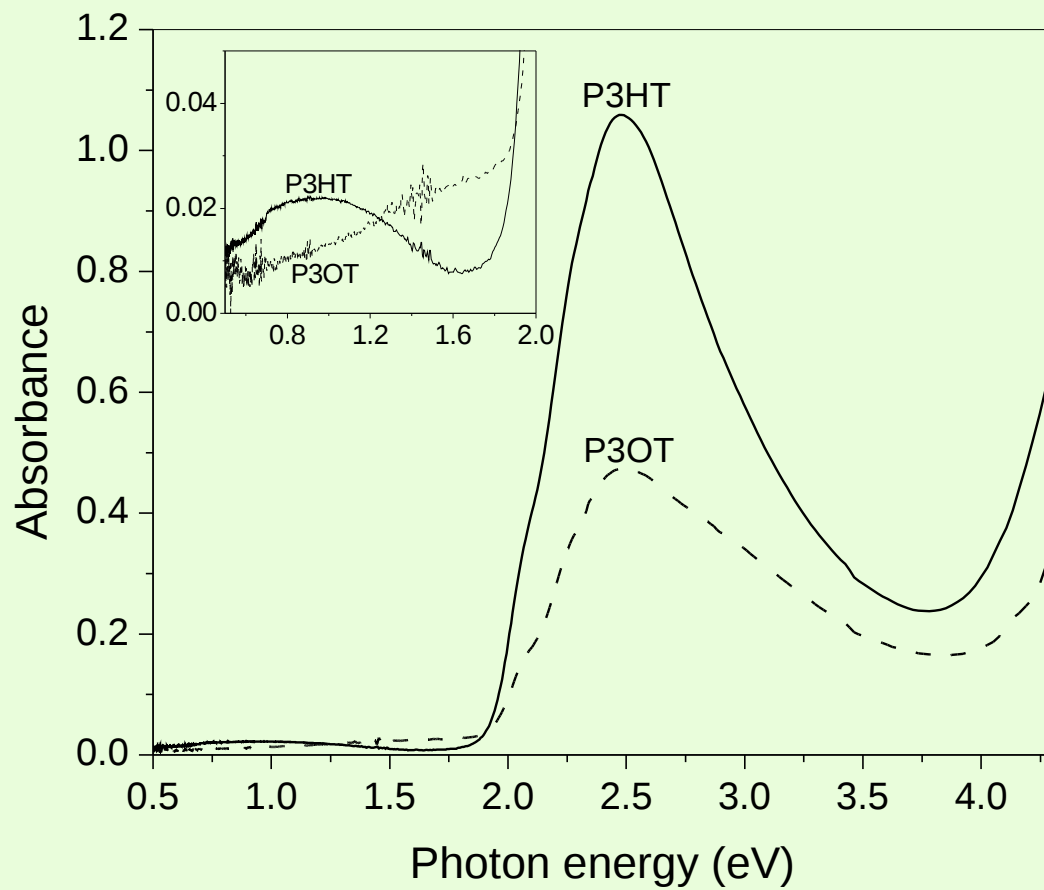


P3OT:
n=8

P3HT:
n=6

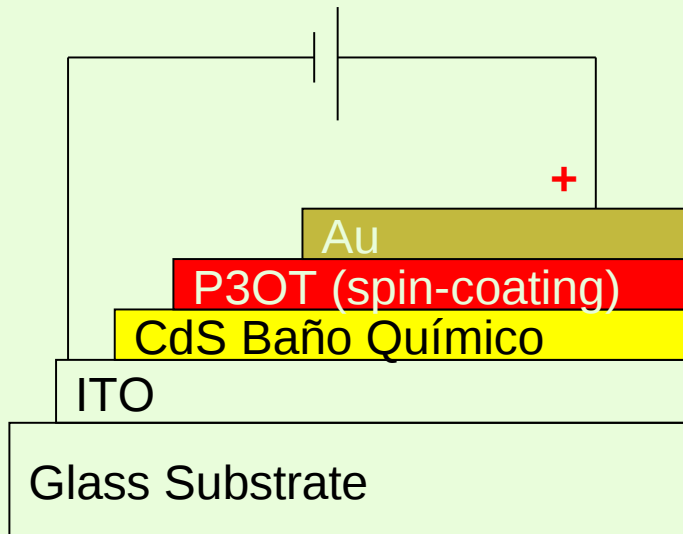


M. E. Nicho*, F. Hernández, H. Hu, G. Medrano, M. Güizado and J.A. Guerrero,
Solar Energy Materials & Solar Cells 93(2009) 37-40.



M. E. Nicho*, F. Hernández, H. Hu, G. Medrano, M. Güizado
and J.A. Guerrero, SEMSC 2008, aceptado.

Películas por goteo (0.7-15 μm) y por *spin-coating* (50-600 nm)



Spin-coated pristine P3OT films from with different polymer solution concentration in toluene :
(d) 5 , (b) 10, (c) 15, (d) 20
(e) and (e) 30 mg/ml.

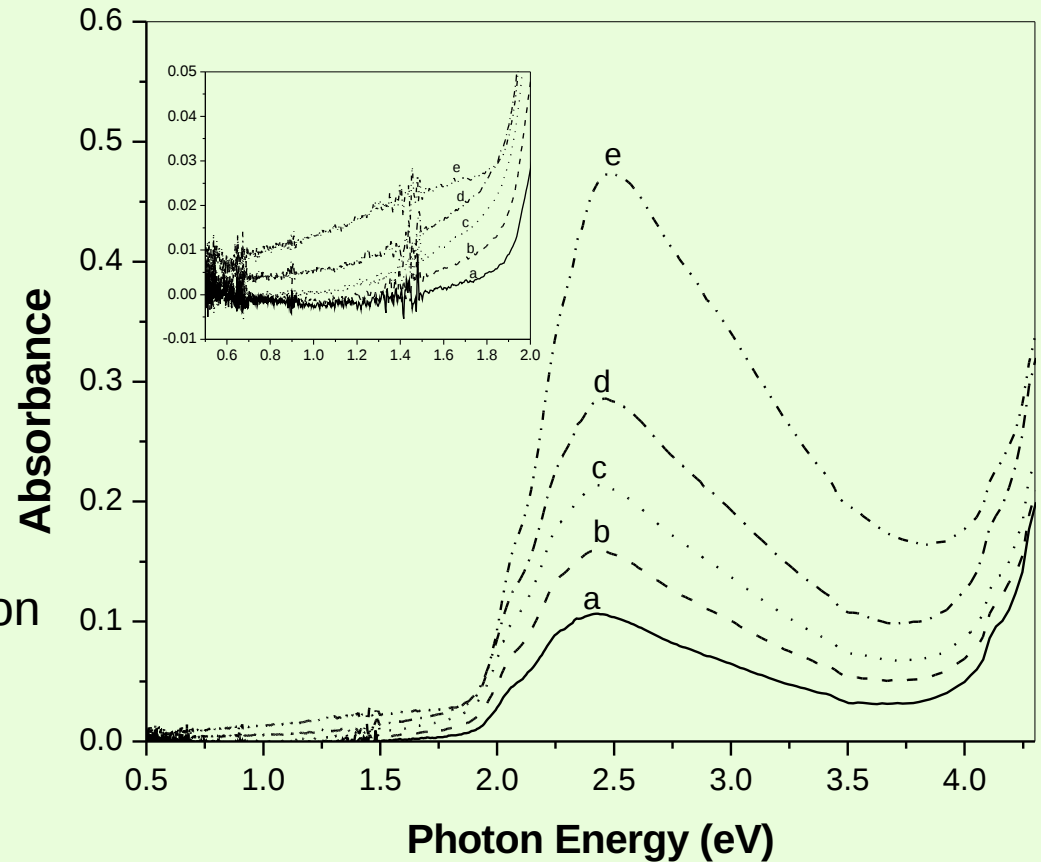
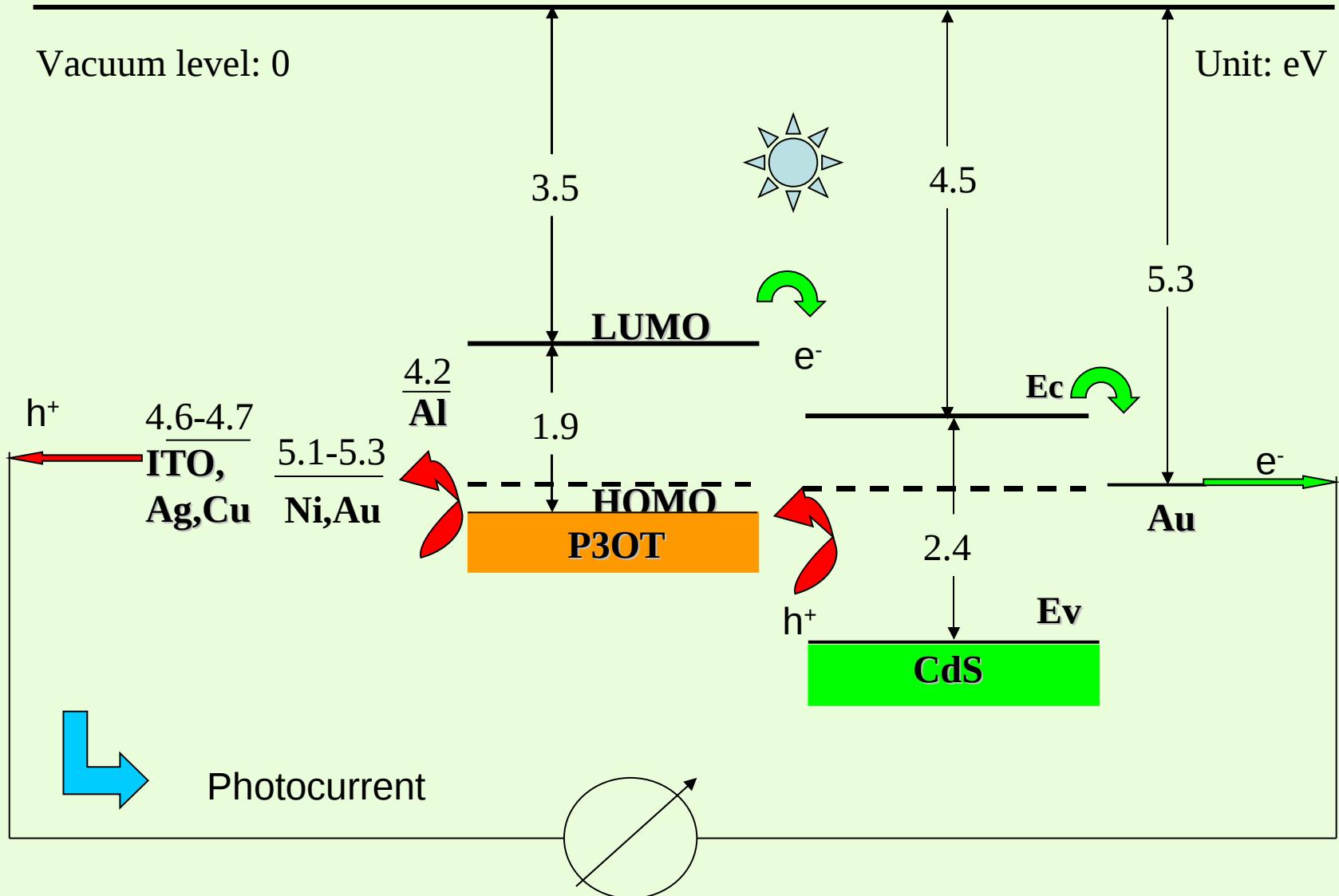
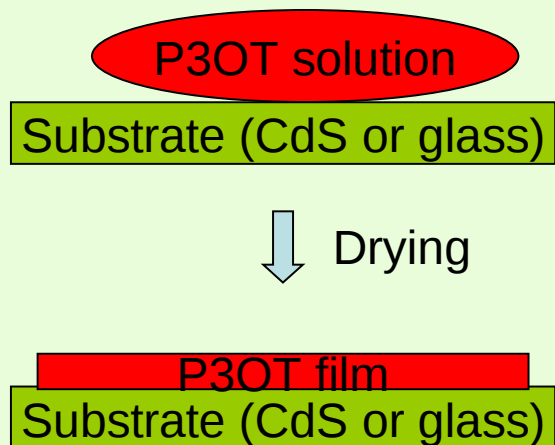


Diagrama de niveles energéticos



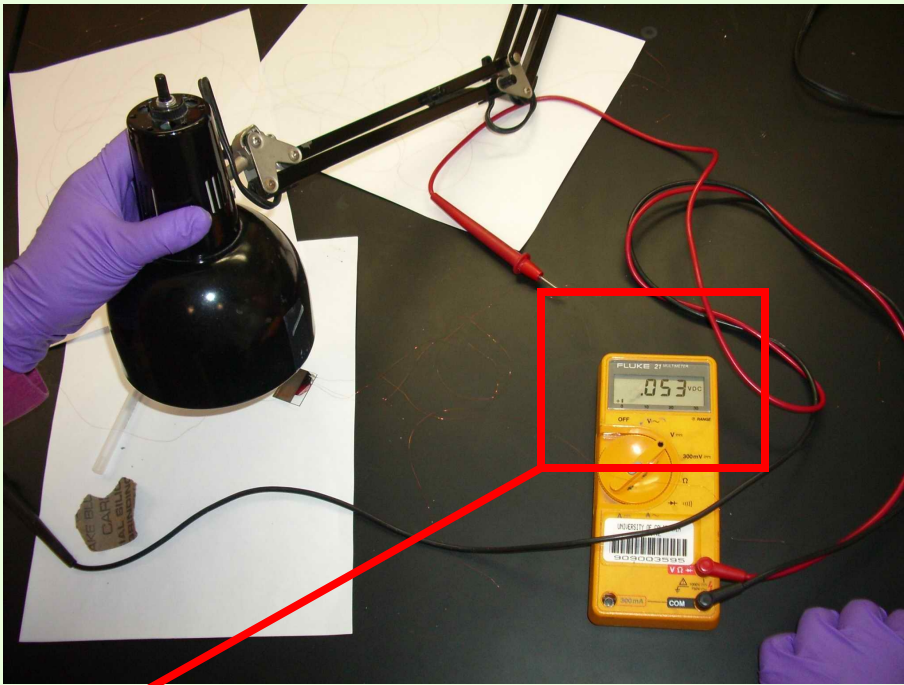
Un ejemplo de la preparación de la heterounión:
CdS. Baño químico (M.T.S Nair & P.K.Nair).
P3OT: goteo



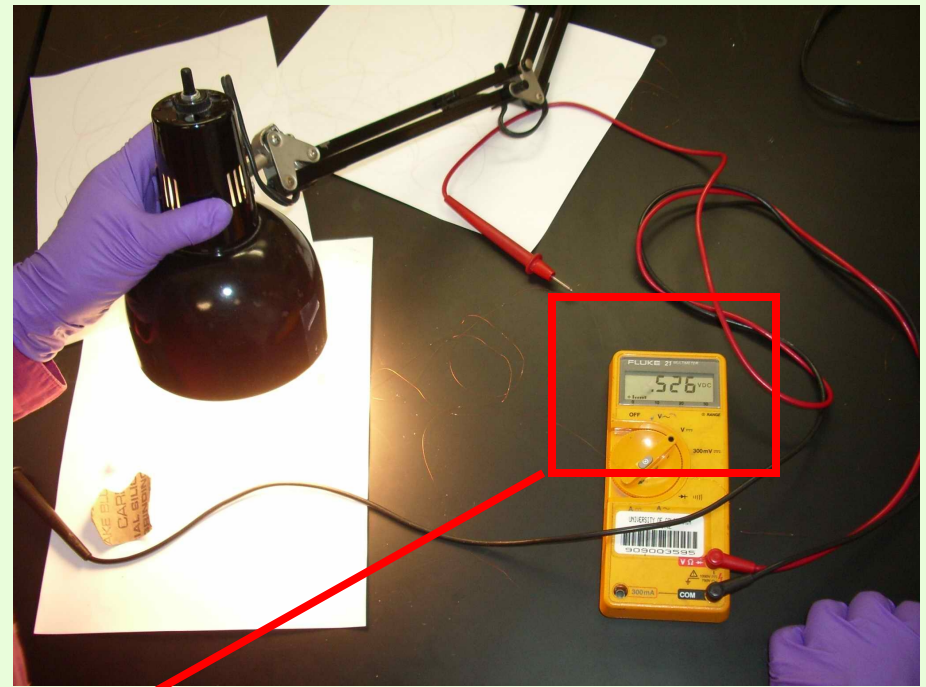
P3OT : Toluene = 1mg/1ml



150F ~ (65C), por una hora



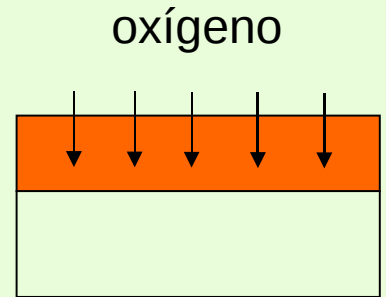
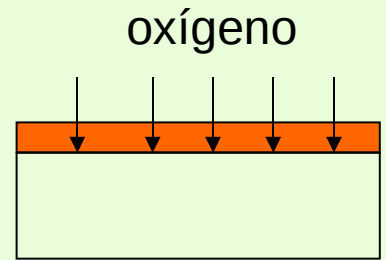
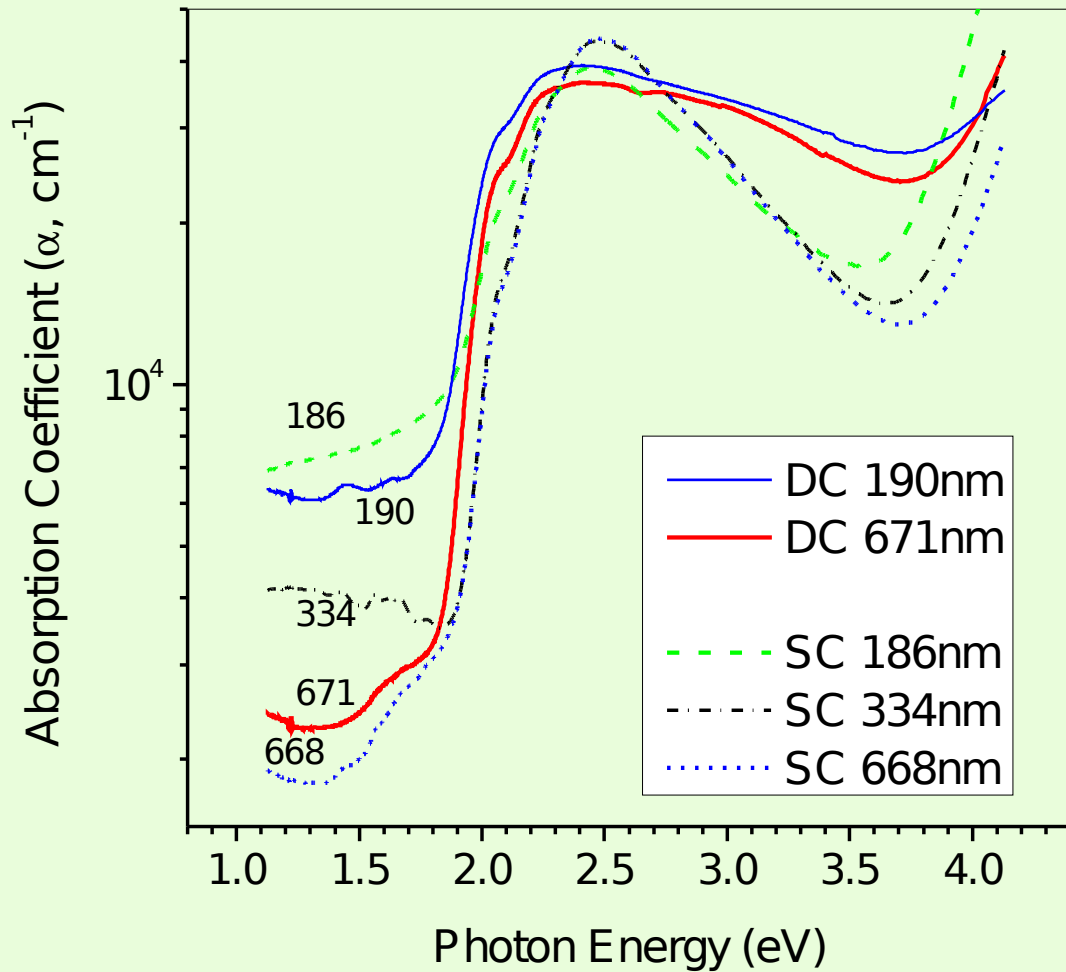
Voltage generated by fluorescent light tube (background light).

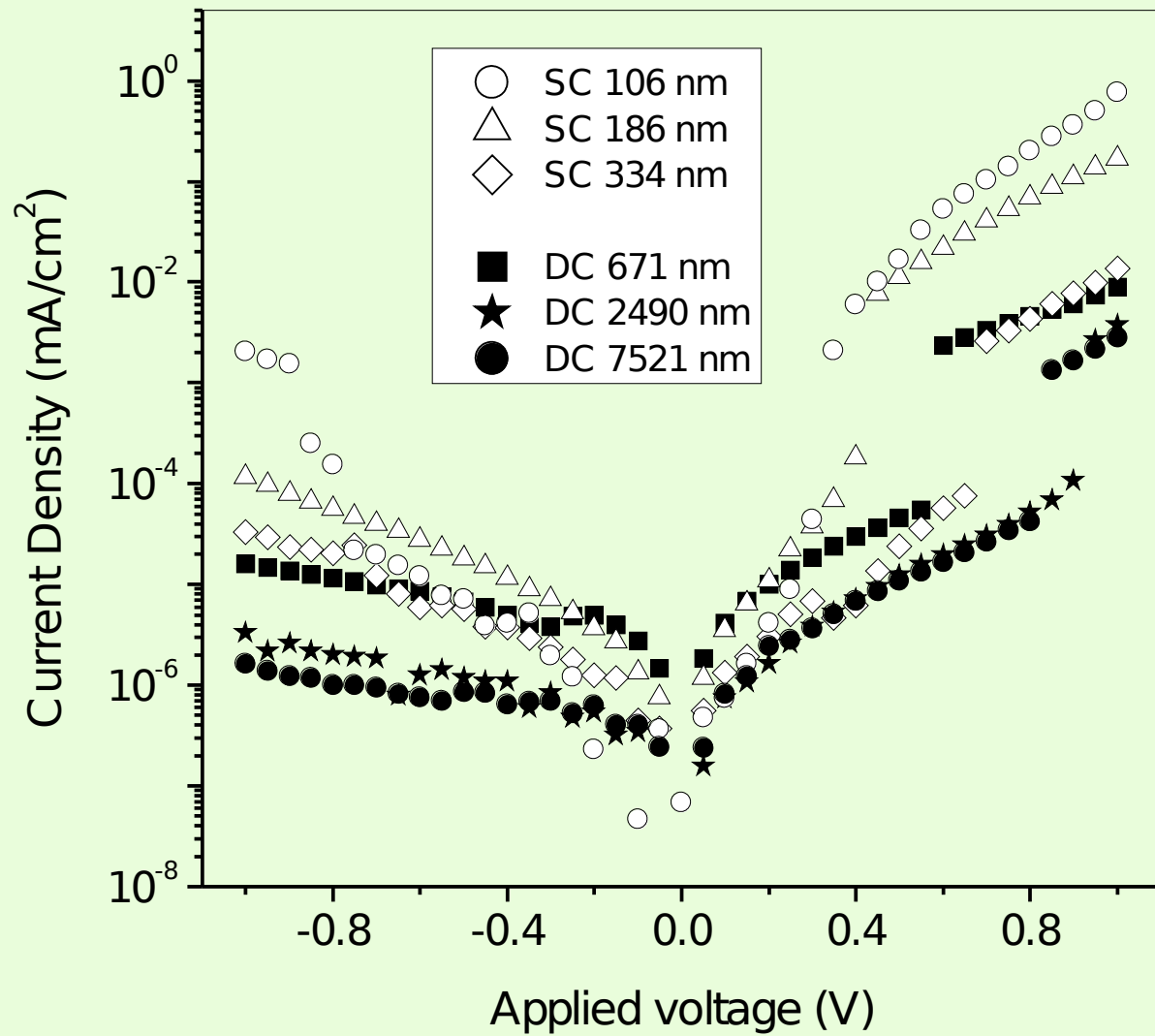


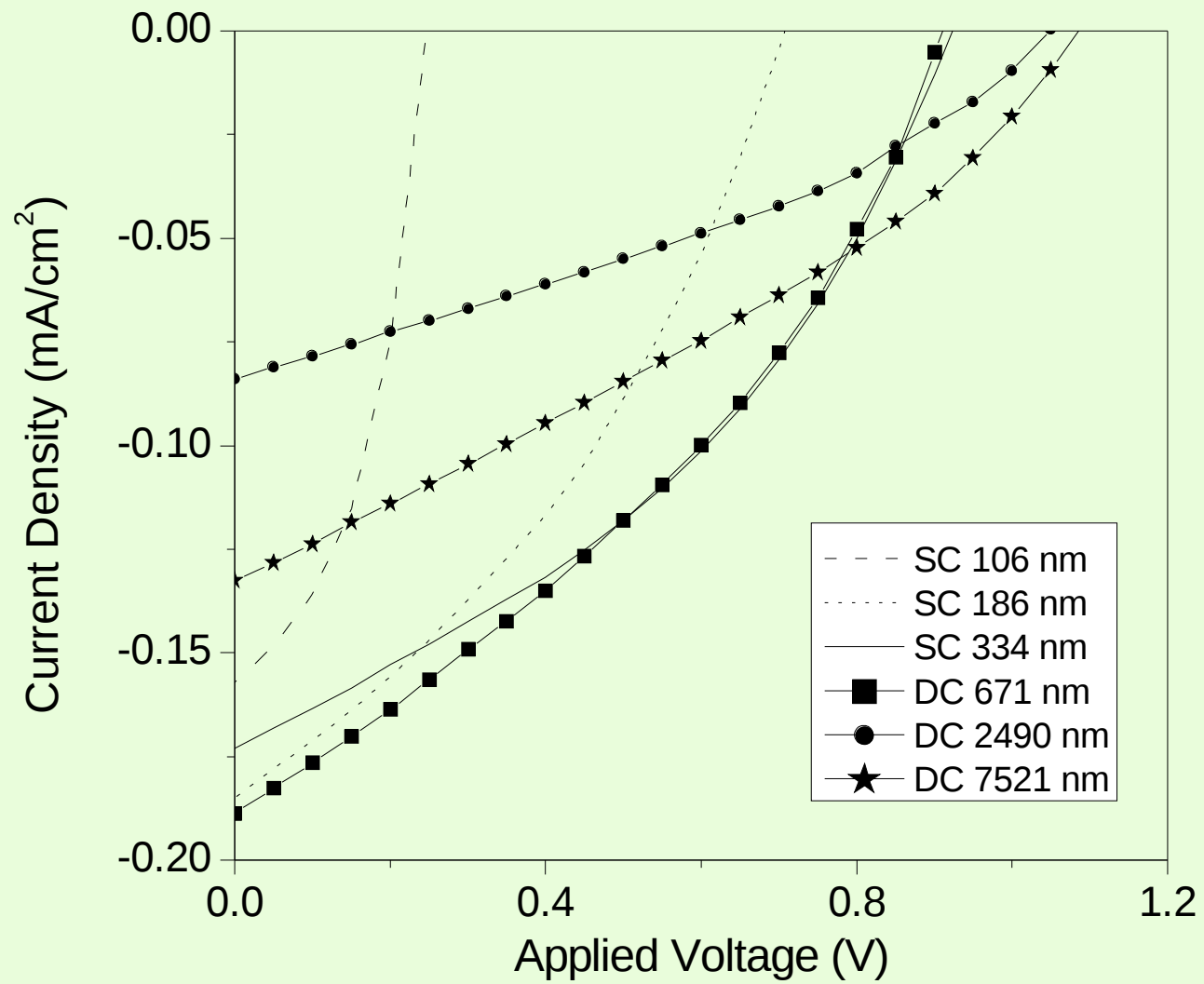
Voc voltage generated by incident light bulb.

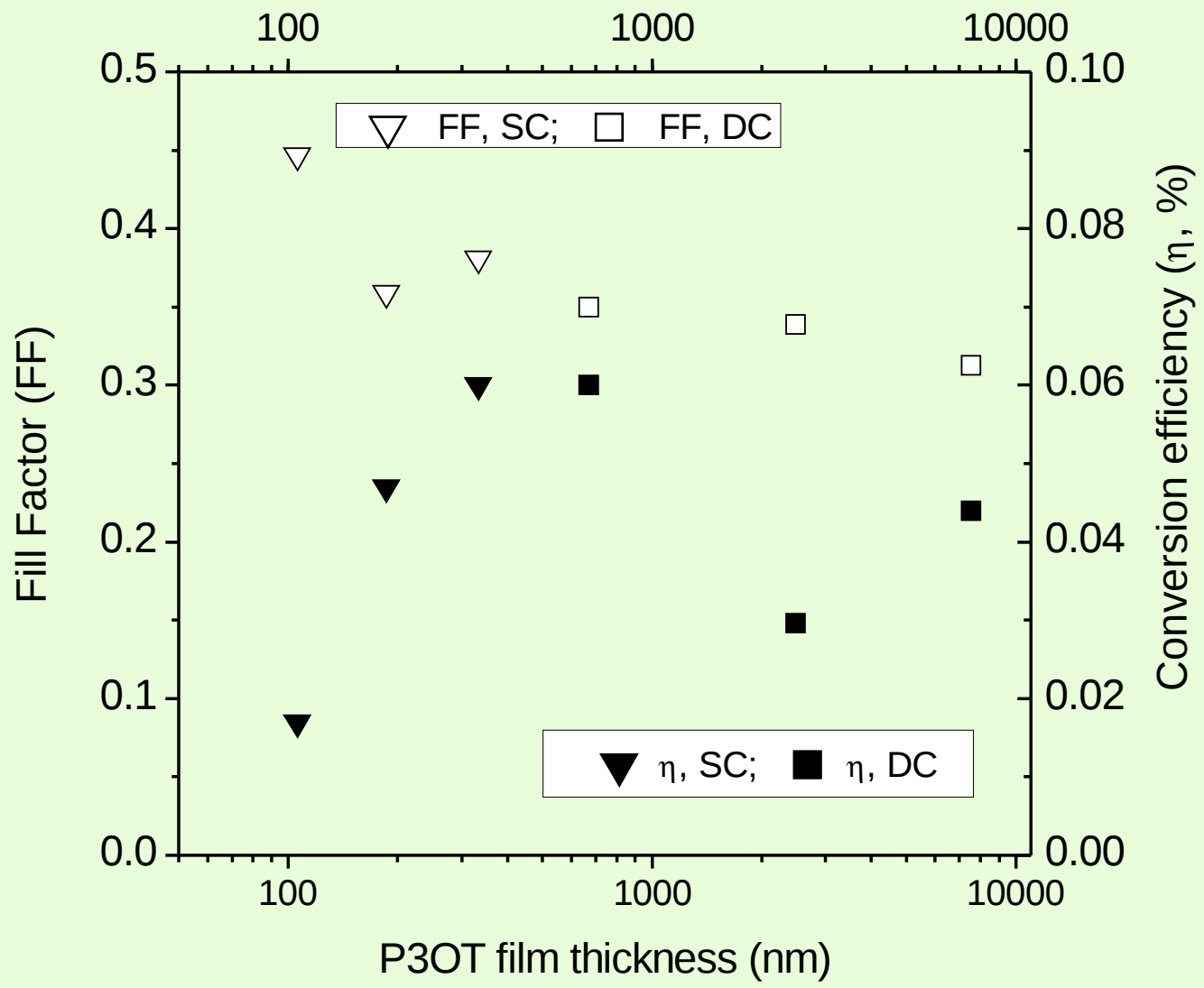
Table. P3OT film thickness as functions of P3OT solution concentration and the film preparation method.

P3OT solution concentration (mg/mL)	2.5	5	10	20
Spin-coated (SC) P3OT film thickness (nm)		106	186	334
Drop-cast (DC) P3OT film thickness (nm)	671	2490	7521	









ITO/TiO₂/P3OT/Au

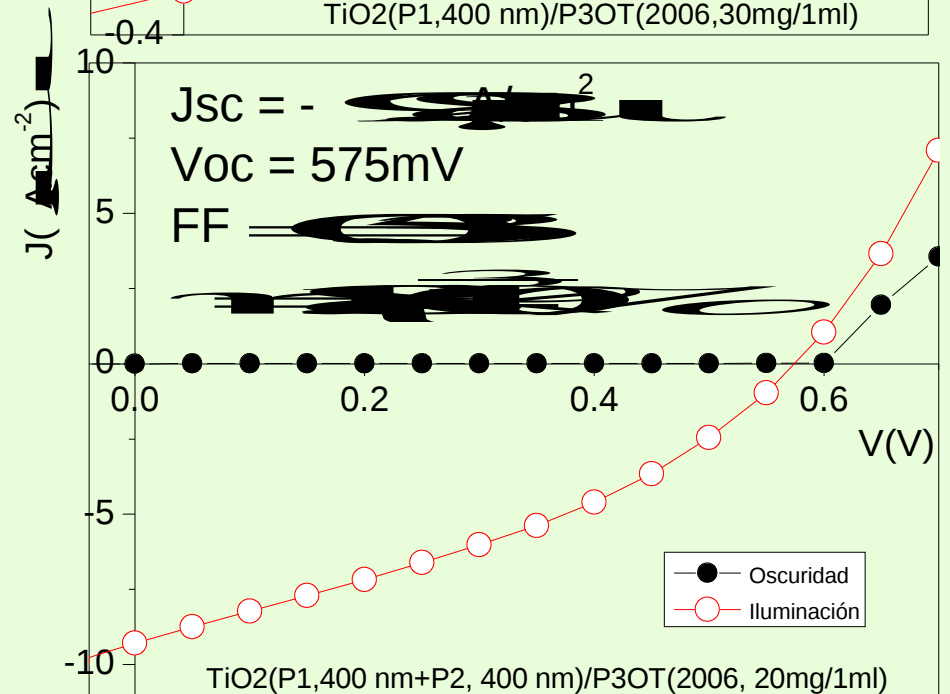
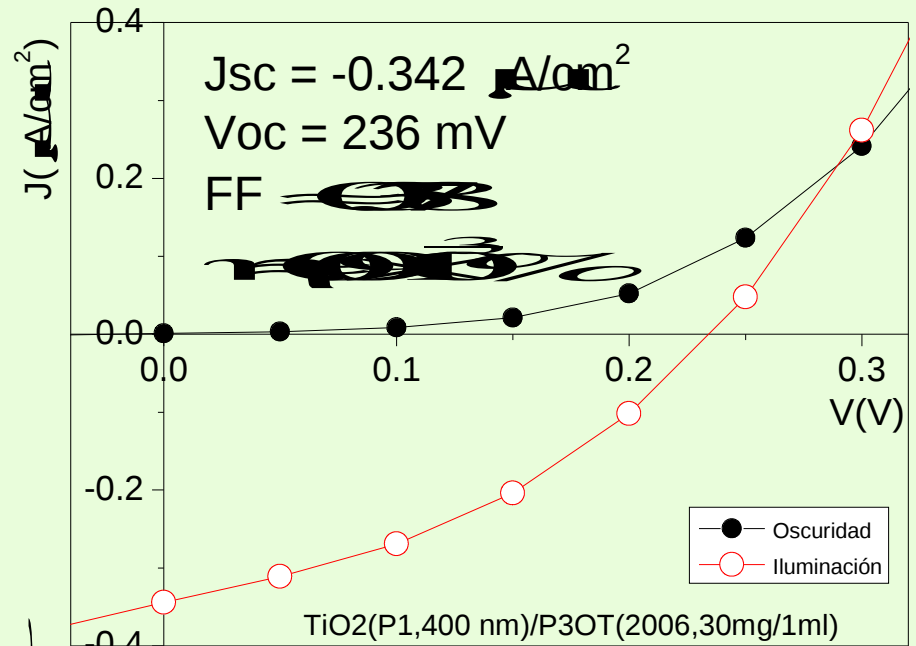
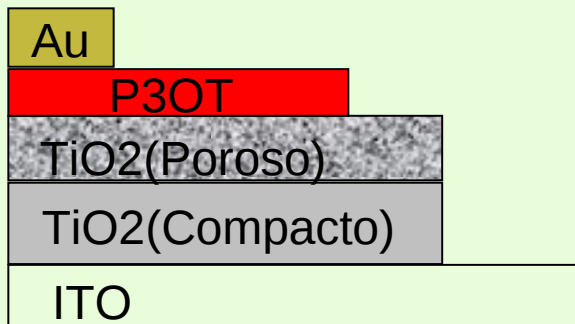
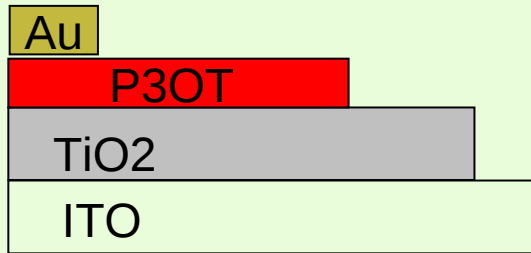


Table 2. Fill factor (FF), conversion efficiency (η), series (R_s) and shunt (R_{sh}) resistances, potential barrier (ϕ_B), and rate of short-circuit current/ saturation current (I_{SC}/I_0) of ITO/CdS/P3OT/Au solar cells with different P3OT film thickness (d).

d (nm)	FF	η (%)	R_s (Ω)	R_{SH} (Ω)	$\phi_{B,exp}$ (V)	I_{SC}/I_0
106	0.45	0.017	3.49×10^4	4.68×10^5	0.30	1.69×10^3
186	0.36	0.047	9.91×10^4	4.04×10^5	0.40	0.51×10^3
334	0.38	0.060	1.10×10^5	5.26×10^5	0.65	1.08×10^4
671	0.35	0.060	6.74×10^4	2.71×10^5	0.55	1.53×10^4
2490	0.34	0.030	2.75×10^5	1.17×10^6	0.90	1.46×10^5
7521	0.31	0.044	1.01×10^5	3.00×10^5	0.80	1.02×10^5

Conclusiones

- Poli3-octiltiofeno es un polímero semiconductor soluble y el nivel de HOMO es ~ 5.4 eV y E_g de 1.8-1.9 eV.
- Se han obtenido altos valores de V_{oc} en heterouniones de CdS/P3OT con ITO u Au como contacto de trasero y con Au, Ag, o Cu como contacto de frente.
- Se han hecho celdas solares a base de TiO_2 (Sol-Gel)/P3OT. La capa porosa aumenta el área interfacial de la unión, aumentándose así la eficiencia.
- El espesor de P3OT, así como la morfología del mismo, juegan un papel importante en la eficiencia de las celdas.

Análisis sobre las celdas solares poliméricas:

- Las mejores eficiencias reportadas (4~5%) en celdas solares orgánicas, ya sean completamente orgánicas o híbridas, son de configuración de mezclas o bulto (mayor I_{sc} , menor V_{oc}). Las de multicapas, 1~ 2% (menor I_{sc} , mayor V_{oc}).
3. Problema de síntesis de P3AT.
 5. Problema de segregación entre diferentes materiales en una celda de bulto.
 7. Sellado de las celdas para evitar el contacto con el aire.
 9. Antireflejante para el UV.
 11. Contactos que dan mayor fotocorriente.