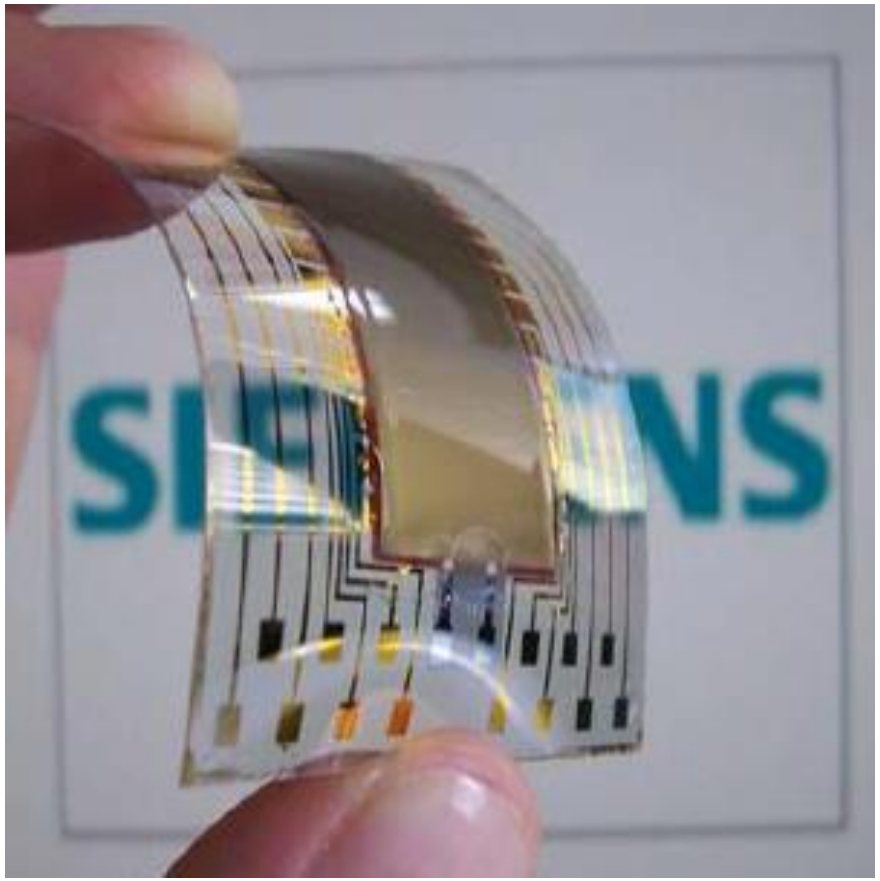
به نام خدا

آشکارسازهای نوری ارگانیک

استاد : پروفسور محمدنژاد

دیماه ۹۶

بررسی و تحلیل آشکار سازهای نوری ارگانیکی



۱- ویژگی های مواد ارگانیک

۲- مواد ارگانیک در آشکارسازهای نوری

۳- ساختار آشکارسازهای ارگانیگ

۴- فناوری‌های ساخت

۵- کاربردها و نوآوری ها

۶- جمع بندی و مقایسه با آشکارسازهای نوری نیمه هادی

هیدکی شیراکاوا

دانشگاه تساکابا

ژاپن

آلن مک‌دی‌آرمید

دانشگاه پنسیلوانیا

آمریکا

آلن هیگر

دانشگاه کالیفرنیا

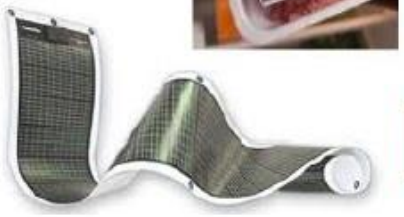
آمریکا

جایزه نوبل شیمی سال ۲۰۰۰ : کشف و توسعه پلیمرهای رسانا

ویژگی های مواد ارگانیک

Flexible displays

Flexible sensors



Flexible solar cells

Flexible light

مزایا

۱- تهیه آنها به صورت لایه‌های نازک بسیار راحت است.

۲- مقدار کمی از مواد آلی برای تولید انرژی کافی است.

۳- خصوصیاتی مثل نوار باند ممنوعه، باند رسانش، باند ظرفیت، هدایت الکتریکی، حلالیت و غیره در این مواد قابل کنترل هستند.

۴- تنوع در اندازه نوار باند ممنوعه در این مواد باعث می‌شود که مواد آلی در طول موج‌های متفاوتی جذب کنند.

۵- انعطاف پذیری مواد آلی مانند پلیمرها امکان ساخت به صورت سطوح منحنی را فراهم می کند.

۶- امکان تولید لایه‌های نازک با سطوح بزرگ را دارا هستند.

۷- برتری‌های اقتصادی (قیمت ارزان تر) و زیست محیطی نسبت به مواد غیر آلی دارند.

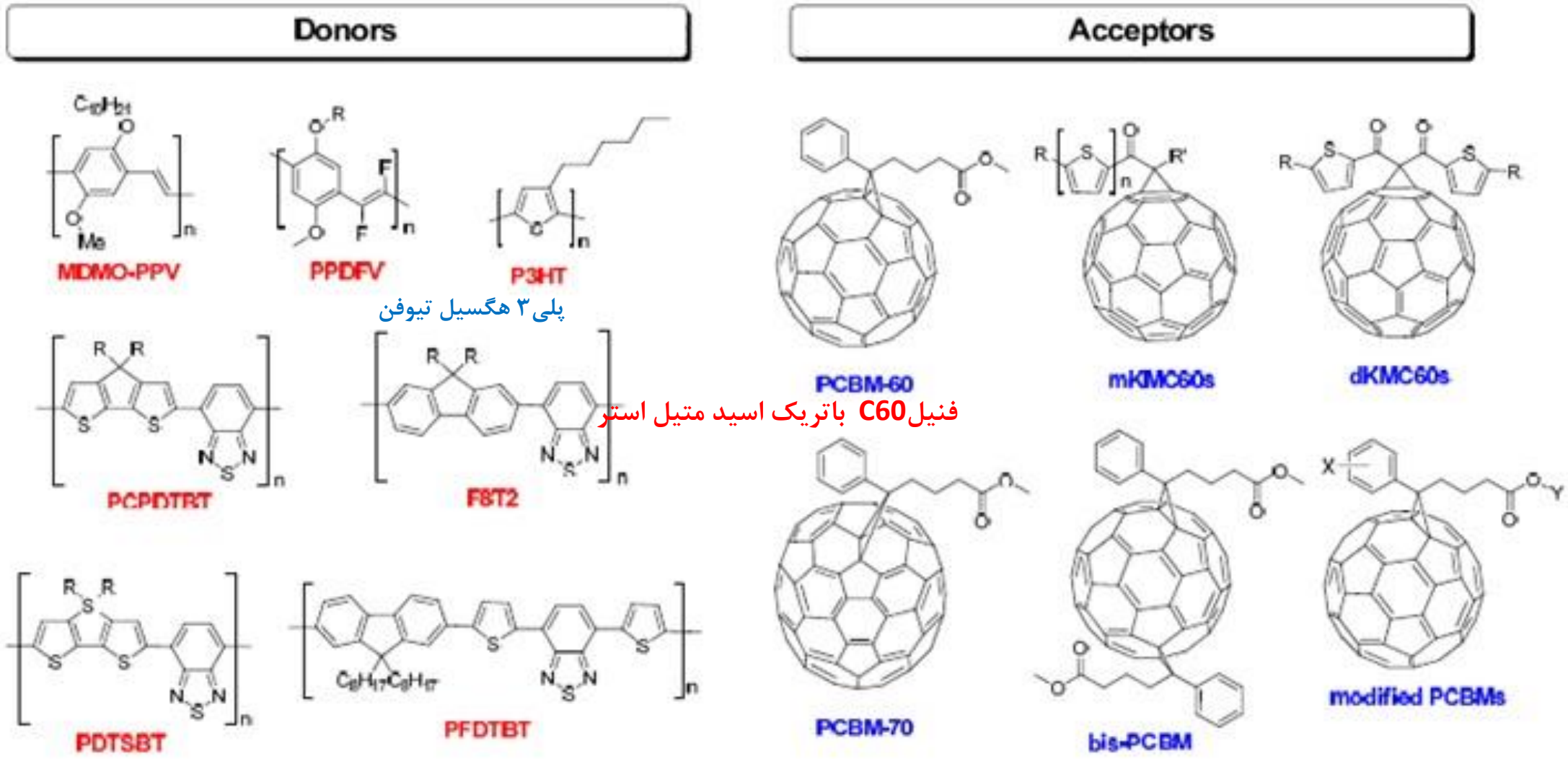
معایب

۱- موبیلیتی و پهنای باند پایین تر نسبت به مواد غیر آلی

۲- طول عمر پایین تر نسبت به مواد غیر آلی

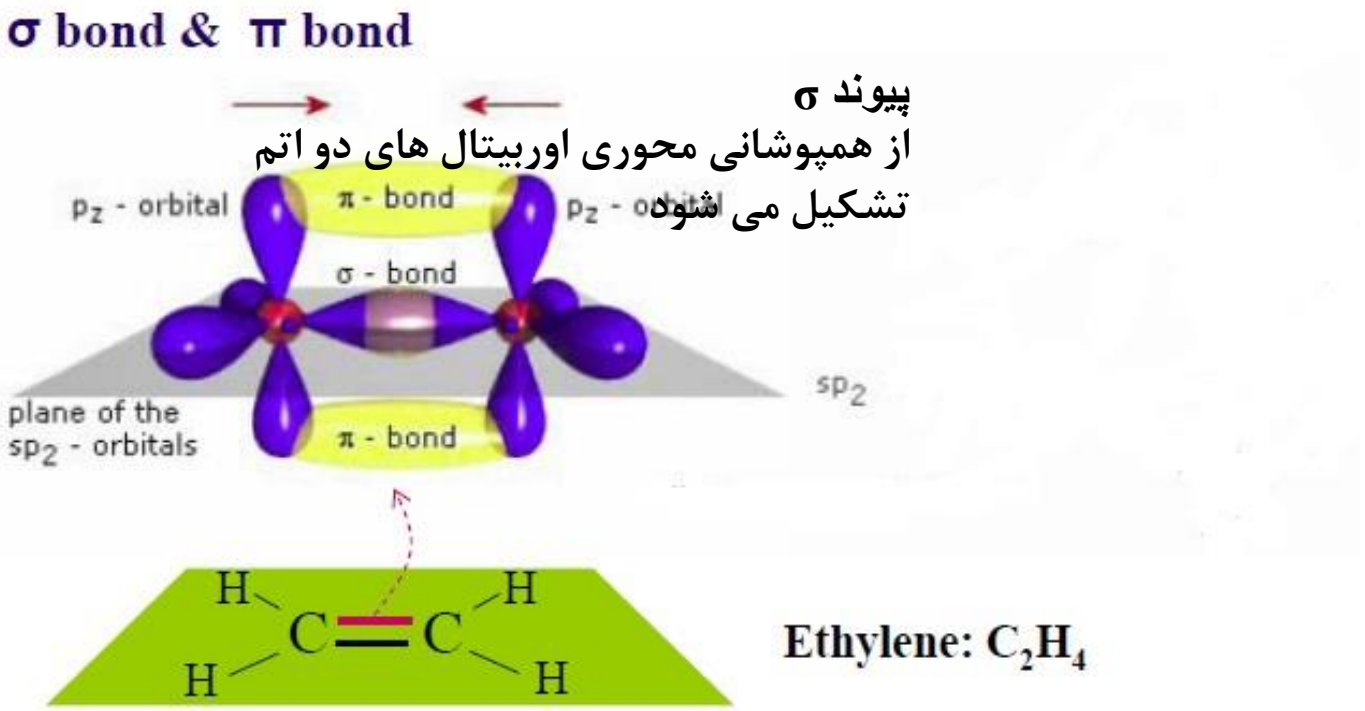
۳- مقاومت بالا و هدایت الکتریکی کمتر نسبت به مواد غیر آلی

مواد مختلف قابل استفاده



شکل (۱): مواد آلی بخشنده و پذیرنده پرکاربرد در آشکارسازهای نوری ارگانیک

مواد مختلف قابل استفاده



σ bond ⇒ link the maintenance of the molecule

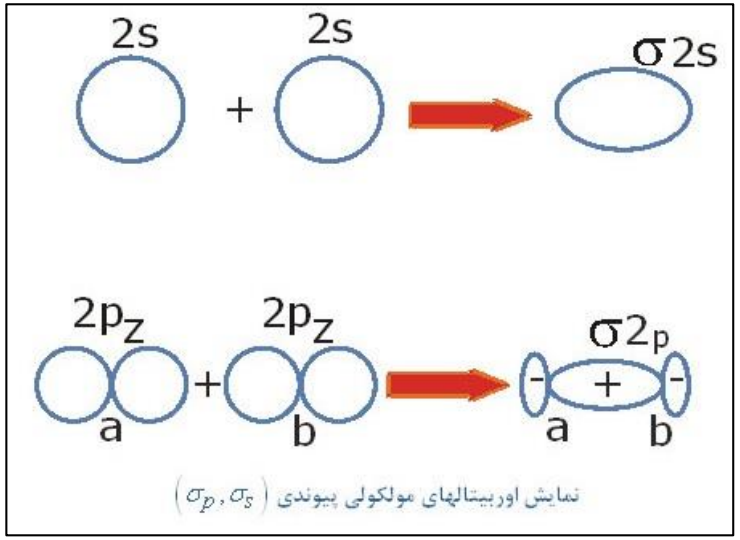
π bond ⇒ electronic properties

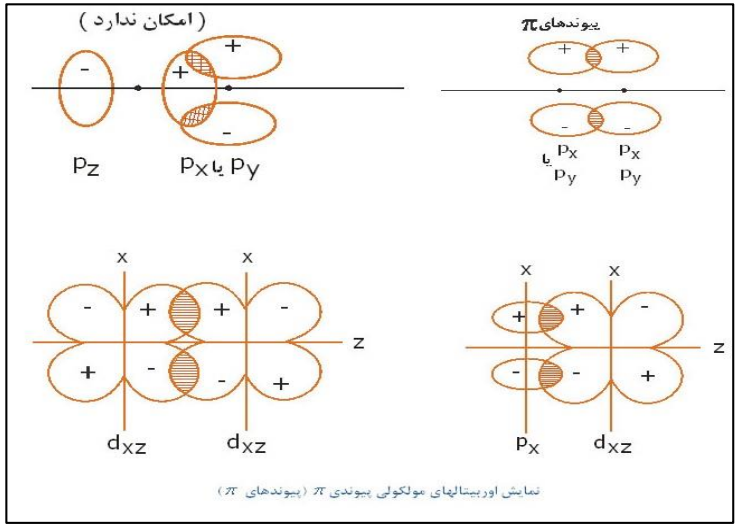
شکل (۲): پیوند π و σ در مولکول های مواد آلی

مواد مختلف قابل استفاده

پیوند π
از همپوشانی جانبی دو اوربیتال p ، یک اوربیتال p با یک اربیتال d و یا دو اوربیتال d

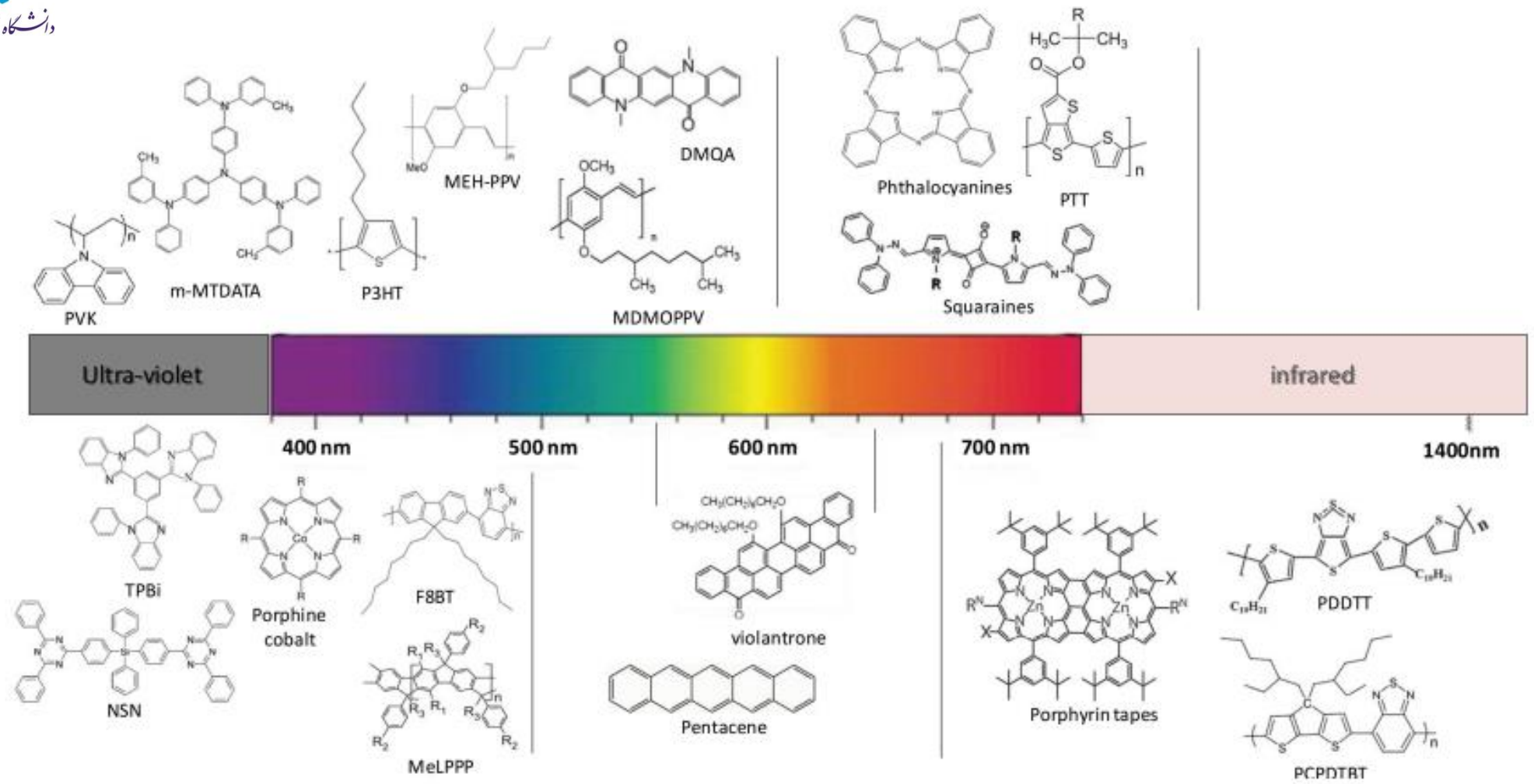
پیوند σ
از همپوشانی محوری اوربیتال های دو اتم تشکیل می شود





شکل (۳): پیوند π و σ در مولکول های مواد آلی

مواد مختلف قابل استفاده



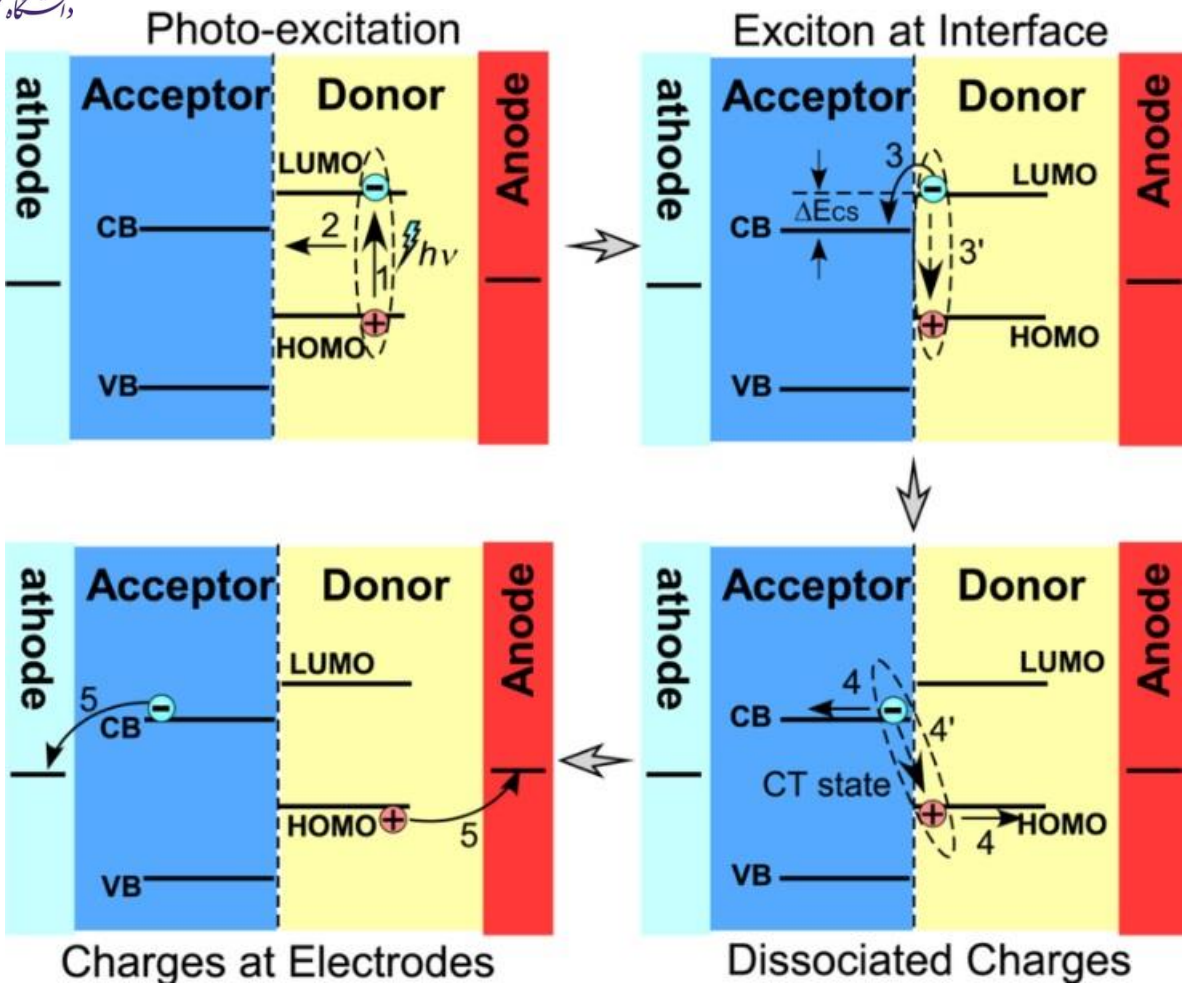
شکل (۴): مواد آلی متناسب با طول موج های طیف الکترومغناطیسی

اصول عملکرد آشکارساز نوری

۱- برخورد فوتون با مرز مشترک بخشنده و پذیرنده

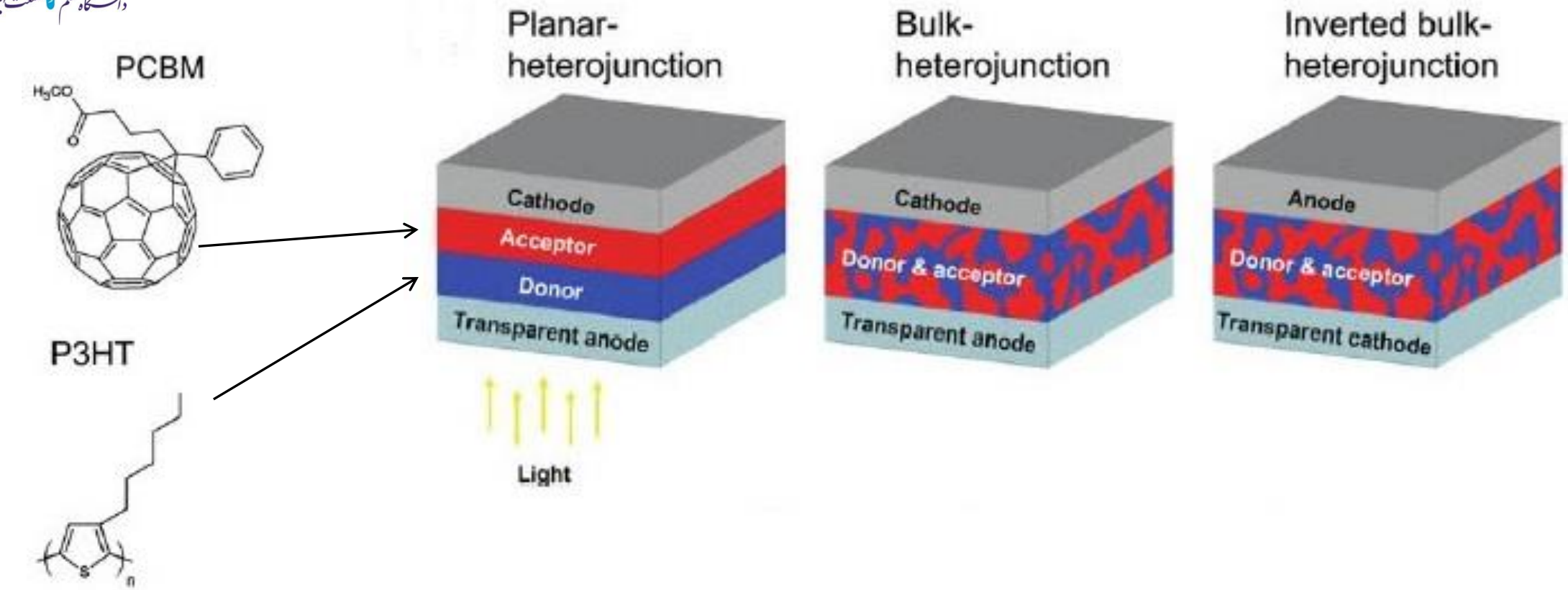
۲- جذب انرژی فوتون و تولید اکسیتون

۳- اعمال میدان الکتریکی و جذب الکترون و حفره به سمت کاتد و آند

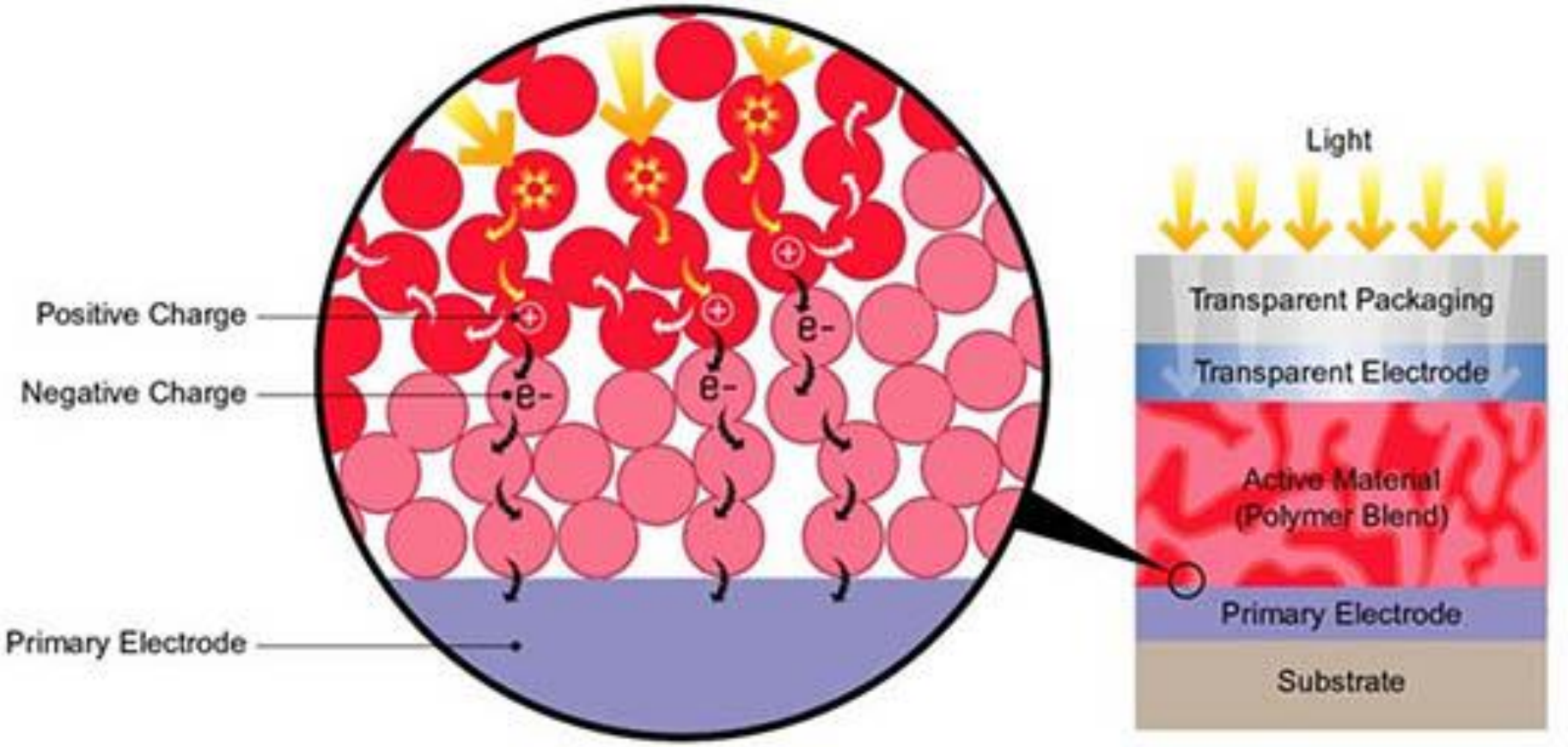


شکل (۵) : اصول عملکرد یک آشکارساز نوری

بررسی ساختارها

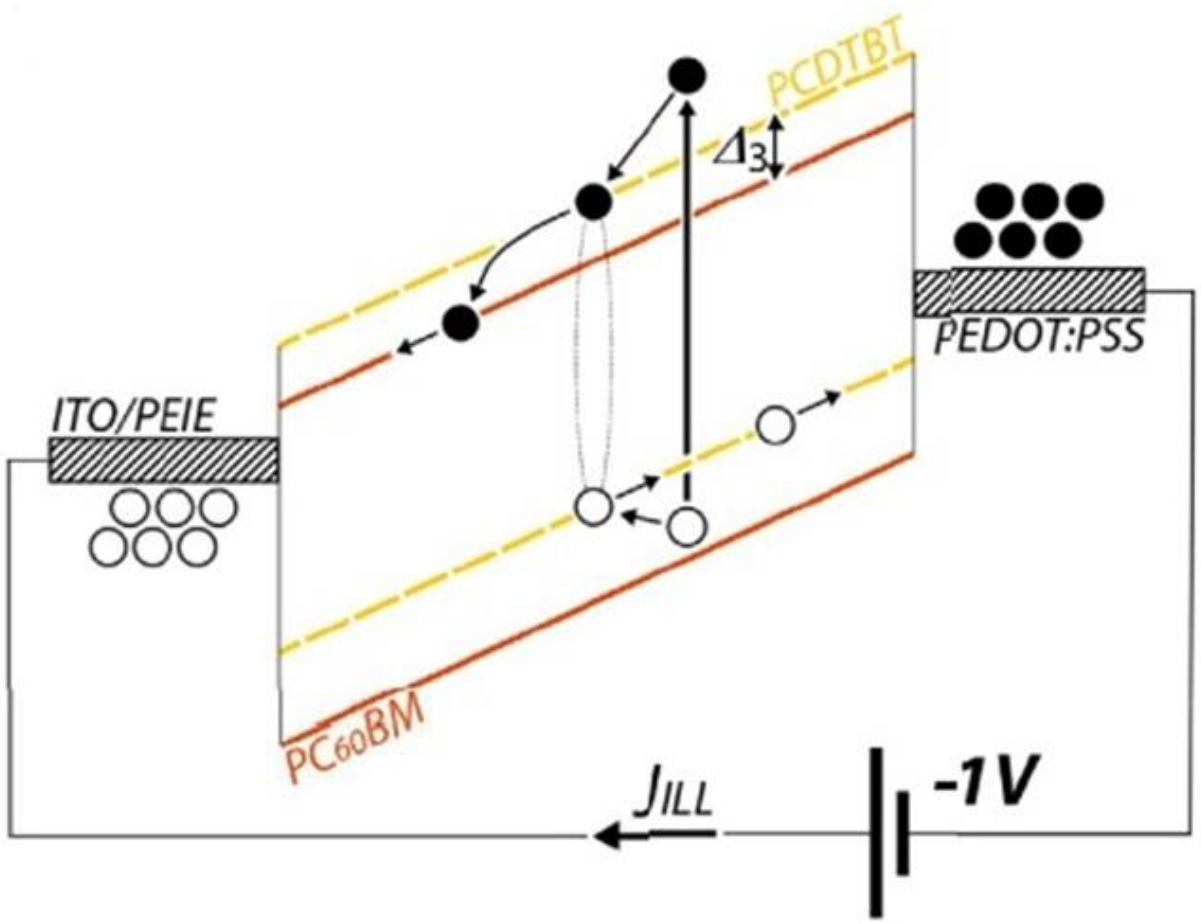


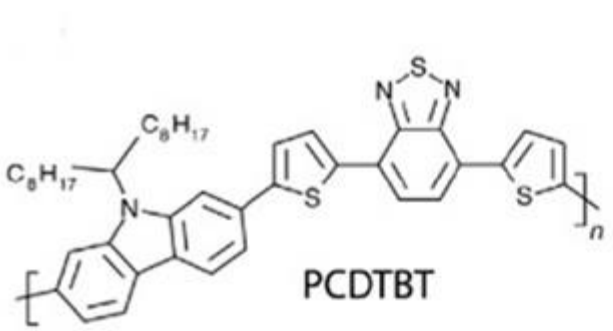
شکل (۶): انواع آشکارسازهای نوری ارگانیکی



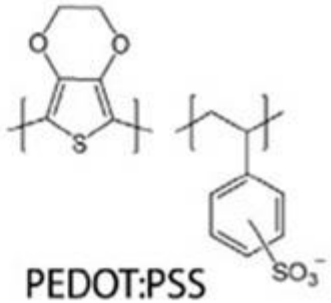
شکل (۷): چگونگی شکل گیری زوج الکترون و حفره در یک آشکارسازهای نوری ارگانیکی

بررسی ساختارها

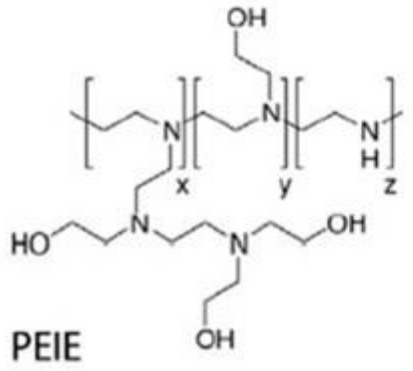




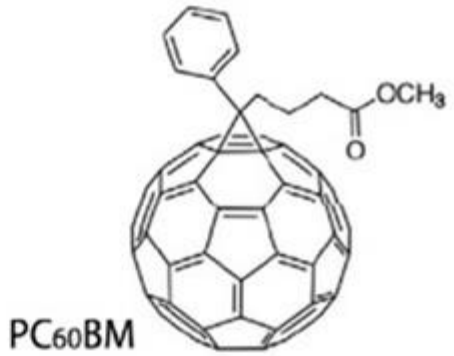
donor



Anode



Cathode



acceptor

شکل (۸): آشکارساز نوری ارگانیکی با تمام اجزاء آلی

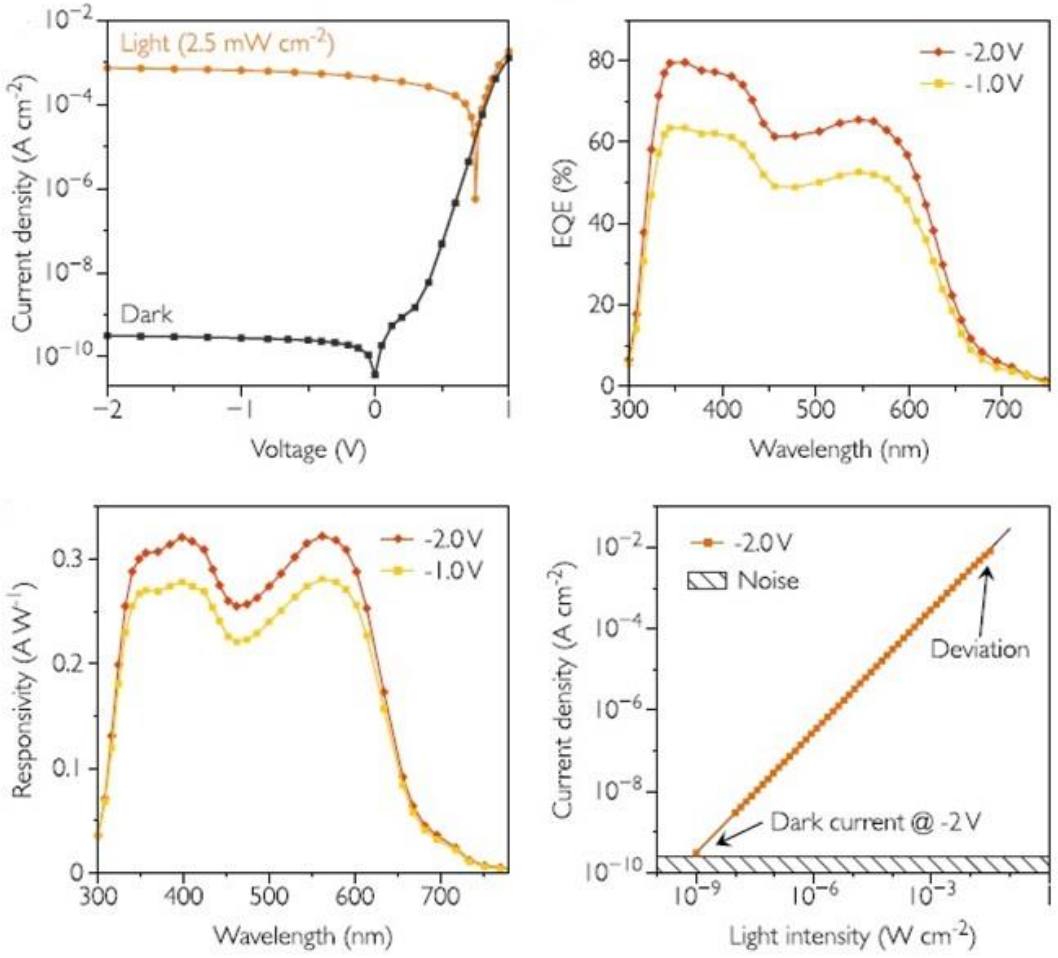
پارامترهای مهم یک آشکار ساز نوری ارگانیک

۱- جریان تاریکی (Dark Current)
میزان جریانی که در بایاس معکوس از آشکارساز بدون اعمال سیگنال نوری عبور می کند

۲- جریان روشنایی (Illuminated Current)
چگالی جریان آشکار ساز تحت بایاس و دریافت نور

۳- پاسخدهی(Responsivity)
نسبت جریان آشکار شده برحسب آمپر
تقسیم بر توان نوری ورودی بر حسب وات است

۴- بازده کوانتومی خروجی(External Quantum Efficiency)
تعداد الکترونهای تولید شده در آشکار ساز به ازای تعداد فوتونهای تابیده شده است

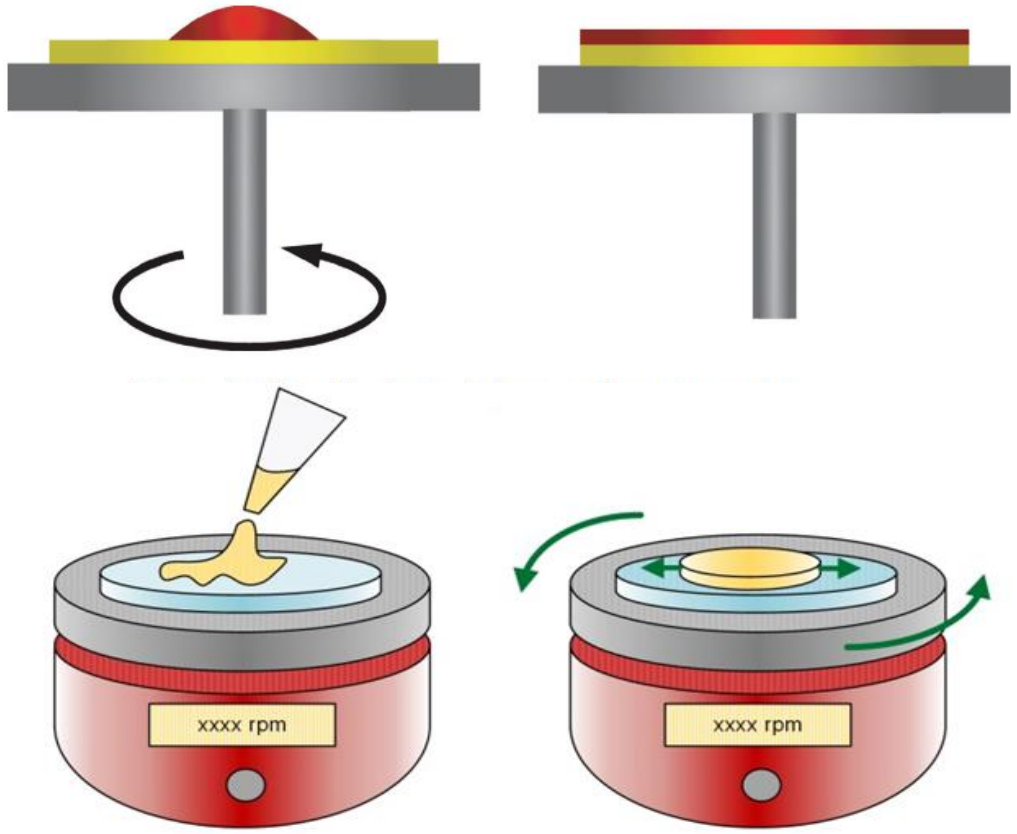


شکل (۹): پارامترهای مهم یک آشکار ساز نوری ارگانیک

1. Spin-coating

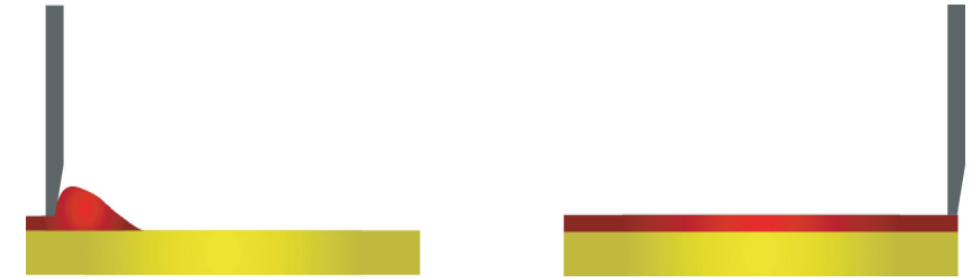
پوشش دهی چرخشی

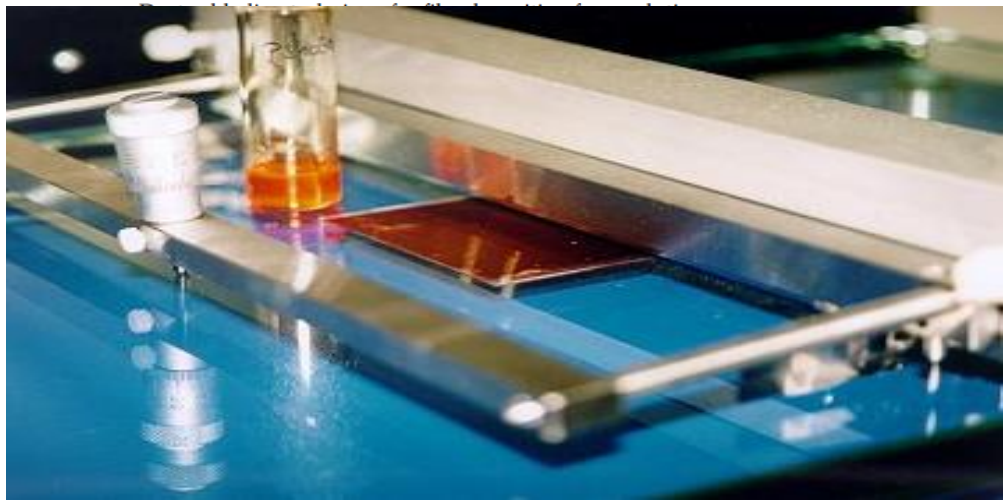
برای انجام پوشش به روش چرخشی، ابتدا مایعی از ماده مورد پوشش بر سطح زیرلایه و در مرکز زیر لایه پاشیده می شود. سپس زیر لایه با سرعت ثابتی می چرخد و نیروهای چسبنده سیالات موجب یک لایه نازک بر سطح زیرلایه می شوند. در این مرحله اگر سیال دارای حلال فرار باشد این حلال بخار می شود و لایه نازک پوشش بر سطح زیر لایه باقی می ماند. پس از خشک شدن لایه , ماده پوشش بر روی زیر لایه تولید شده است.



شکل (۱۰): فرایند لایه نشانی چرخشی

2. Doctor blading





شکل (۱۱): فرایند لایه نشانی بلیدینگ

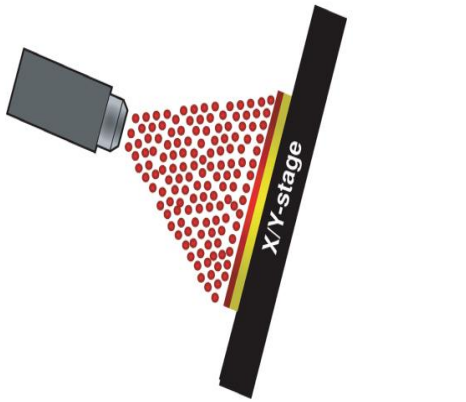
بلیدینگ

در این روش با استفاده از یک روبشگر که دارای حرکت خطی است با سرعت برنامه ریزی شده ماده مورد نظر را بر روی زیر لایه به صورت یک لایه نازک با ضخامت دلخواه می نشاند.

3. Spray Coating

لایه‌نشانی پاششی

در این روش، یک محلول شیمیایی با ترکیب معدنی یا آلی تهیه شده و بر روی یک سطح داغ اسپری می‌شود و در نتیجه با انجام یک واکنش شیمیایی در سطح زیرلایه، یک لایه نازک از مواد ترکیبی تولید می‌گردد. این روش نسبت به روش‌های فیزیکی در خلأ، ارزان بوده و امکان لایه‌نشانی در سطوح بزرگ را دارد. لایه‌های تهیه شده به‌وسیله این دستگاه، دارای ساختار بلوری بوده و رسانایی الکتریکی و شفافیت اپتیکی بالایی دارند.



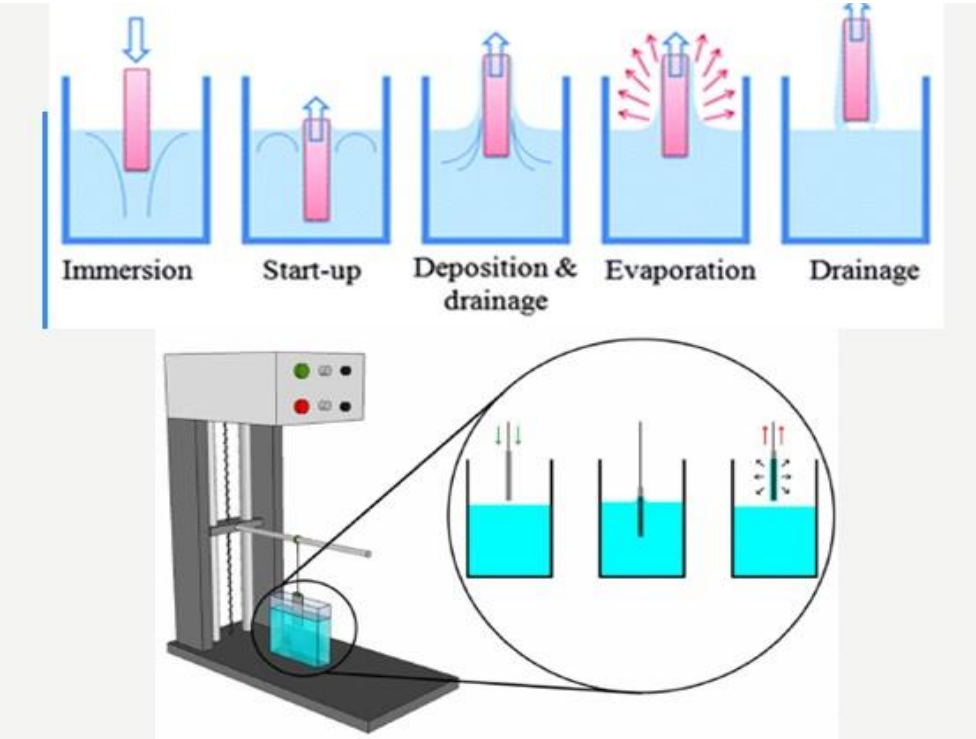
Spray-Coating: A technique known from painting (airbrush) applied to solution processable organic semiconductors

شکل (۱۲): فرایند لایه نشانی پاششی

4. Dip-coating

غوطه وری

در این روش ابتدا زیرلایه با سرعت ثابت داخل محلول لایه‌نشان فرو برده می‌شود و به مدت زمان مشخصی در محلول نگه‌داشته می‌شود تا زمان کافی برای برهمکنش زیرلایه و محلول لایه‌نشان وجود داشته باشد و زیرلایه کاملا توسط محلول لایه‌نشان تر شود .سپس با بیرون‌کشیدن زیرلایه به سمت بالا و با سرعت ثابت از محلول لایه‌نشانی، لایه نازکی از محلول بر روی زیرلایه می‌نشیند و محلول اضافی از سطح ریزش می‌کند .



شکل (۱۳): فرایند لایه نشانی غوطه وری

5. Termal Evaporation Deposition

لایه نشانی تبخیر حرارتی

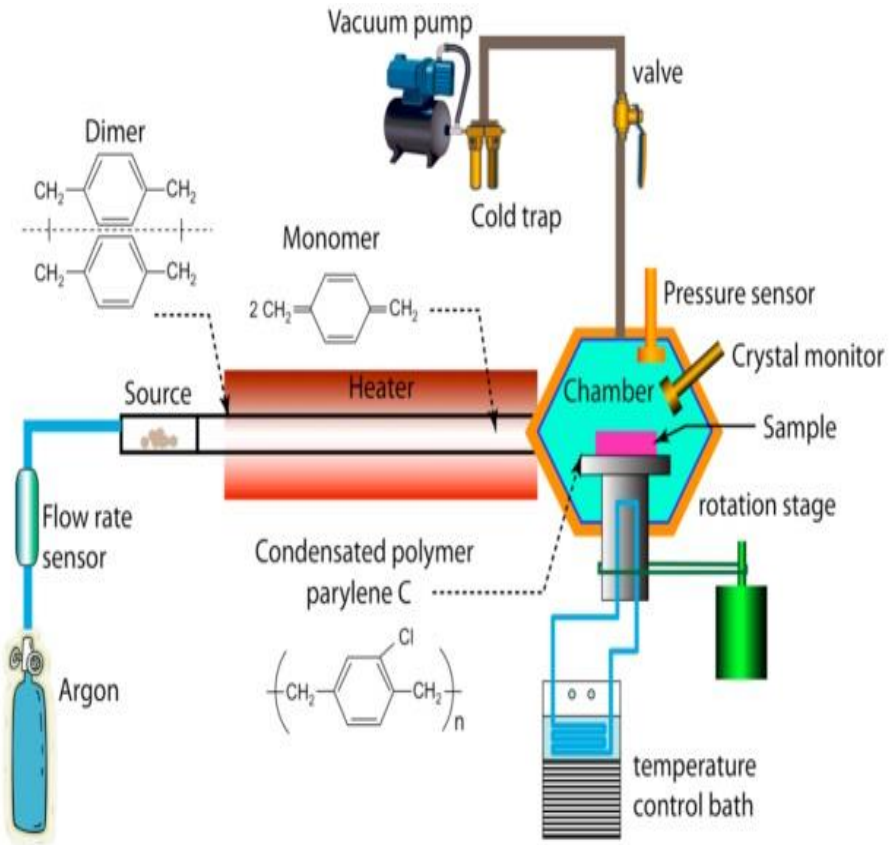
این روش فرایندی است که در محیط خلا و به کمک جریان الکتریکی برای تبخیر ماده منبع صورت می گیرد و هدایت و انتقال ماده تبخیر شده به سمت زیر لایه بر اساس اختلاف فشار میان محلی ماده منبع و زیر لایه قرار دارد اتفاق می افتد.

شکل (۱۴): فرایند لایه نشانی تبخیر حرارتی

6. Chemical vapor deposition

روش رسوب دهی شیمیایی بخار

در ساده ترین صورت آن، شامل جریان گاز یا گازهای پیش ماده در یک محفظه (Chamber)است. در محفظه فوق یک یا چند سطح گرم که قرار است پوشش دهی شوند، وجود دارد. در این روش واکنش های شیمیایی بر روی (و یا در نزدیکی) سطوح داغ رخ می دهد. در نتیجه رسوب به صورت یک فیلم نازک بر روی سطح به وجود می آید. این فرآیند منجر به تولید مواد شیمیایی می شود. همچنین مواد زائد و محصولات جانبی نیز بوجود می آیند که از محفظه، همراه با گازهای پیش ماده که واکنش نداده اند خارج می شود.



شکل (۱۵): فرایند لایه نشانی رسوب دهی شیمیایی بخار

کاربرد ها

۱- آشکارساز های ماوراء بنفش

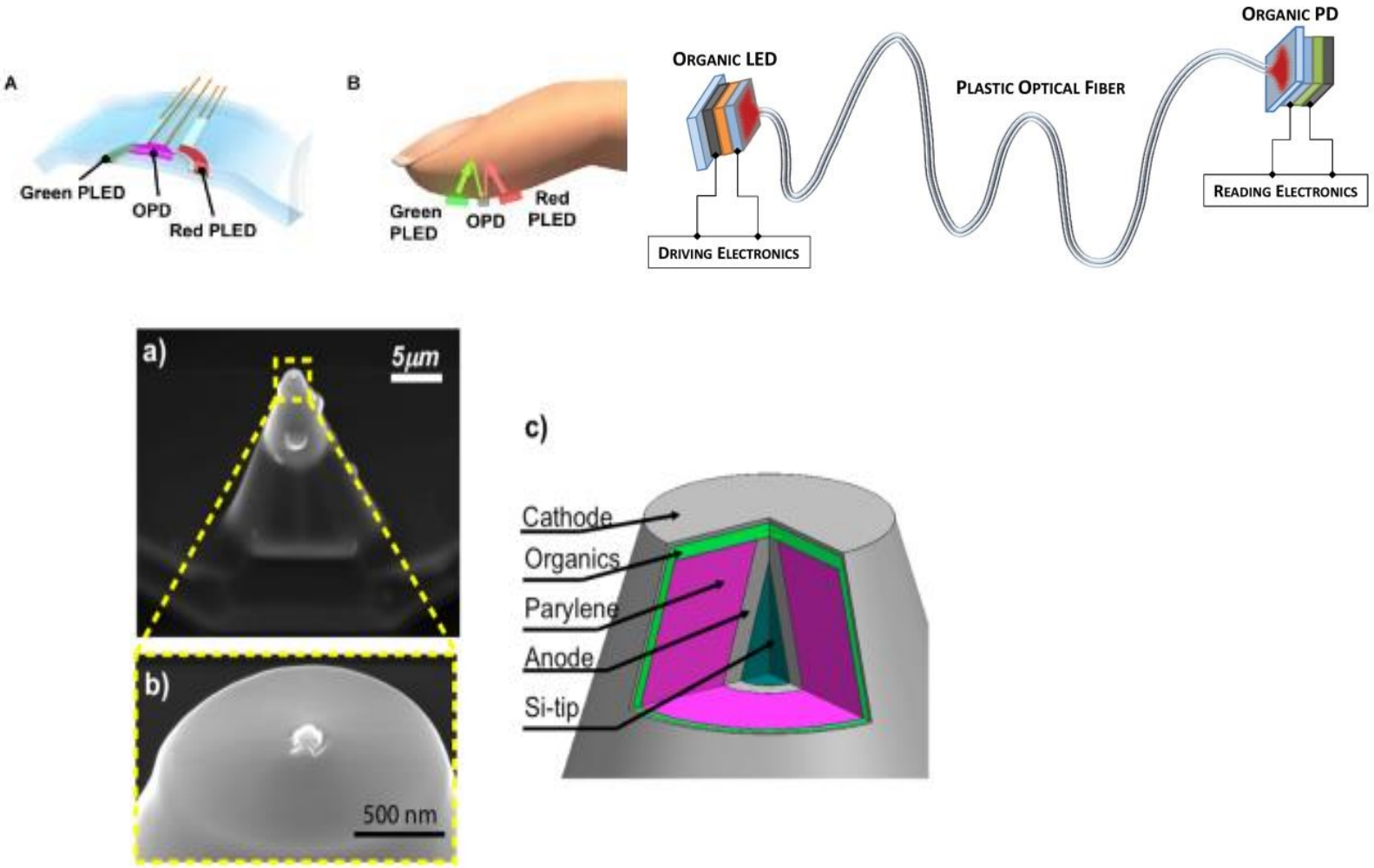
۲- ادوات تصویر برداری

۳- آشکارسازهای بیولوژیکی

۴- میکروسکوپ الکترونی

۵- آشکار ساز همزمان نورمرئی و مادون قرمز

۶- آشکارساز کنترل سطح اکسیژن خون



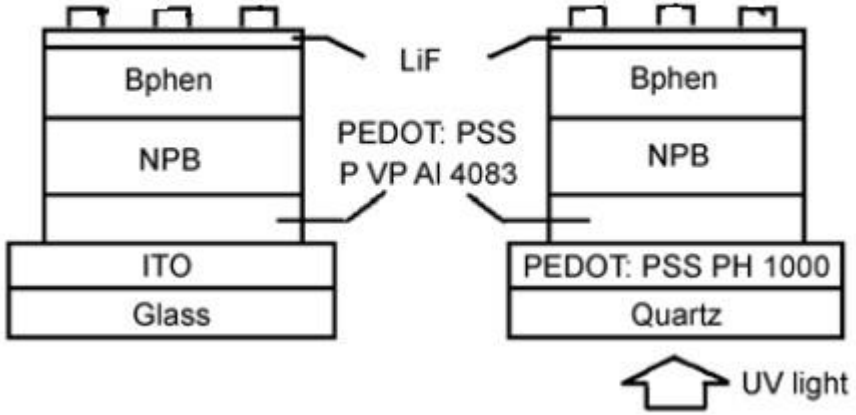
شکل (۱۶): کاربردهای آشکارسازهای نوری ارگانیک

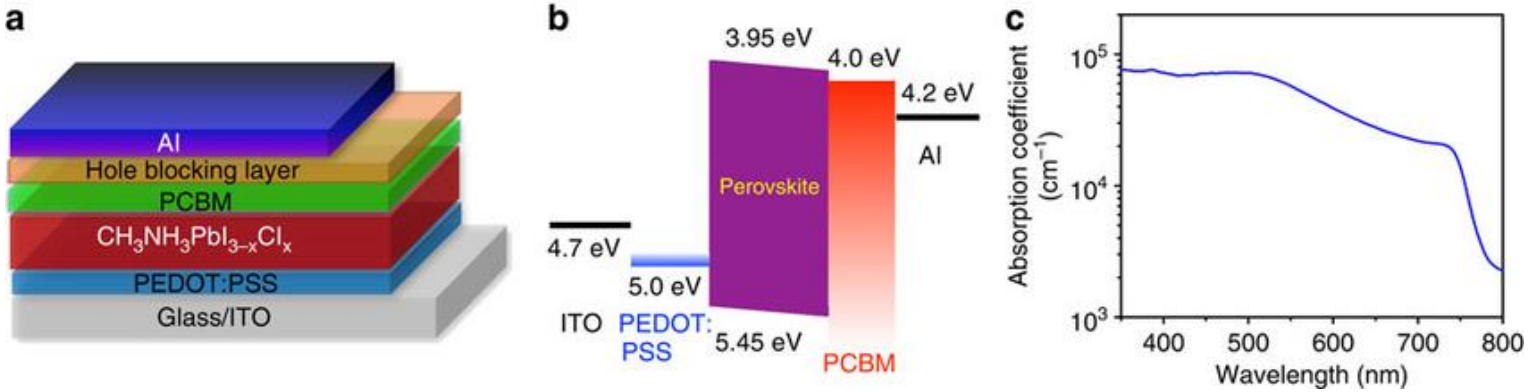
کاربرد ها

استفاده از مواد آلی در آشکار سازهای UV

آشکار سازهای UV کاربردهایی از قبیل تست بدون تخریب مواد در صنعت، مانیتورینگ اشعه UV محیطی، هشدار اشعه UV و...

در یک آشکار ساز UV با آند ITO با وجود اینکه ITO جذب بالایی در طول موج زیر 300nm دارد اما قابل استفاده در طول موج Deep UV (250-350NM) نیست. همچنین استفاده از لایه نازک آلومینیوم به دلیل نیمه شفاف بودن بازدهی پایینی دارد. استفاده از ماده آلی پلی اتیلن دی اکسی تیوفن دوپ شده با استیرن سولفونات به عنوان آند (PEDOT:PSS) با داشتن شفافیت بالا در طول موج های ذکر شده باعث بهبود پارامترهای SNR ، پاسخدهی و آشکارسازی حسگر می شود.

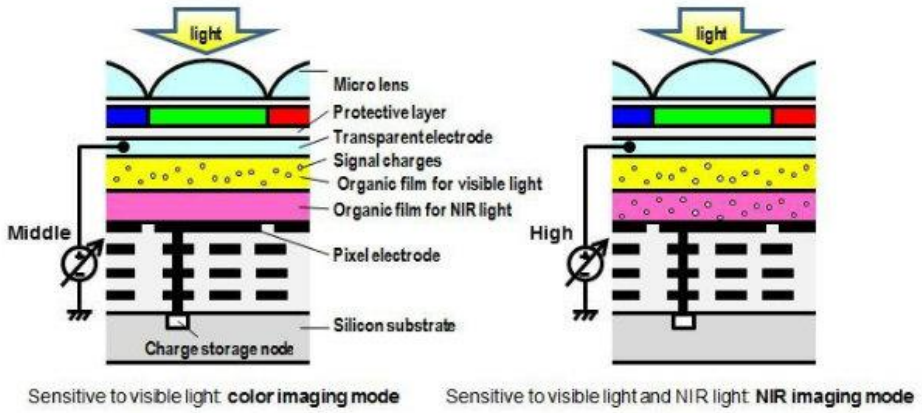




شکل (۱۷): استفاده از مواد آلی در آشکارسازهای uv

آشکارساز نوری ارگانیک ثبت نور مرئی و مادون قرمز به صورت همزمان

در این روش با روی هم قرار دادن دو لایه نور-رسانای ارگانیک(OPF) که یکی برای طیف مرئی و دیگری برای بازه فروسرخ نزدیک عمل می کند، به رزولوشن بالایی دست می یابد.

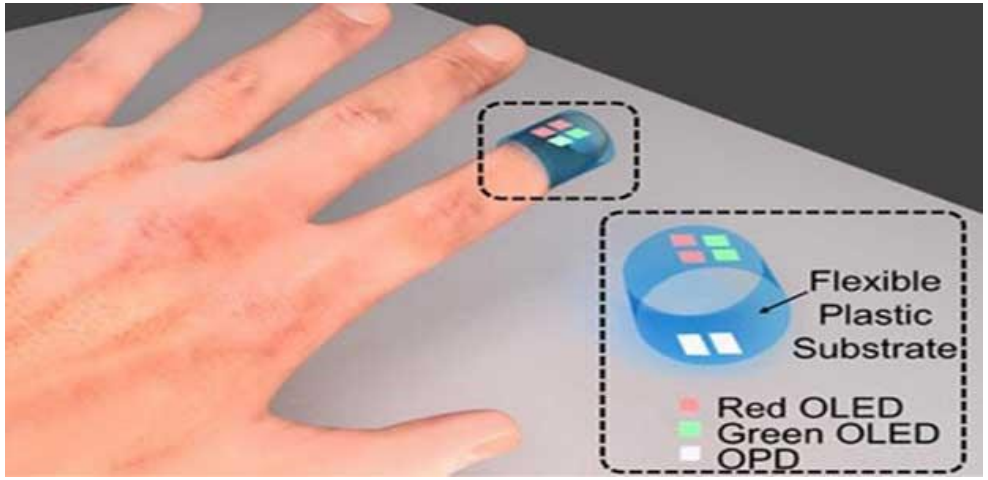


شکل (۱۸)تصویر آشکار ساز در حالت مرئی (چپ) مادون قرمز (راست)

آشکارساز ارگانیکی کنترل سطح اکسیژن خون

اکسیژن‌سنج‌های معمولی متکی به LEDهایی هستند که نور قرمز و مادون قرمز را از طریق بخش‌های خاصی از بدن معمولا نوک انگشت یا لاله‌ی گوش، منتشر کرده و پس از عبور نور از بافت‌ها، سنسور دیگری آن را دریافت می‌کند. اکسیژن خون به جذب نور مادون قرمز می‌پردازد و خون تیره‌تر کم اکسیژن بیشتر به جذب نور قرمز می‌پردازد.

اما در این آشکار ساز از رنگ‌های سبز و قرمز استفاده می‌کند این LEDهای قرمز و سبز از مواد ارگانیک ساخته شده و بر روی قطعه‌ای انعطاف‌پذیر از پلاستیک تعبیه شده‌اند. پژوهشگران این نمونه‌ی آزمایشی را در کنار یک پالس اکسیمتر معمولی به تست گذاشتند و نتایج آنها را کاملا دقیق و یکسان یافتند.



شکل (۱۹) آشکارساز ارگانیکی کنترل سطح اکسیژن خون

مقایسه آشکارسازهای ارگانیکی و غیر ارگانیکی

قابلیت ها

۱- دستیابی راحت به ویژگی های فلزی ونیمه هادی با اعمال ونیمه هادی با اعمال ناخالصی

۲- ترکیب با پلاستیک همراه با ویژگی های الکترونیکی های الکترونیکی

۳- قابلیت حل در حلال های آلی و بهره گیری از فرایندهای متنوع گیری از فرایندهای متنوع ساخت

۴- بهره گیری از تکنولوژی های چاپی در فرایند ساخت در فرایند ساخت

۵- عدم نیاز به خلاء و دماهای بالا در فرایند ساخت

۶- هزینه تولید پایین

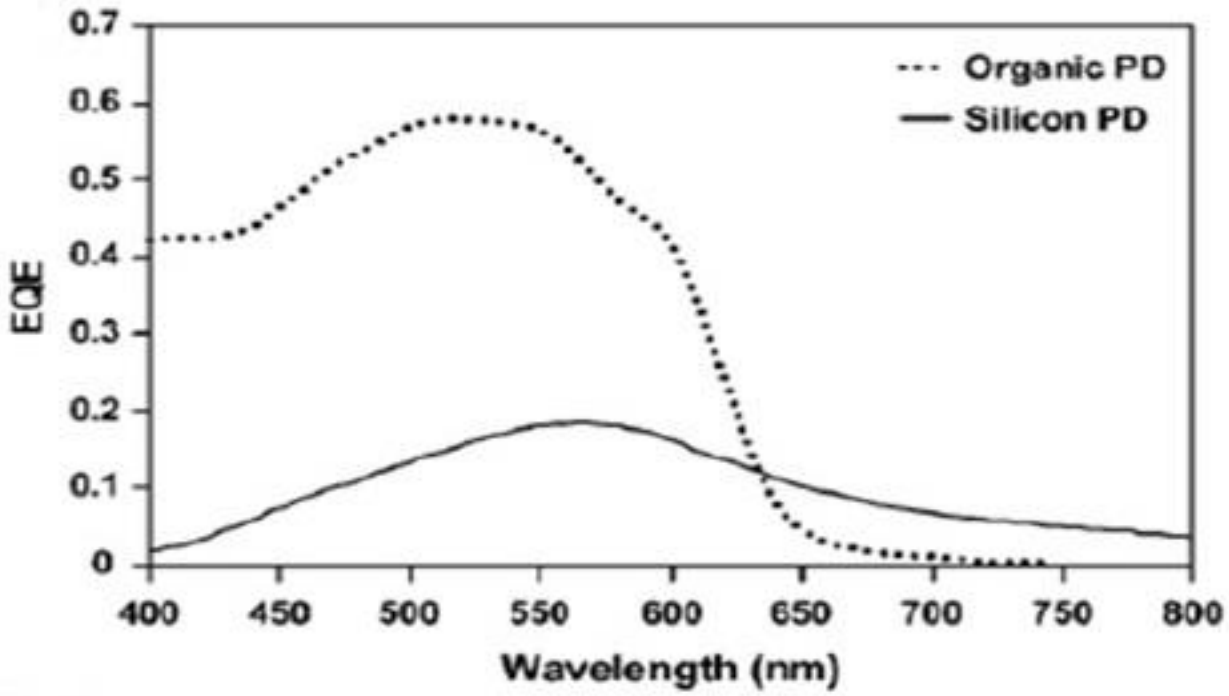
محدودیت ها

۱- پایین بودن مجتمع سازی فرایند ساخت

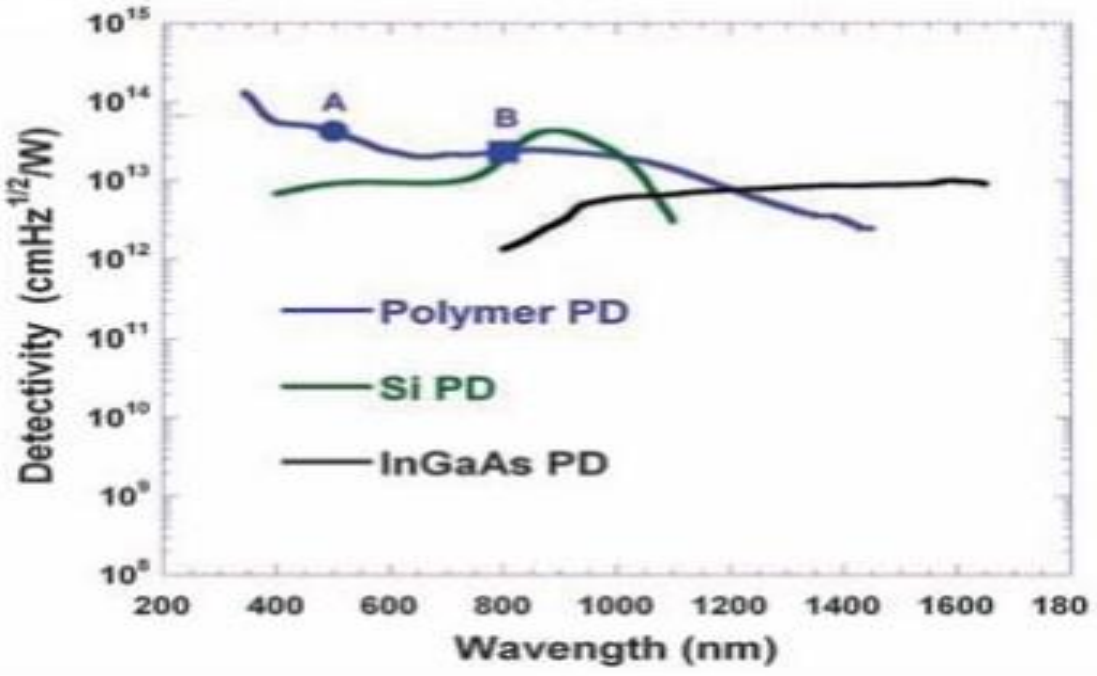
۲- بازترکیب با اکسیژن و آب موجود در هوا و پایداری کم نسبت به زمان

۳- موبیلیتی پایین حامل ها

مقایسه آشکارسازهای ارگانیکی و غیر ارگانیکی

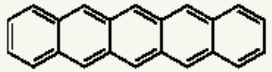
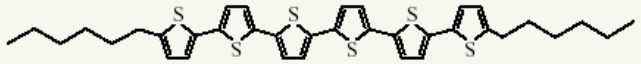
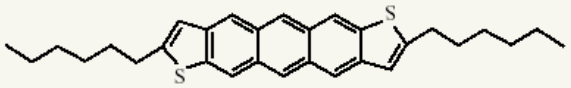
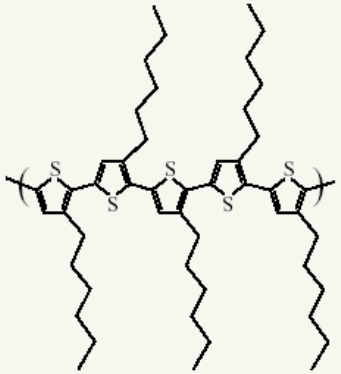


شکل (۲۰): مقایسه بازدهی کوانتومی خروجی آشکارسازهای ارگانیکی و سیلیکانی



شکل (۲۱): مقایسه میزان آشکارسازی آشکارسازهای ارگانیکی و غیر آلی

مقایسه

Semiconductor	*Representative chemical structure*	*Mobility* ($cm^2V^{-1}s^{-1}$)
Silicon	Silicon crystal	300–900
	Polysilicon	50–100
	Amorphous silicon	~1
Pentacene		~1
α,ω-dihexyl-sexithiophene		10^{-1}
α,ω-dihexylanthra-dithiophene		10^{-1}
Regioregular poly(3-hexylthiophene)		10^{-1}
Organic–inorganic hybrid	Phenethylamine–tin iodide	~1

شکل (۲۲): مقایسه موبیلیتی انواع سیلیکان و مواد آلی

مراجع

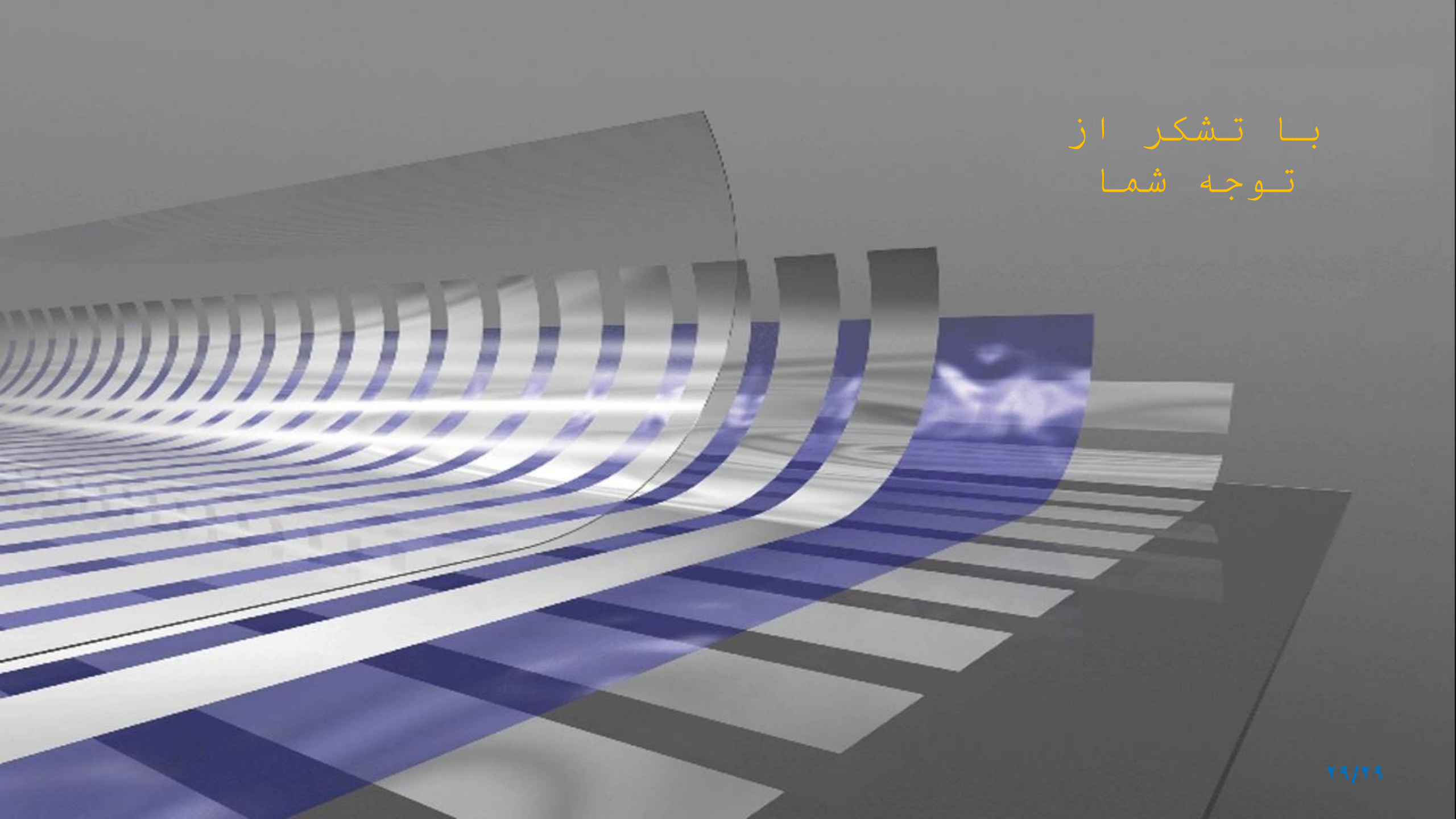
1. Organic Electronic Devices for Sensing and Imaging Applications, byKwang Hyup An, A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy (Mechanical Engineering) in The University of Michigan, 2009
2. Printed organic photodetectorsfor large area detection on conformable substrates , Jean-Marie VERILHACEA Liten LCOI (Grenoble, France)
3. Low Noise, High Detectivity Photodetectors based on Organic Materials , Fawen Guo , *University of Nebraska-Lincoln*, fawen.guo@yahoo.com
4. Yang, B., Guo, F., Yuan, Y., Xiao, Z., Lu, Y., Dong, Q. & Huang, J. Solution- Processed Fullerene-Based Organic Schottky Junction Devices for Large-Open-Circuit-Voltage Organic Solar Cells. *Advanced Materials* 25, 572-577, (2013).
5. Rui Dong, C. B., Qingfeng Dong, Fawen Guo, Yongbo Yuan, Yanjun Fang, Zhengguo Xiao,Jinsong Huang. An Ultraviolet-to-NIR Broad Spectral Nanocomposite Photodetector with Gain. *Advanced Optical Materials* (2014).
6. Long-Term Stable Organic Photodetectors with Ultra LowDark Currents for High Detectivity Applications Marcin Kielar, Olivier Dhez, Gilles Pecastaings, Arnaud Curutchet & Lionel Hirsch Scientific RepoRts 6:39201 srep39201.
7. Organic Light Detectors: Photodiodes and Phototransistors , Kang-Jun Baeg , Maddalena Binda , DOI: 10.1002/adma.201204979 , *Adv. Mater.* **2013**, *25*, 4267–4295

مراجع

8. Photodetectors based on organic semiconductors: optimization of device architectures, S. Sahu and A. J. Pal, *Member, IEEE* , 978-1-4244-1728-5 /07/$25.00 ©2007 IEEE

9. Spectral Enhancement of Organic Photodetectors , by Tobias Rauch, Print on Demand 2014 , ISBN 978-3-7315-0154-1 , DOI: 10.5445/KSP/1000037753

10. Organic Photodetectors in Analytical Applications , *Electronics* 2015, *4*, 688-722; doi:10.3390/electronics4030688


با تشکر از
توجه شما