# OPTOELECTRONICS (I)

# Chapter 14: Photodetectors

Mohammad Ali Mansouri- Birjandi

Department of Electrical and Computer Engineering
University of Sistan and Baluchestan (USB)
**mansouri@ece.usb.ac.ir**
mamansouri@yahoo.com

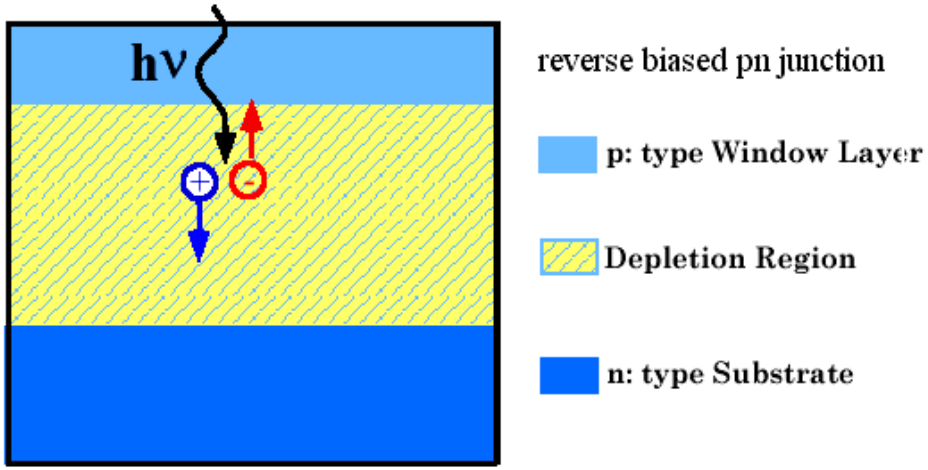
# فهرست مطالب

- مقدمه
- مشخصات آشکارسازهای نوری
- انواع آشکارسازهای نوری:

1. Photoconductor
2. PN photodiode
3. PIN photodiode
4. Avalanche Photodiode (APD)
5. Metal-Semiconductor-Metal (MSM)

# مقدمه (آشکارسازهای نوری)

- Photodetector یا optical detector
- بخش حساس وضروری هر سیستم مخابرات نوری
- یک آشکارساز، فوتونهای ورودی (سیگنال نوری ورودی) را به الکترونها( جریان الکتریکی) تبدیل می کند.




**اساس کار :جذب نور**

- ایجاد جفت الکترون و حفره
- جاری شدن جریان الکتریکی

# مشخصات آشکارسازهای نوری

# Photodetector characteristics

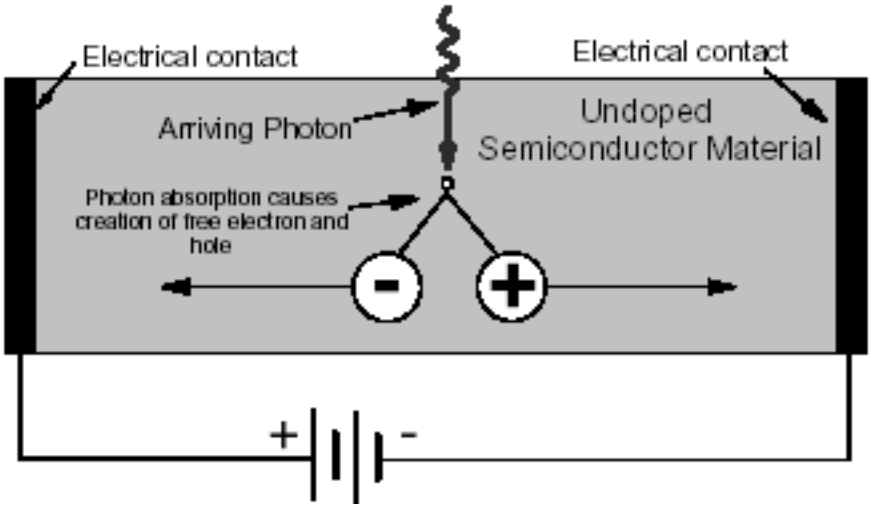
- قابلیت پاسخ دهی (Responsivity): نسبت جریان خروجی به توان نور ورودی
- جریان تاریک (Dark Current): جریان الکتریکی بدون حضور نور
- حساسیت(Sensivity): حداقل توان سیگنال ورودی که آشکارساز قادر به تشخیص آن است.
- محدوده پاسخ طیفی(Spectral Response Range): محدوده طول موجهایی است که آشکارسازها قابلیت آشکار کردن آنها را دارند.
- زمان پاسخ(Response Time): زمانی که آشکارساز به تغییرات نور ورودی پاسخ می دهد.
- سرعت عملکرد( Operation Speed): (در APD مربوط به سرعت یونیزه شدن اتمها (زمان تکثیر بهمنی) است.)
- بهره (Gain): در APD مطرح است.
- پهنای باند(Gain bandwidth): در APD مطرح است.
- نویز(Noise): تغییرات جریان ناخواسته در خروجی آشکارساز مشاهده میشود.

# انواع آشکارسازهای نوری

1. PhotoConductor
2. PN Photodiode
3. PIN Phodiode
4. Avalanche Photodiode (APD)
5. Metal-Semiconductor-Metal(MSM)

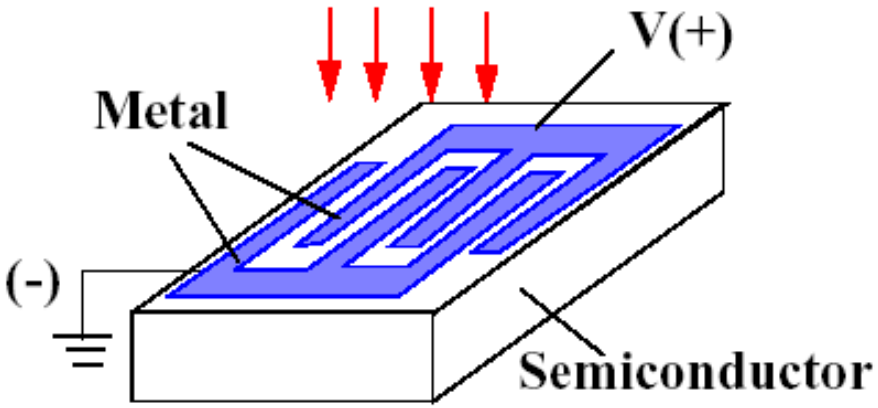
# 1. PhotoConductors

- اعمال یک ولتا ژ به قطعه (یک نیمه هادی ذاتی )
- جذب فوتون و تولید زوج الکترون و حفره
- حرکت الکترون و حفره به سمت کنتاکت های مخالف
- تغییر مقاومت قطعه و تولید سیگنال الکتریکی



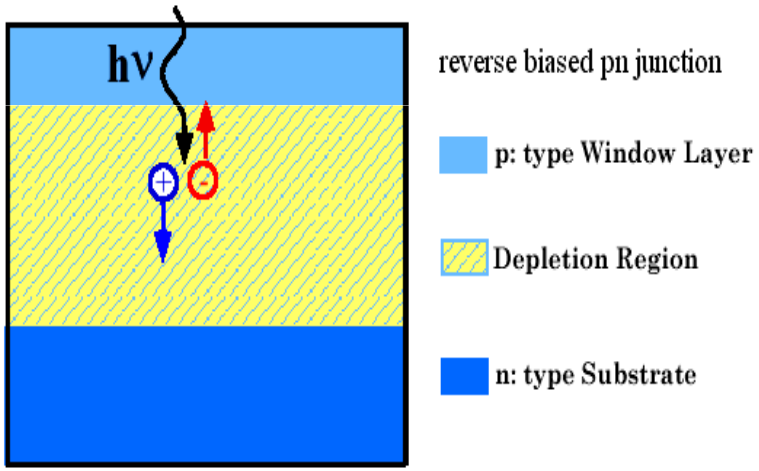
# 1. PhotoConductors (cont.)

- ساده ترین نوع آشکارساز
- سرعت عملکرد پایین
- استفاده در طول موج های بلند (10-30 micron)
- عدم استفاده در مخابرات نوری



# 2. PN photodiode

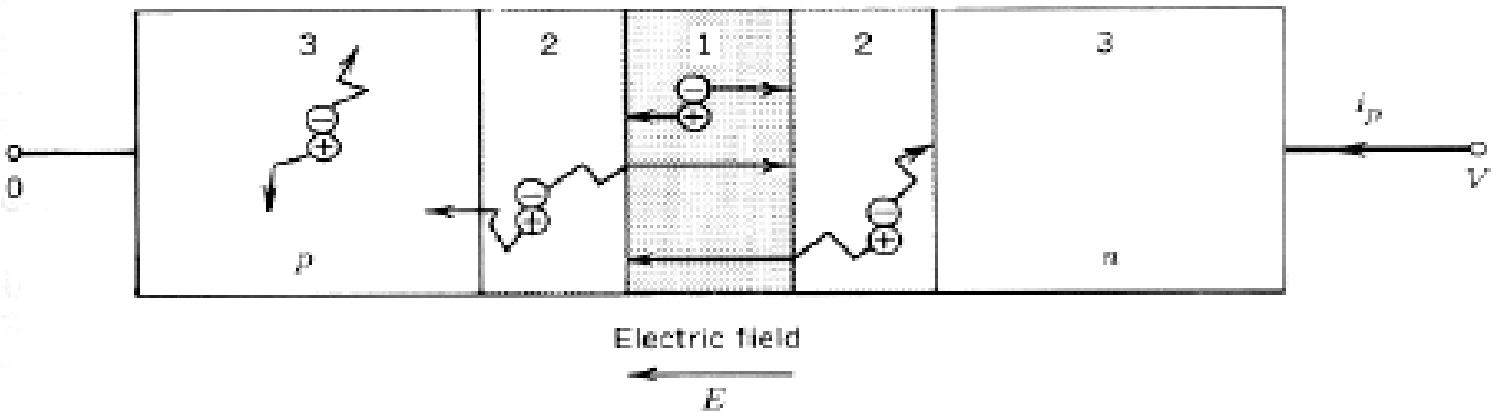
- نوع بایاس: معکوس
- جریان تاریک پایین
- ایجاد حامل های اقلیت توسط نور در ناحیه تخلیه



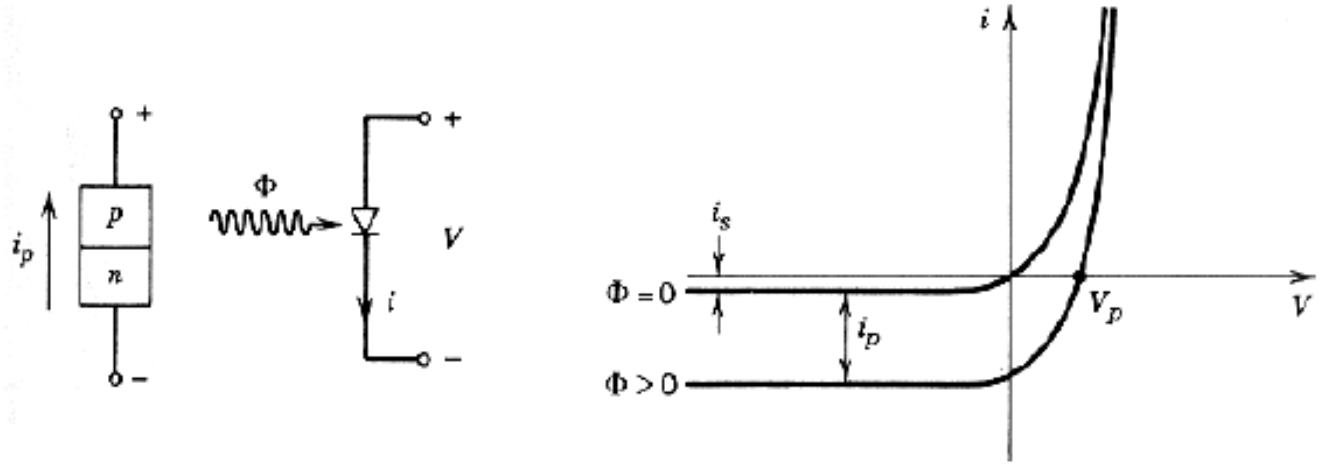

**مشکلات:**

- باریک بودن ناحیه تخلیه
- تولید تعداد کمی زوج الکترون–حفره در ناحیه تخلیه

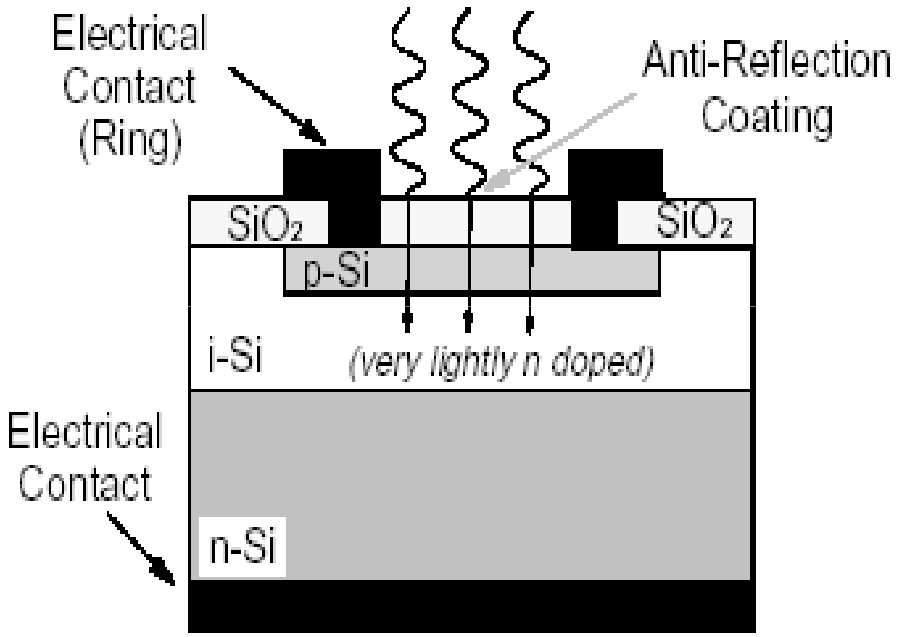
# 2. PN photodiode (cont.)




$$I = I_s(e^{\frac{eV}{kT}} - 1) - I_p$$

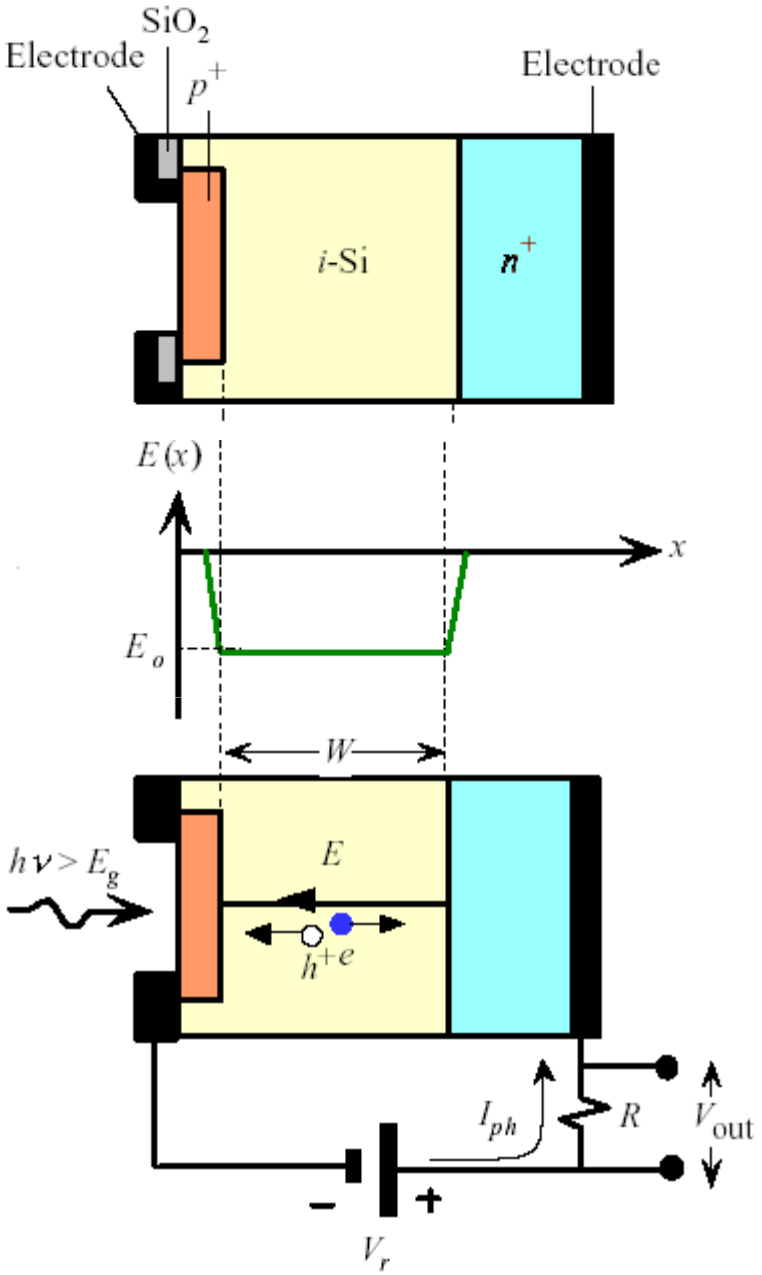


# 3. P-I-N photodiode




- رفع مشکل دیودPN، با افزودن یک لایه ناخالصی کم(ذاتی)
- افزایش شانس جذب فوتون ورودی
- پایین بودن راندمان کوانتومی
- عملکرد سریع(بدلیل عریض بودن پیوند، ظرفیت خازن کمتر میشود.)

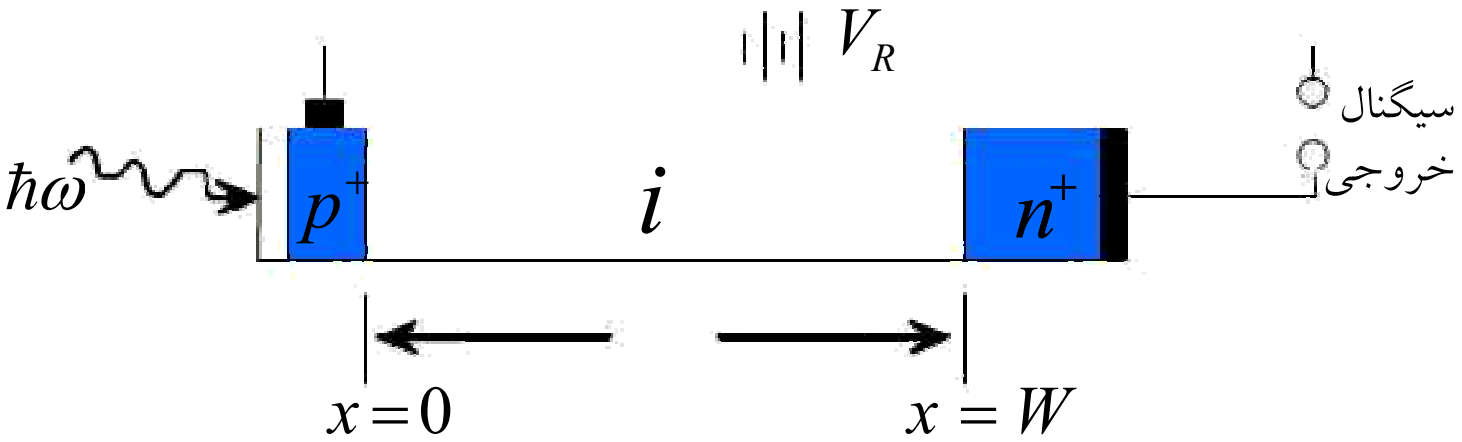
# 3. P-I-N photodiode



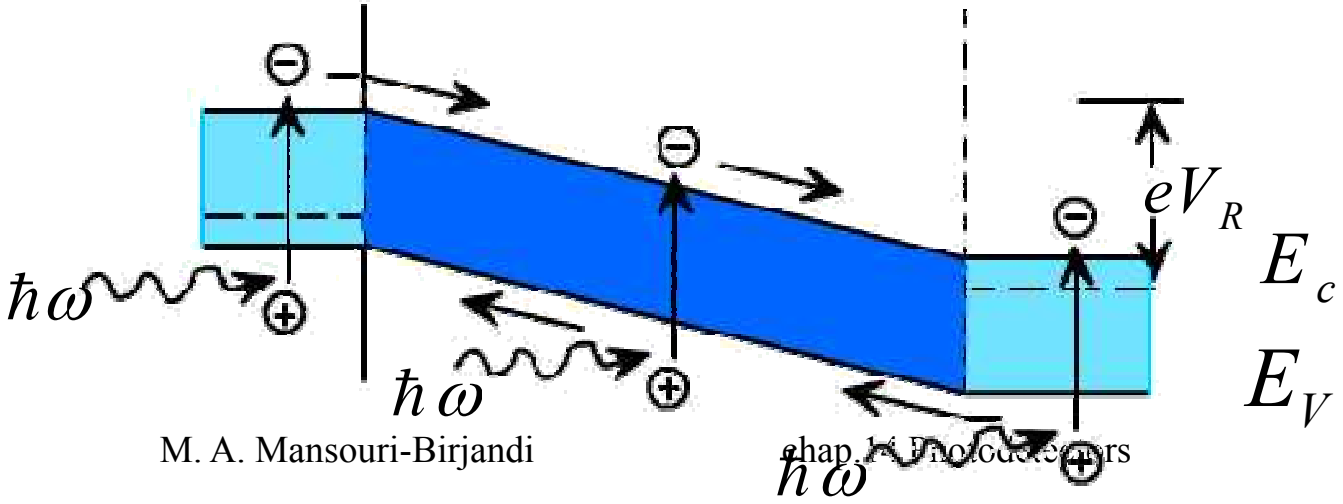

## انواع مواد در آشکارساز نوری:

- **Si: 500-1000 nm**
- **InGaAsP:1300 nm (1250 to 1400 nm)**
- **InGaAs:1550 nm (1500 to 1600 nm)**

# آشکارسازنوری p-i-n

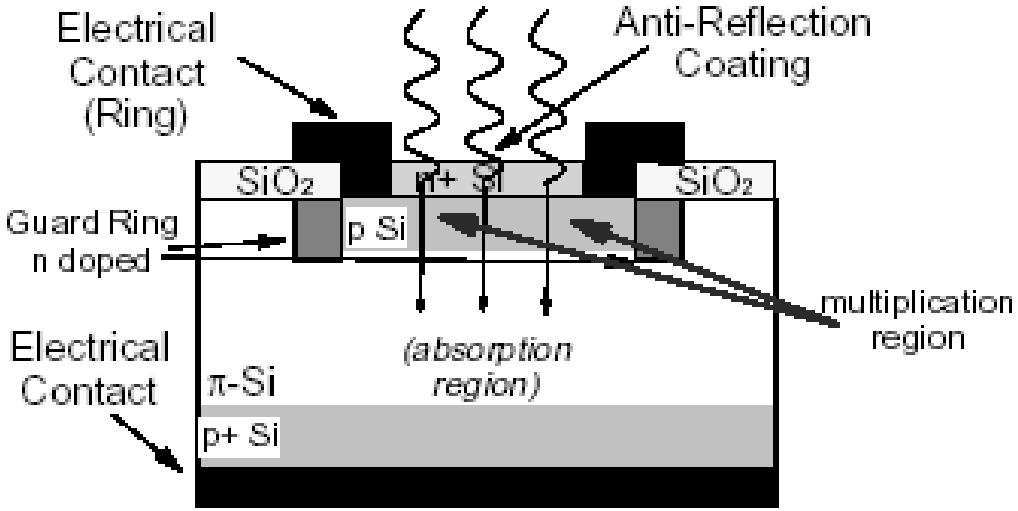



حاملها از ناحیه تخلیه جمع آوری می شوند.

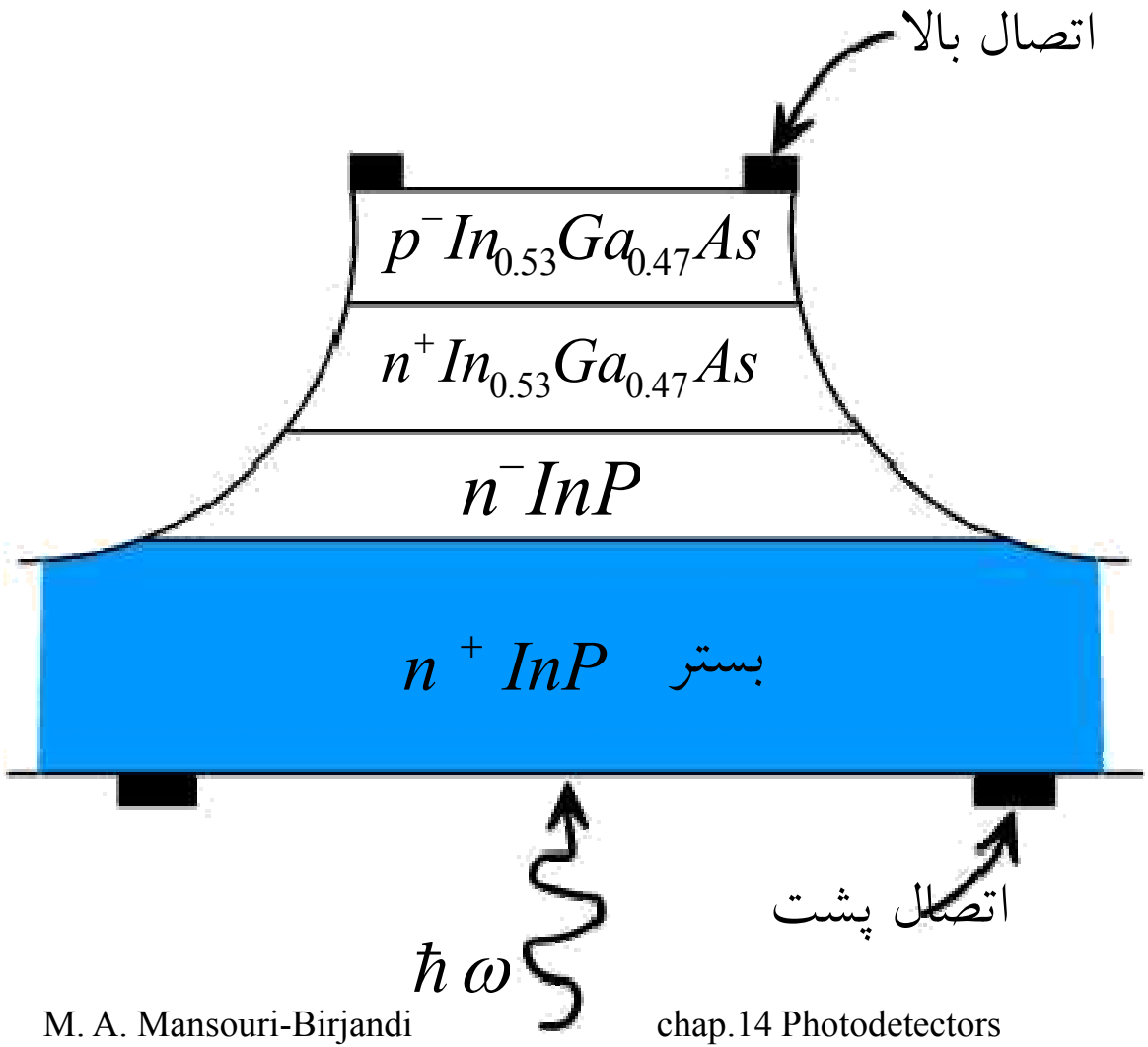


# Avalanche Photodiode: APD

- پس از آشکارسازهای PIN چندین طبقه تقویت کننده استفاده می‌شود. (منجر به کاهش پهنای باند)
- در APD ، به ازای هر فوتون ورودی بیش از یک الکترون در خروجی تولید میشود(در طی مراحل آشکارسازی، تقویت نیز میکند)

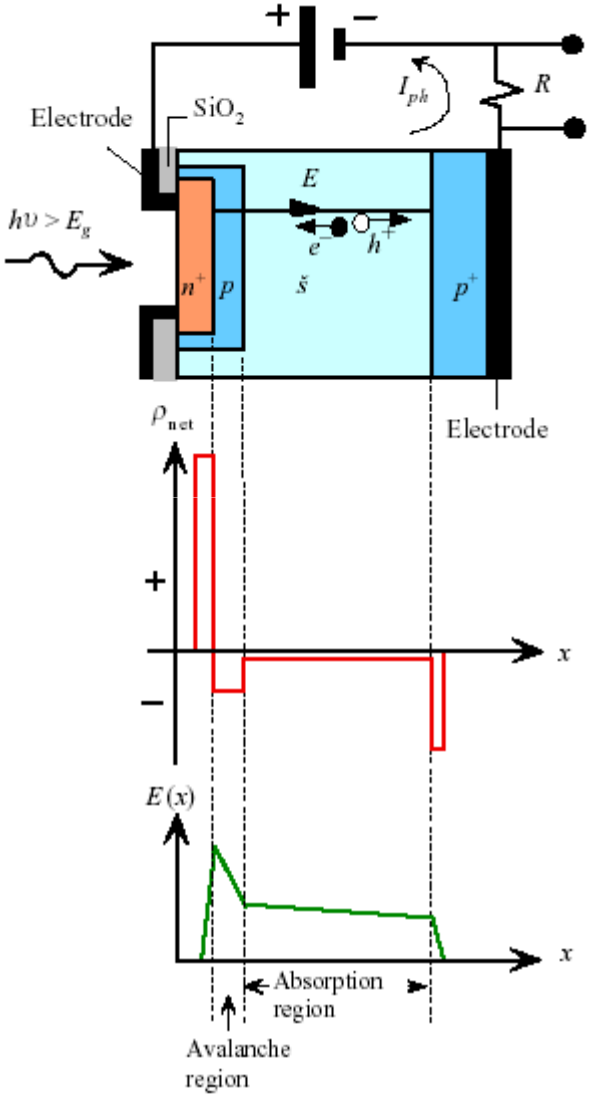


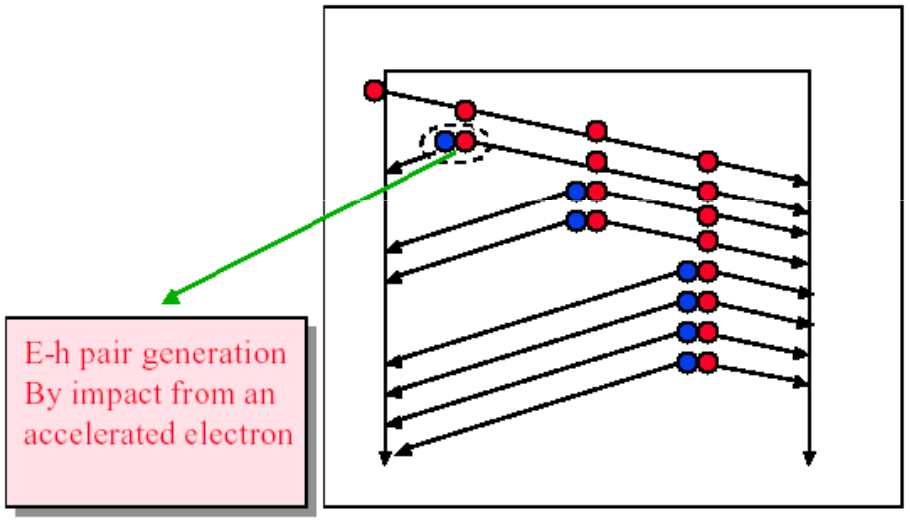
# سطح مقطع دیود نوری بهمنی




**در نیمه هادی مستقیـــم، به علت ناحیـــــه جذب کوتاه می توان از ناحیه مشترکی برای فرایند های جذب و بهمنی استفاده کرد.**

# Avalanche Photodiode: APD



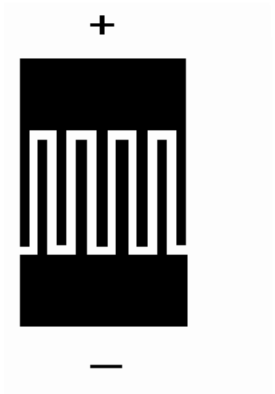



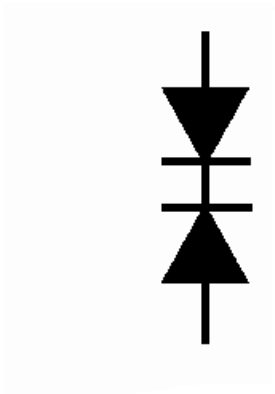
# APD vs. PIN

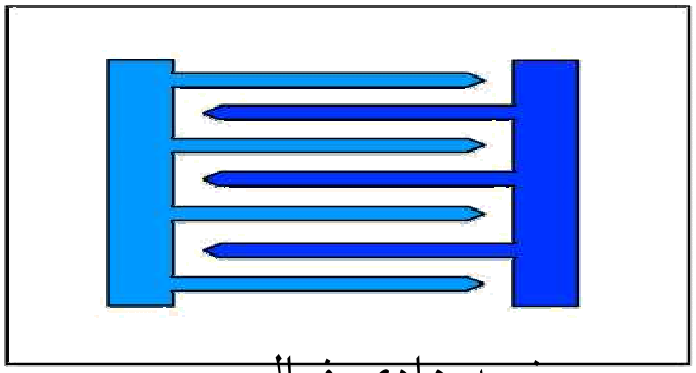
| | PIN | APD |
|---|---|---|
| Advantages | •Low Voltage<br>•Low Noise<br>•Low dark Current<br>•Easy to use<br>•Low cost | •Current Gain<br>•Sensitivity more than PIN |
| Disadvantages | •Low Sensitivity<br>•Without Current Gain | •High Noise<br>•High dark Current<br>•More Sensitivity to Temperature<br>•High operating Voltage<br>•Expensive |

# آشکارساز فلز _ نیمه هادی _ فلز (M-S-M)

- از دو سد شـــــــــاتکـــی نزدیـــک بـــه هـــم استفـــاده میشود.
- (دراین افزاره یک اتصال معکوس و دیگـــری مستقیـــم بایاس می شوند. جریان تاریکی از طریق تزریق الکترون در اتصال بایاس معکـــوس تعیین می شود.)
- از دیودهای فلز –نیمه هـــادی – فلز برای کاربردهای مجتمع نوری استفـــاده می شود.
- یک افـــزاره حـــامـــل اکثریـــت است و از تأ خـــیر سرعـــت ناشی از طول عمر حـــاملهای اقلیـــت رنـــج نمی برد.

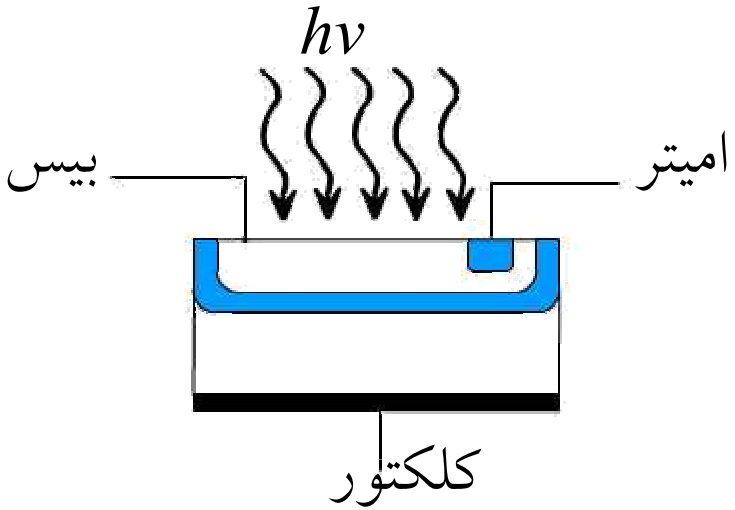


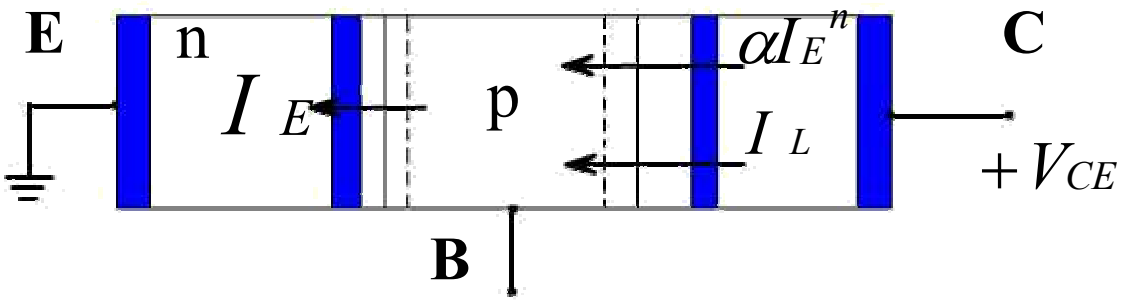


نیمه هادی فعال

# ترانزیستورنوری (Phototransistor)




- افزاره ای دوقطبی است (BJT) که به علت خاصیت ترانزیستوری، بهره زیادی دارد و کم نویز است.




**به لحاظ خازنهای خیلی بزرگ، در فرکانس های بالا پاسخ خوبی ندارد**