

# OPTOELECTRONICS (2)

## Lecture 2.1

# Photodetectors

Mohammad Ali Mansouri- Birjandi

Department of Electrical and Computer Engineering  
University of Sistan and Baluchestan (USB)

**[mansouri@ece.usb.ac.ir](mailto:mansouri@ece.usb.ac.ir)**

**[mamansouri@yahoo.com](mailto:mamansouri@yahoo.com)**

# فهرست مطالب

مقدمه



مشخصات آشکارسازهای نوری



انواع آشکارسازهای نوری:



**1. Photoconductor**

**2. PN photodiode**

**3. PIN photodiode**

**4. Avalanche Photodiode (APD)**

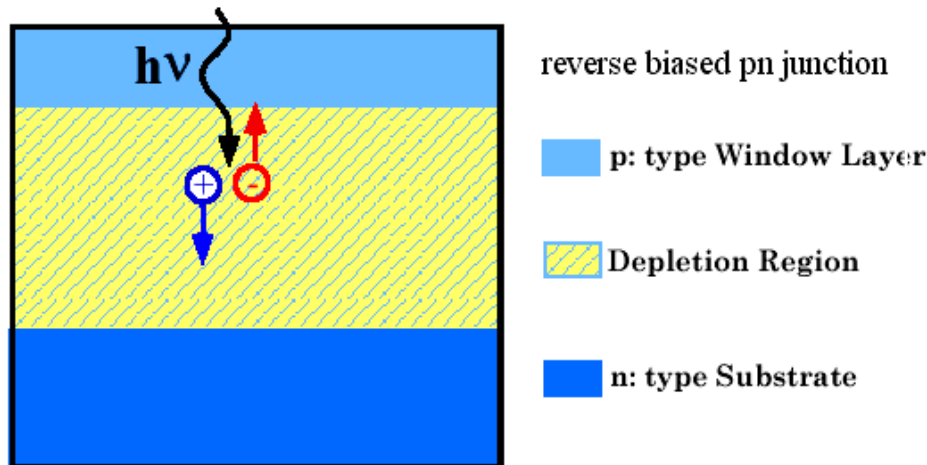
**5. Metal-Semiconductor-Metal (MSM)**

# مقدمه (آشکارسازهای نوری)

## □ Photodetector یا optical detector

□ بخش حساس و ضروری هر سیستم مخابرات نوری

□ یک آشکارساز، فوتونهای ورودی (سیگنال نوری ورودی) را به الکترونهای (جریان الکتریکی) تبدیل می کند.



اساس کار: جذب نور

➤ ایجاد جفت الکترون و حفره

➤ جاری شدن جریان الکتریکی

## Photodetector characteristics

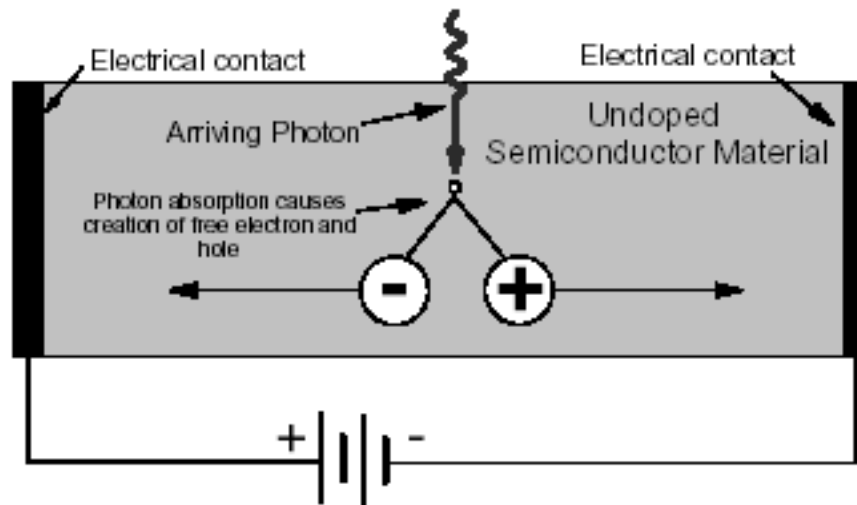
- قابلیت پاسخ دهی (**Responsivity**): نسبت جریان خروجی به توان نور ورودی
- جریان تاریک (**Dark Current**): جریان الکتریکی بدون حضور نور
- حساسیت (**Sensitivity**): حداقل توان سیگنال ورودی که آشکارساز قادر به تشخیص آن است.
- محدوده پاسخ طیفی (**Spectral Response Range**): محدوده طول موجهایی است که آشکارسازها 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 بهمینی) 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 ولتاژ 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



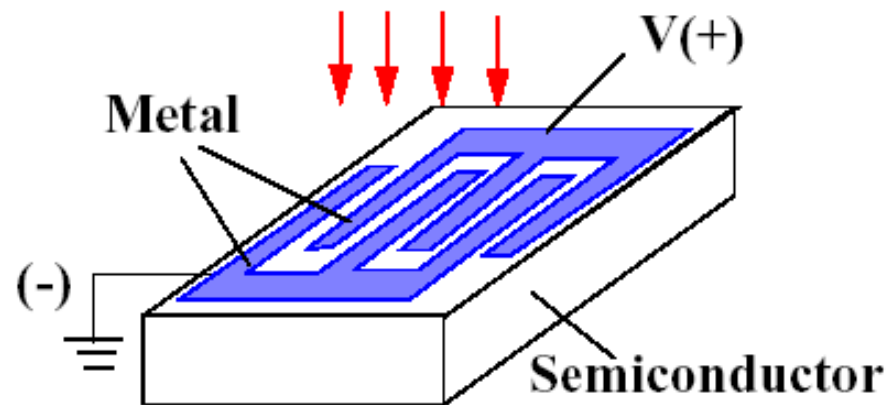
# 1. PhotoConductors (cont.)

➤ ساده ترین نوع آشکارساز

➤ سرعت عملکرد پایین

➤ استفاده در طول موج های بلند (10-30 micron)

➤ عدم استفاده در مخبرات نوری

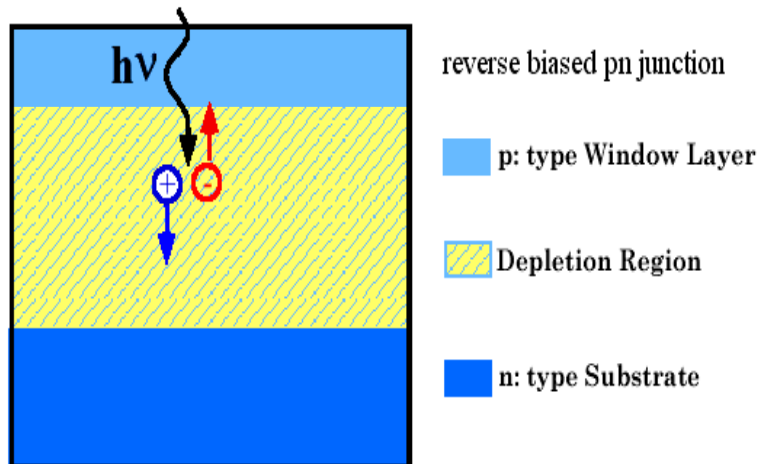


## 2. PN photodiode

➤ نوع بایاس: معکوس

➤ جریان تاریک پایین

➤ ایجاد حامل های اقلیت توسط نور در ناحیه تخلیه



مشکلات:

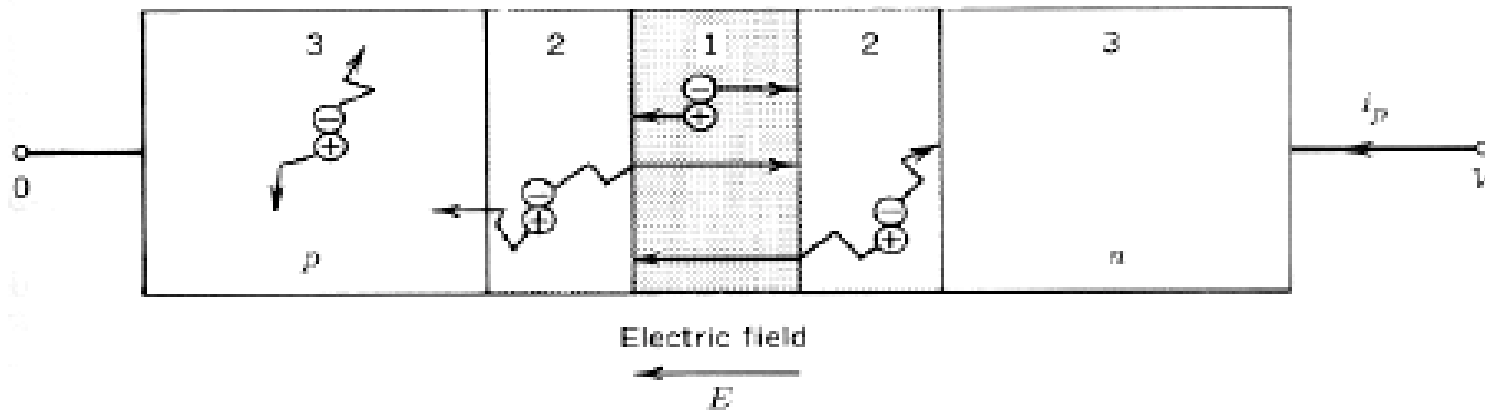
➤ باریک بودن ناحیه تخلیه

➤ تولید تعداد کمی زوج الکترون-حفره در ناحیه

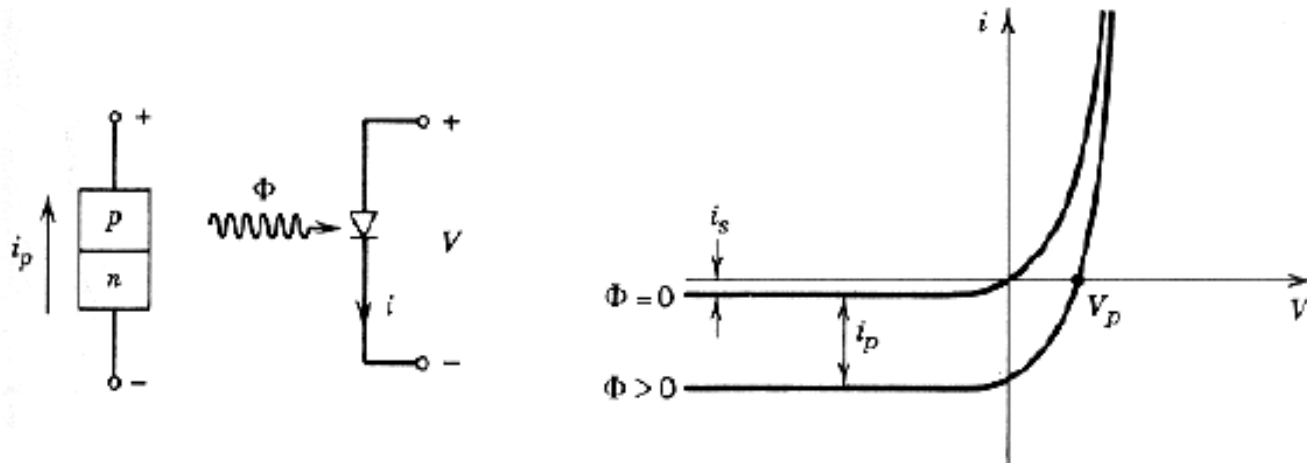
تخلیه



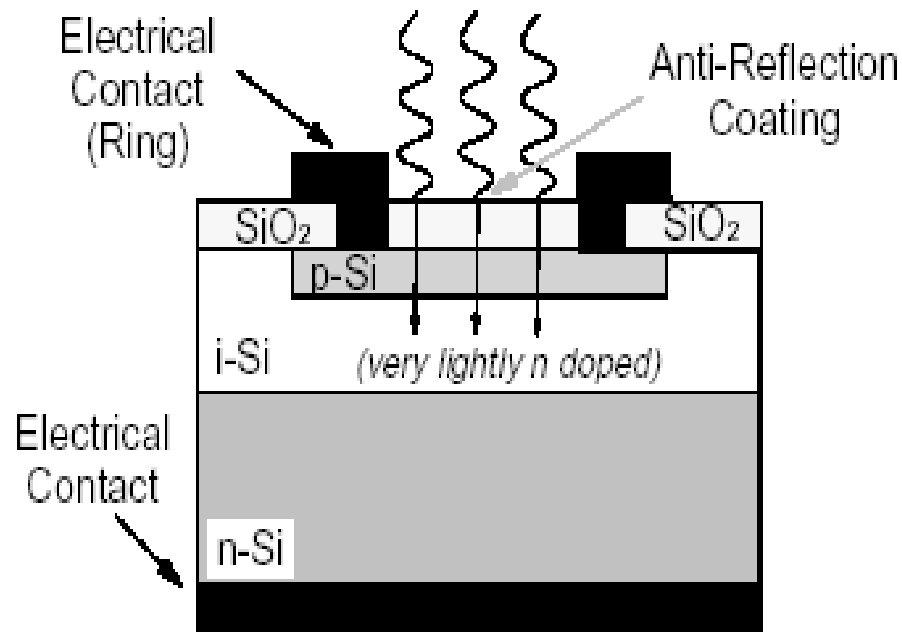
## 2. PN photodiode (cont.)



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



### 3. P-I-N photodiode



➤ رفع مشکل دیود PN، 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.)

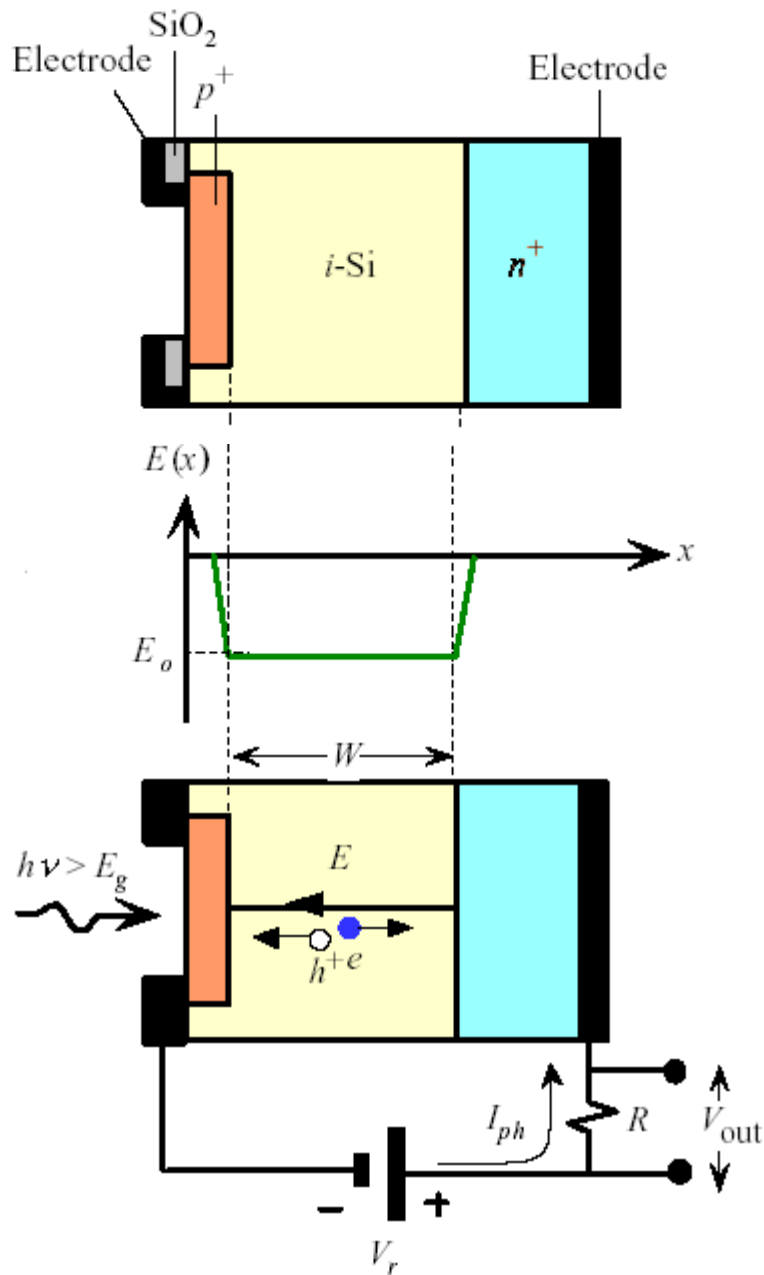
### 3. P-I-N photodiode

انواع مواد در آشکارساز نوری:

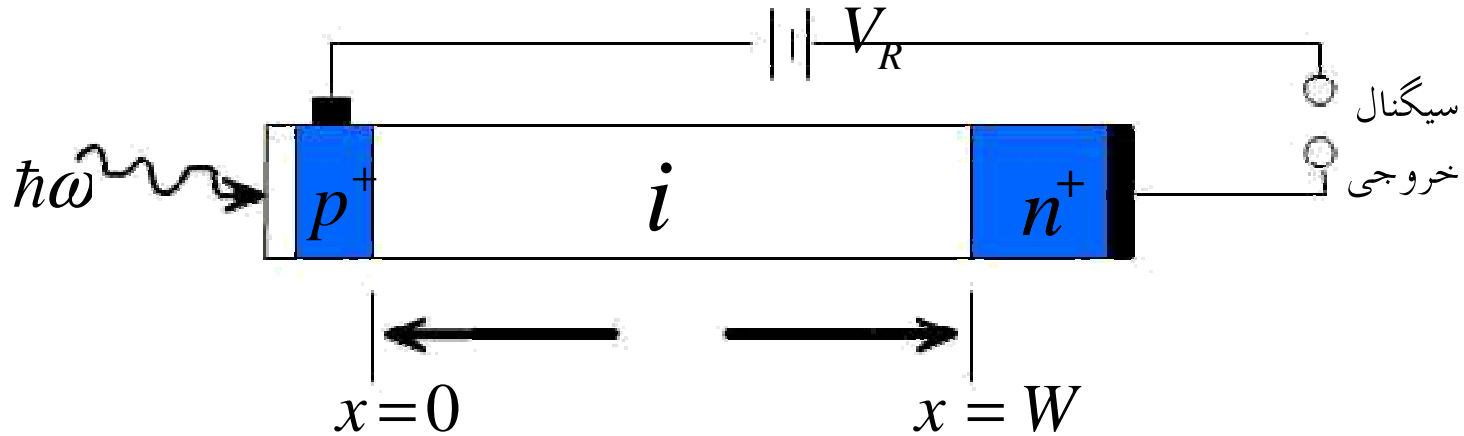
➤ **Si:** 500-1000 nm

➤ **InGaAsP:** 1300 nm (1250 to 1400 nm)

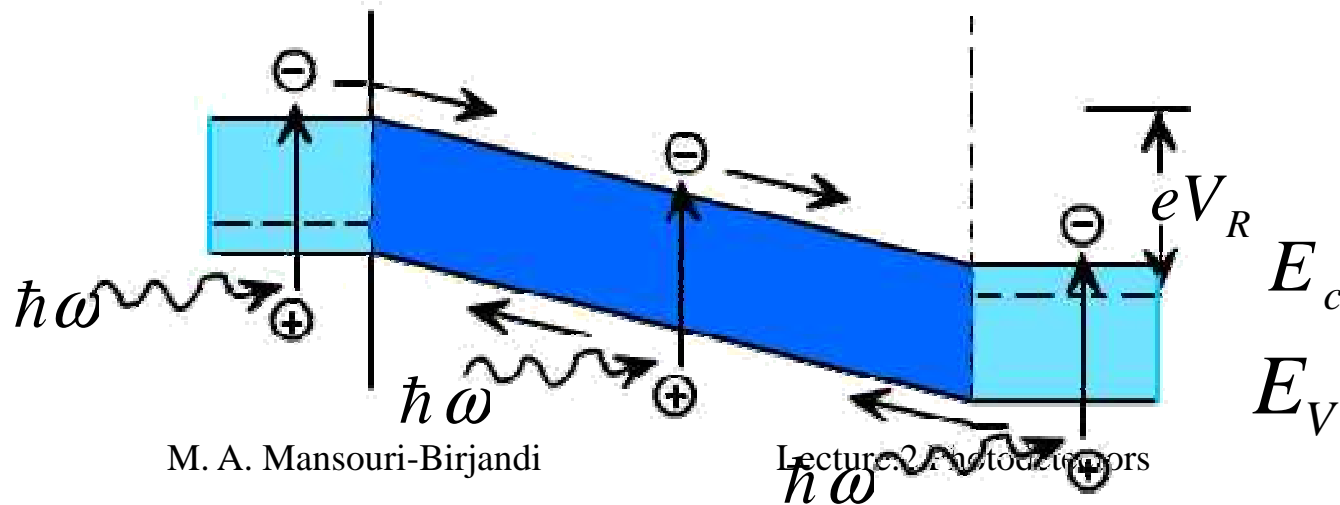
➤ **InGaAs:** 1550 nm (1500 to 1600 nm)



# آشکار ساز نوری p-i-n



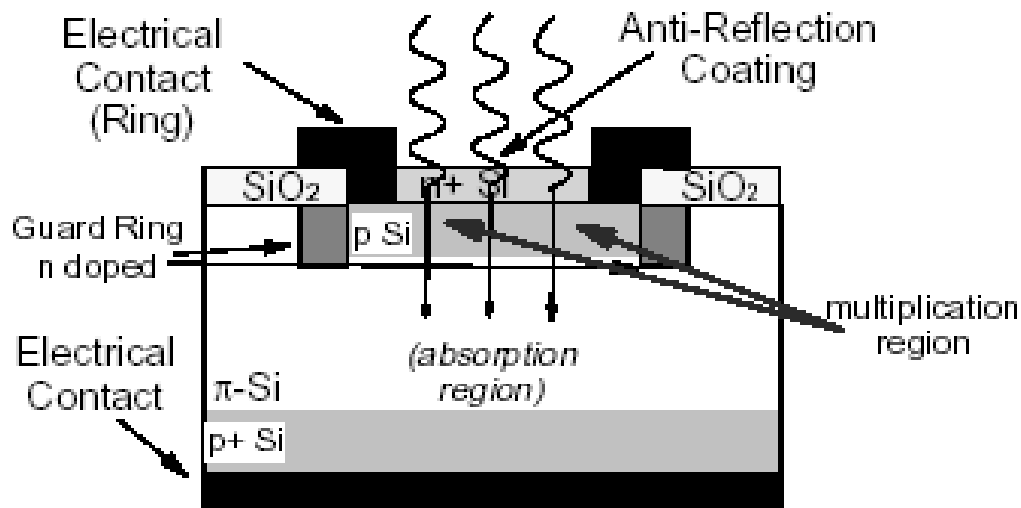
حاملها از ناحیه تخلیه جمع آوری می شوند.



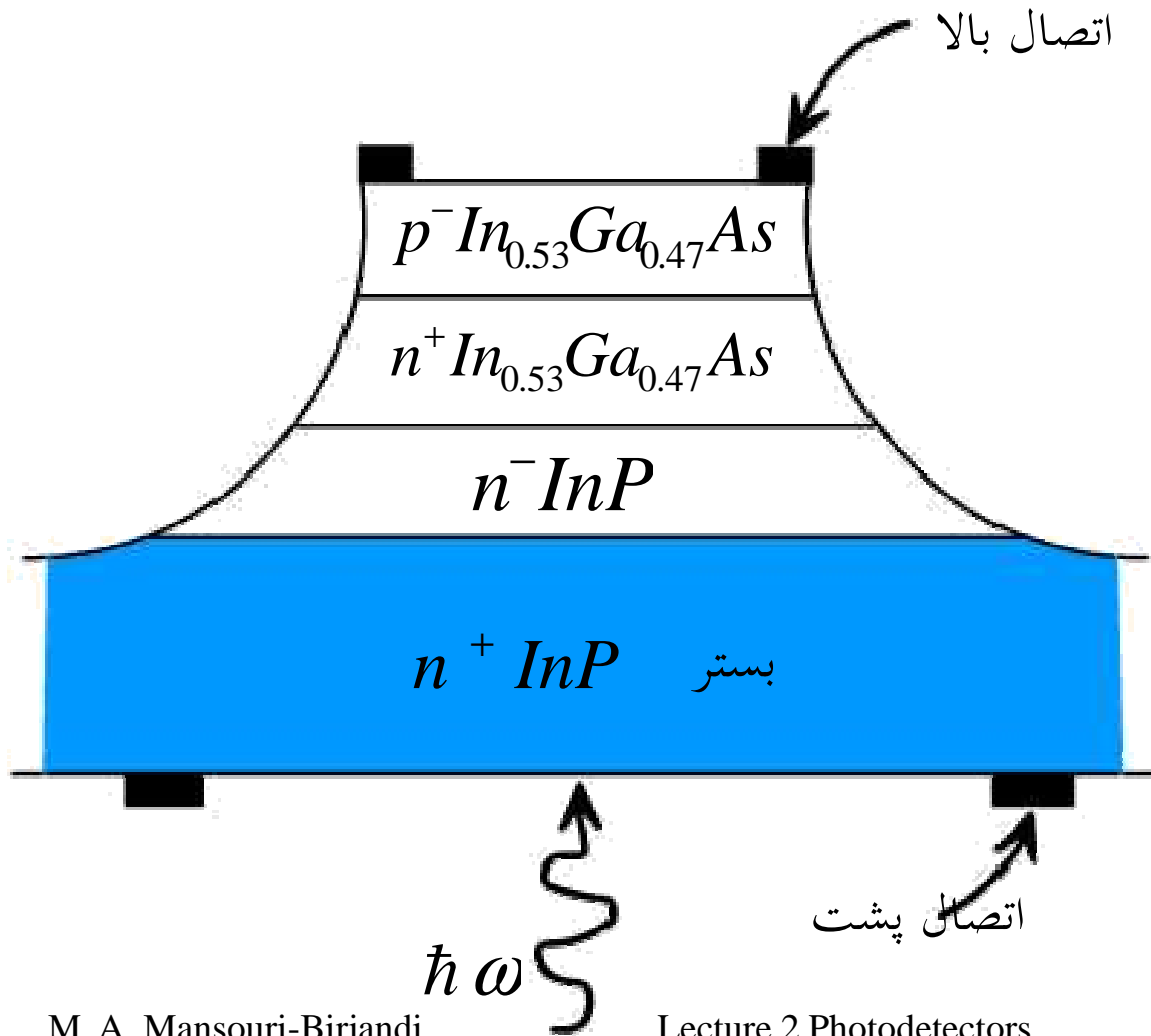
# Avalanche Photodiode: APD

□ 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)

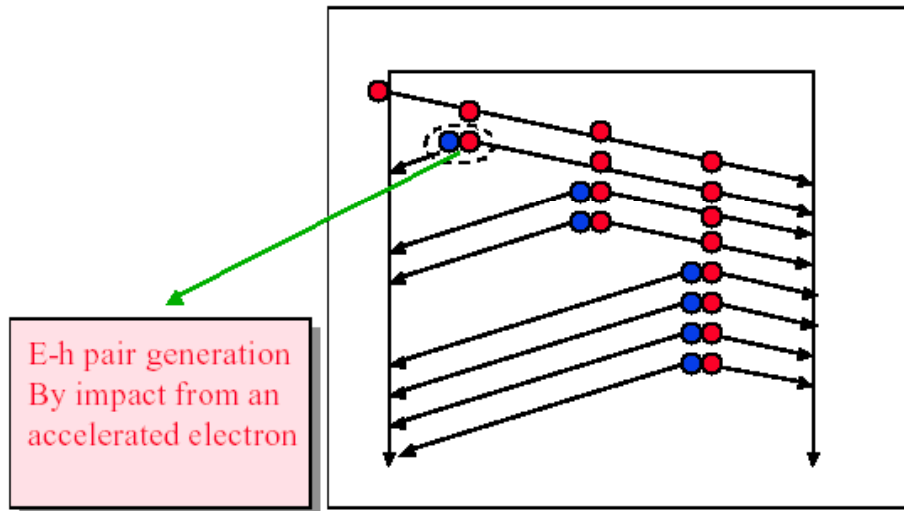
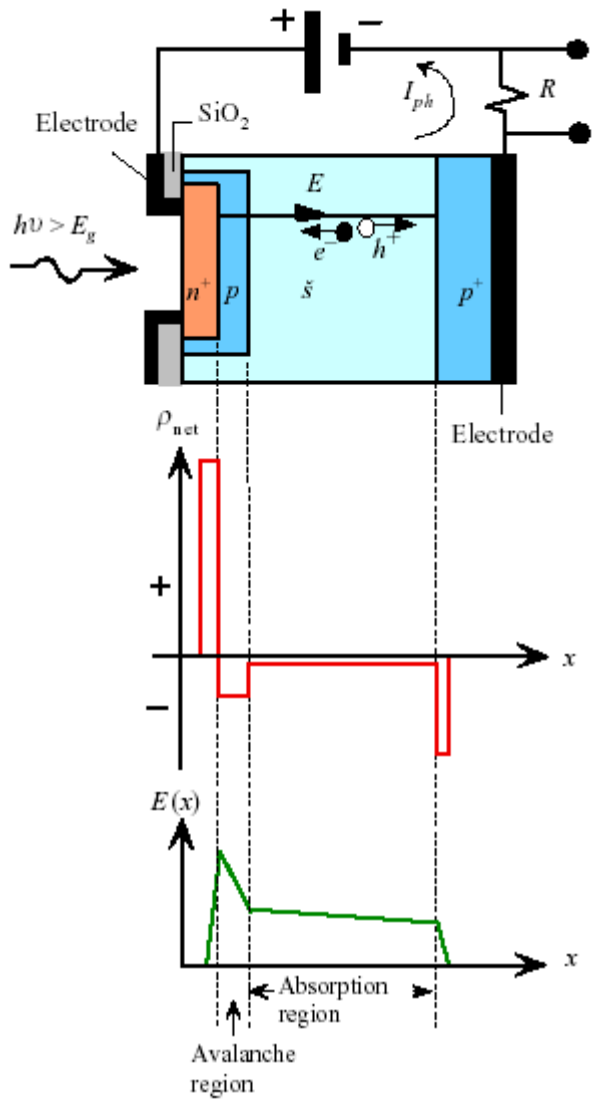


# سطح مقطع دیود نوری بهمنی



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

# Avalanche Photodiode: APD



# APD vs. PIN

	<b>PIN</b>	<b>APD</b>
<b>Advantages</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Low Voltage</b></li><li>• <b>Low Noise</b></li><li>• <b>Low dark Current</b></li><li>• <b>Easy to use</b></li><li>• <b>Low cost</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Current Gain</b></li><li>• <b>Sensitivity more than PIN</b></li></ul>
<b>Disadvantages</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Low Sensitivity</b></li><li>• <b>Without Current Gain</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>High Noise</b></li><li>• <b>High dark Current</b></li><li>• <b>More Sensitivity to Temperature</b></li><li>• <b>High operating Voltage</b></li><li>• <b>Expensive</b></li></ul>



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

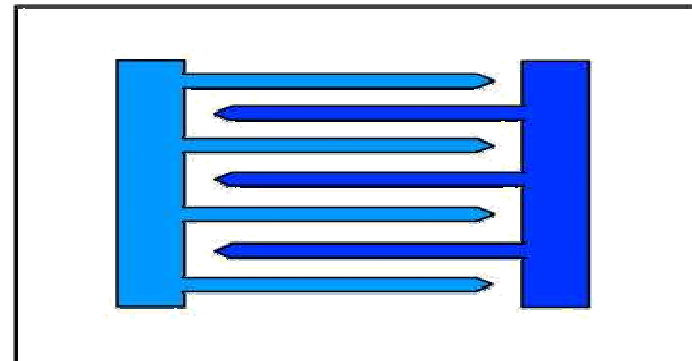
- از دو سد شتابی نزدیک به هم استفاده میشود.
- (در این افزاره یک اتصال معکوس و دیگری مستقیم بایاس می شوند. جریان تاریکی از طریق تزریق الکترون در اتصال بایاس معکوس تعیین می شود.)
- از دیودهای فلز - نیمه هادی - فلز برای کاربردهای مجتمع نوری استفاده می شود.
- یک افزاره حامل اکثریت است و از تأخیر سرعت ناشی از طول عمر حاملهای اقلیت رنج نمی برد.



M. A. Mansouri-Birjandi

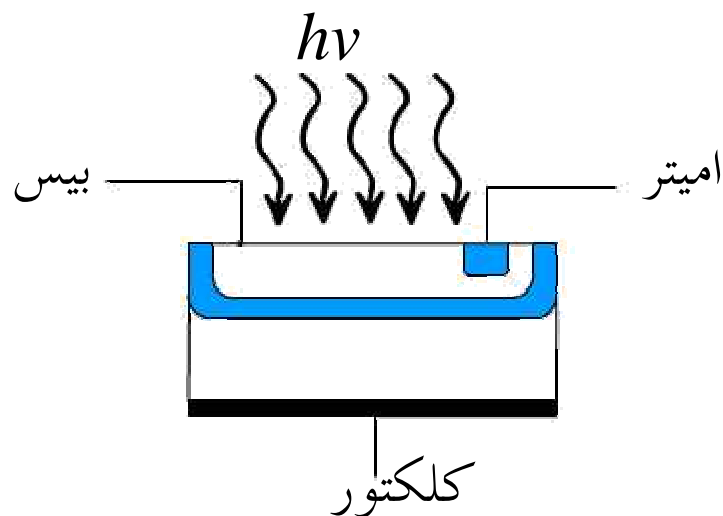


Lecture.2 Photodetectors



نیمه هادی فعال

# ترانزیستور نوری (Phototransistor)

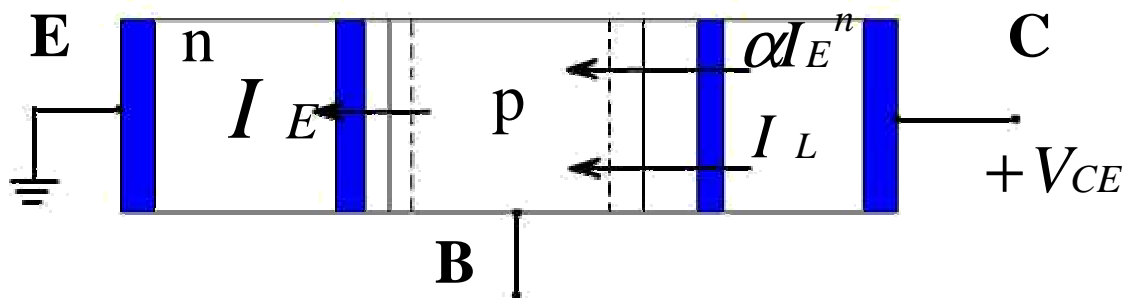


افزاره ای دوقطبی است □

(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

