

# f

موضوع سمینار

آشکارساز مادون قرمز غیر همگن مبتنی بر گروه III-V

درس

الکترونیک نوری

استاد

دکتر شهرام محمد نژاد

شماره دانشجویی : ۹۶۶۱۱۲۰۸

## آشکار ساز مادون قرمز:

این اشکار ساز به زبان ساده یک مبدل انرژی است یعنی انرژی موجود در تابش مادون قرمز را به شکل قابل اندازه گیری تبدیل می کند.

## انواع آشکارساز مادون قرمز

۱- اشکارساز حرارتی

۲- آشکار ساز فوتونی

### نکته

در آشکارسازهای فوتونی به دلیل اینکه پاسخ دهی بر مبنای تغییرات دمایی نمی باشد. بنابراین سرعت پاسخ دهی این آشکارسازها از آشکارسازهای حرارتی به مراتب بیشتر است.

انواع آشکارسازهای فوتونی

۱- Photoconductor

۲- PN photodiode

۳- PIN photodiode

۴- Avalanche photodiode (APD)

سه کمیت اصلی که برای مقایسه این آشکارسازها به کار می رود :

۱- بازدهی کوانتومی

نسبت تعداد الکترون و حفره تولید شده به تعداد فوتون ورودی

۲- جریان تاریکی

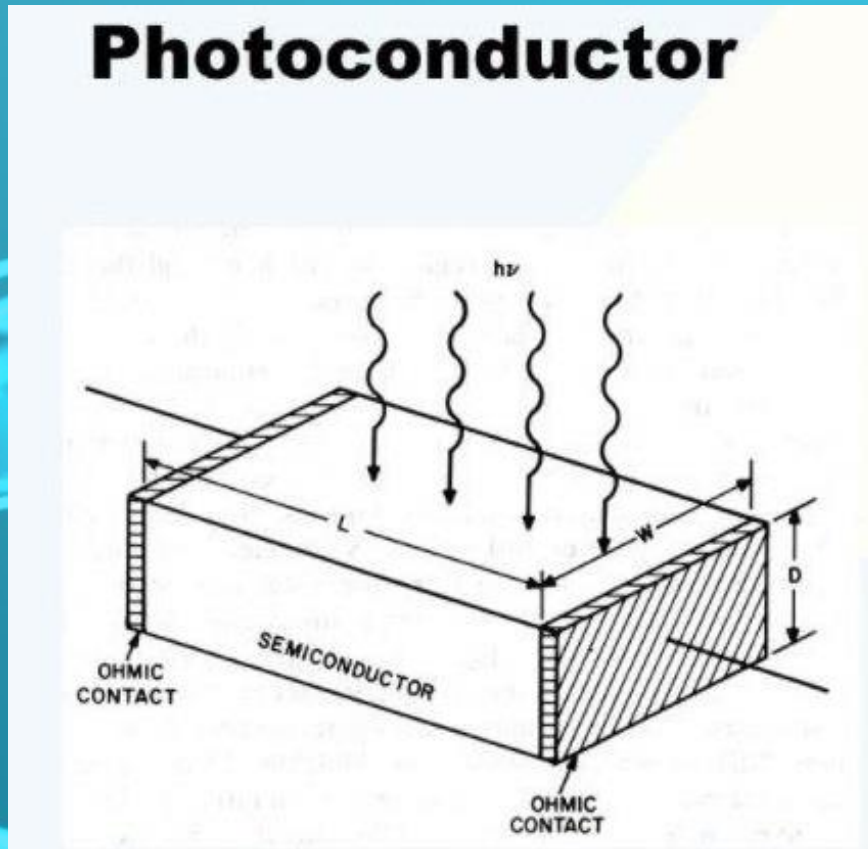
جریانی که از قطعه می گذرد وقتی که ما سیگنال ورودی نداریم

۳- زمان پاسخ

آشکارساز چقدر می تواند تغییرات شدید ورودی را پاسخ دهد.

## Photoconductor

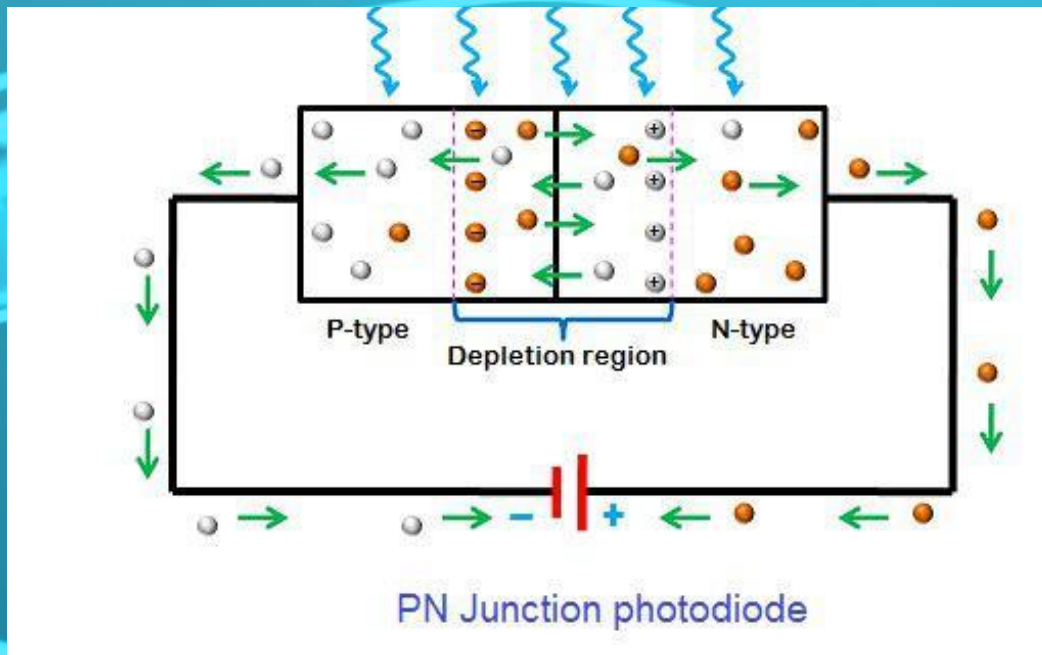
یک قطعه هادی یا نیمه هادی است موقع ای که نور به سطح آن برخورد می کند باعث تولید حامل ها می شود و هدایت قطعه تغییر می کند.





## PN Photodiode

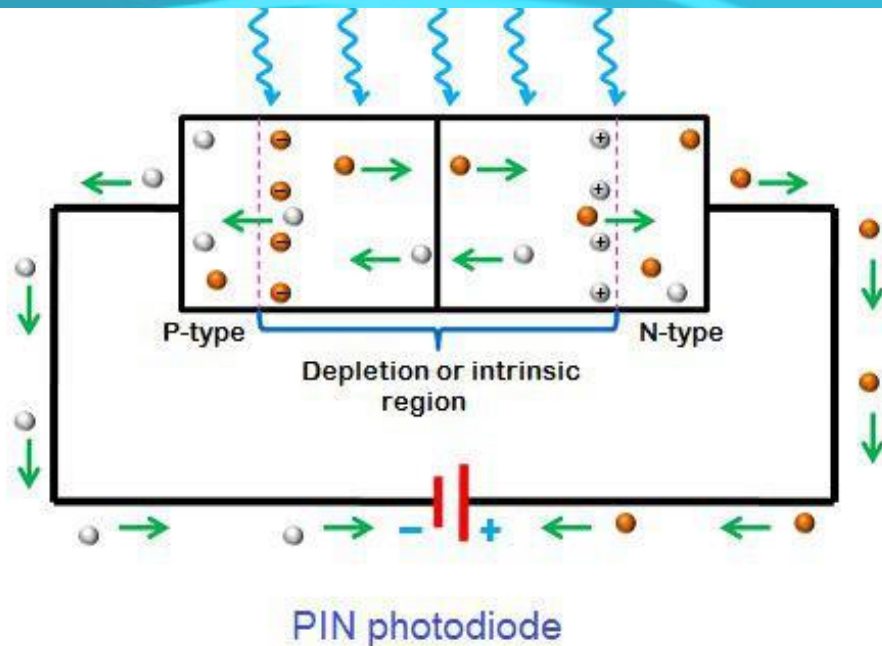
- ۱- یک پیوند p-n بایاس معکوس است که با تابش نور به این ساختار فوتون جذب می شود.
- ۲- در ازای هر فوتون یک الکترون از باند ظرفیت به باند هدایت منتقل می شود.
- ۳- به این ترتیب زوج الکترون حفره تولید می شود.



## PIN Photodiode

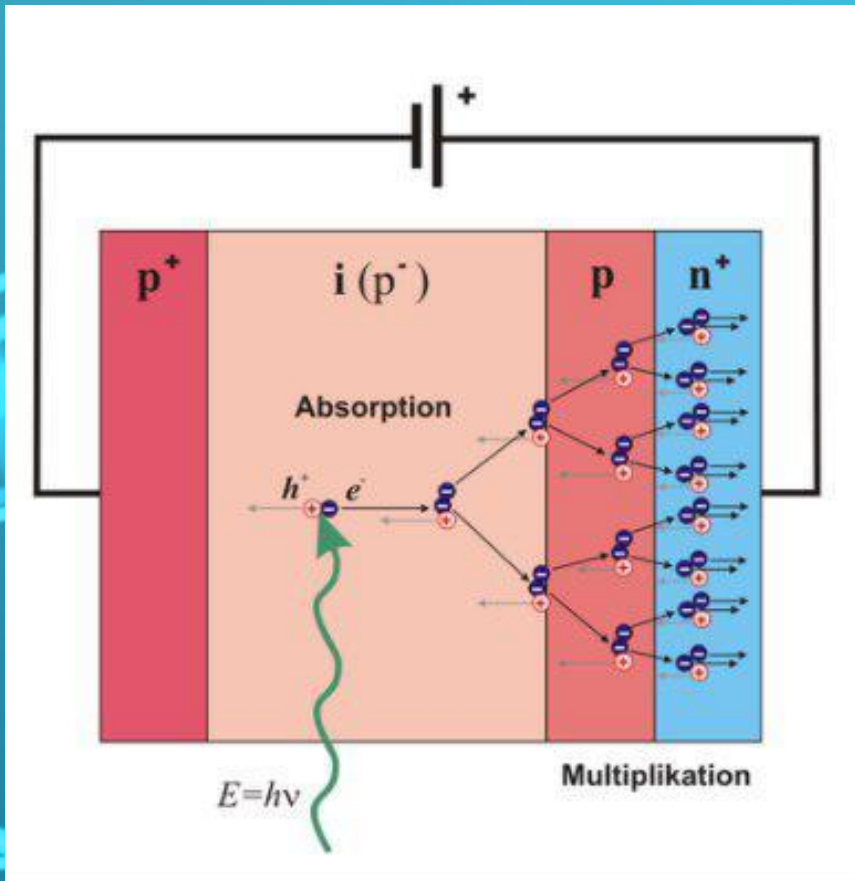
در این ساختار تقریباً کل ناحیه تخلیه در ناحیه ذاتی قرار دارد، بنابراین عرض ناحیه تخلیه وابسته به بایاس معکوس مدار نمی باشد. در نتیجه می توانیم عرض ناحیه تخلیه بزرگ با بایاس معکوس کم داشته باشیم.

در نتیجه باعث کاهش جریان تاریکی و افزایش سرعت پاسخ دهی می شود.



## Avalanche photodiode(APD)

این آشکار ساز یک دیود p-n است که در مد شکست بهمینی کار می کند. مزیتی که این آشکار ساز دارد این است که در آن گین دارد.



## آشکارساز مادون قرمز پیشینه تاریخی

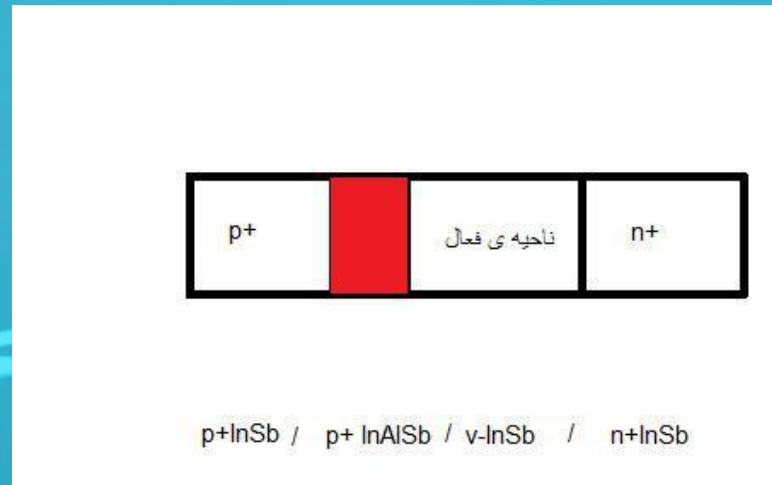
۱- نخستین آشکارساز مادون قرمز در سال ۱۹۳۳ توسط کوتزچر در دانشگاه برلین ساخته شد این آشکارساز با به کار گیری **Pbs** براساس هدایت نور در طول موج **3um** ساخته شد.

۲- بعداً ترکیبات دیگری از نمک های سرب از قبیل **Pbse** و **Pbte** نیز در ساخت آشکارسازهای مادون قرمز بکار گرفته شدند. فرآیند ساخت آشکارساز های مبتنی بر انواع نمک های سرب بسیار پیچیده است.

۳- و نهایتاً در سال ۱۹۵۰ میلادی محققان در یافتند که **Insb** در میان نیمه هادی های شناخته شده تا آن زمان کوچکترین شکاف انرژی را دارد به علاوه در یافتند نه تنها محدوده آشکارسازی این ماده نظیر محدوده آشکارسازهای مبتنی بر نمک ها است بلکه فرایند ساخت **Insb** از ساخت آشکارسازهای نمک بسیار ساده تر است و همین باعث شد تا این اشکار سازها به طور ویژه مورد توجه قرار گیرد.



فرآیند ساخت آشکارساز همگن **Insb** که یک ارایه  $64 * 64$  از سلول زیر است:

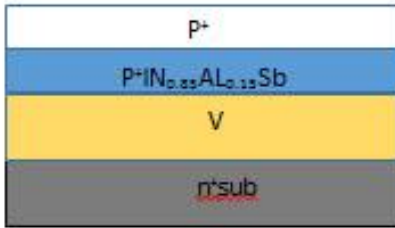


ساختار یک دیود PIN است که لایه  $p^+ In_{0.85} Al_{0.15} Sb$  به عنوان سدی عمل میکند که مانع عبور الکترون های ناحیه فعال به ناحیه  $p^+$  می گردد.

جریان تاریکی این افزاره ۵ نانوامپر و محدوده ی عملکرد افزاره  $5.5\mu m - 3.5\mu m$

## لیتوگرافی اول:

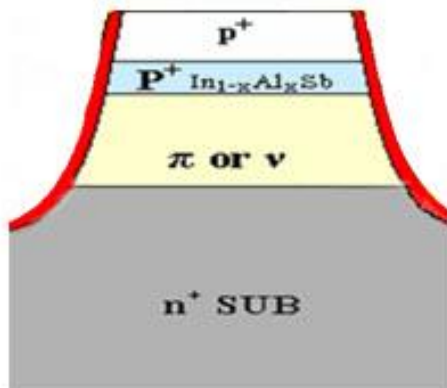
برای ایجاد ساختار mesa به منظور جداسازی نواحی فعال به کار می رود .



۱- با استفاده از ماسک شماره یک که حاوی طرح mesa است محل اجزا را روی ویفر مشخص می کند.

۲- بقیه سطح را تا عمق  $7.5\mu m$  آچ می نمایند.

۳- خنثی سازی دیواره ها.



## لیتوگرافی دوم:

به منظور ایجاد پنجره اتصال فلز و لایه محافظ برای اکسید زیرین

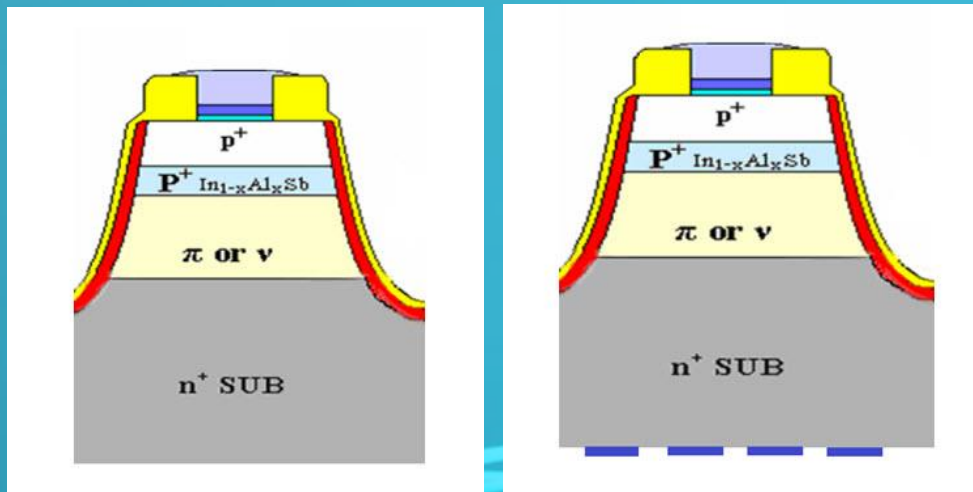
۱- ایجاد فوتورزیست در محل اتصال

۲- نشادن یک لایه  $\text{SiO}_2$  به روش تبخیر با باریکه الکترون

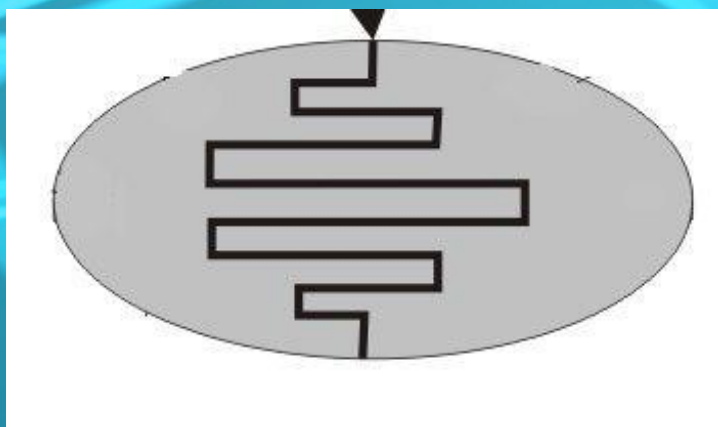
۳- برداشتن لایه فوتورزیست در محل اتصال

## لیتوگرافی سوم :

به منظور نشانیدن فلز برای ایجاد اتصال اهمی روی سطح ویفر در دریاچه موجود



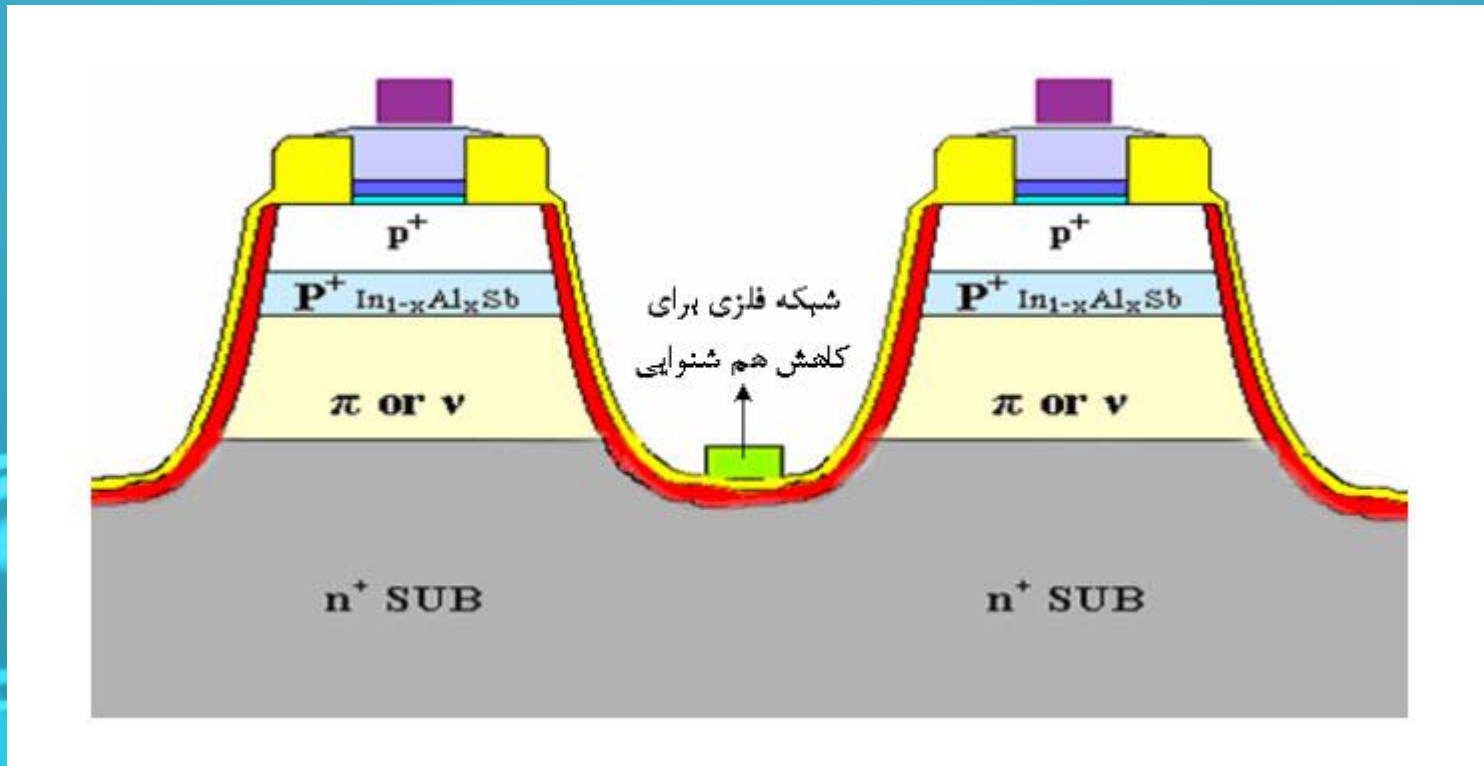
۱- اتصال اهمی به کمک یک ترکیب سه تایی از فلز پلاتین و کروم و طلا ایجاد می گردد.



۲- استفاده از اتصال شانه ای برای بهینه کردن سطح نورگیر در پشت افزاره

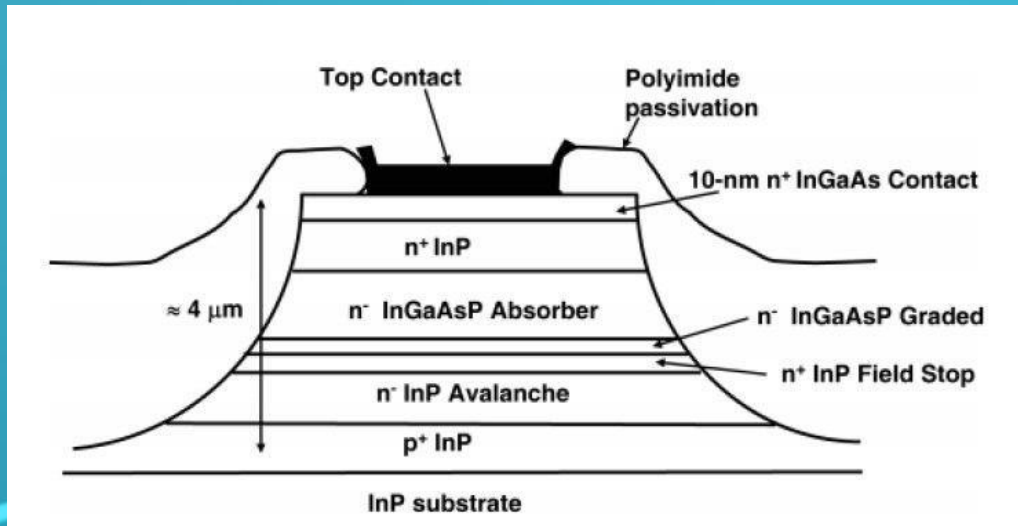


## رفع هم شنوایی بین سلول ها ارایه:



هم شنوایی عبارت است از انحراف حامل های نوری تولید شده در یک سلول در حین حرکت از بستر به سمت سلول های مجاور  
برای رفع همشنوایی یک شبکه فلزی باریک بین نواحی حساس قرار می دهند.

## آشکارساز بهمنی غیر همگن مبتنی بر InGaAsP / InP در طول موج 1.06um :



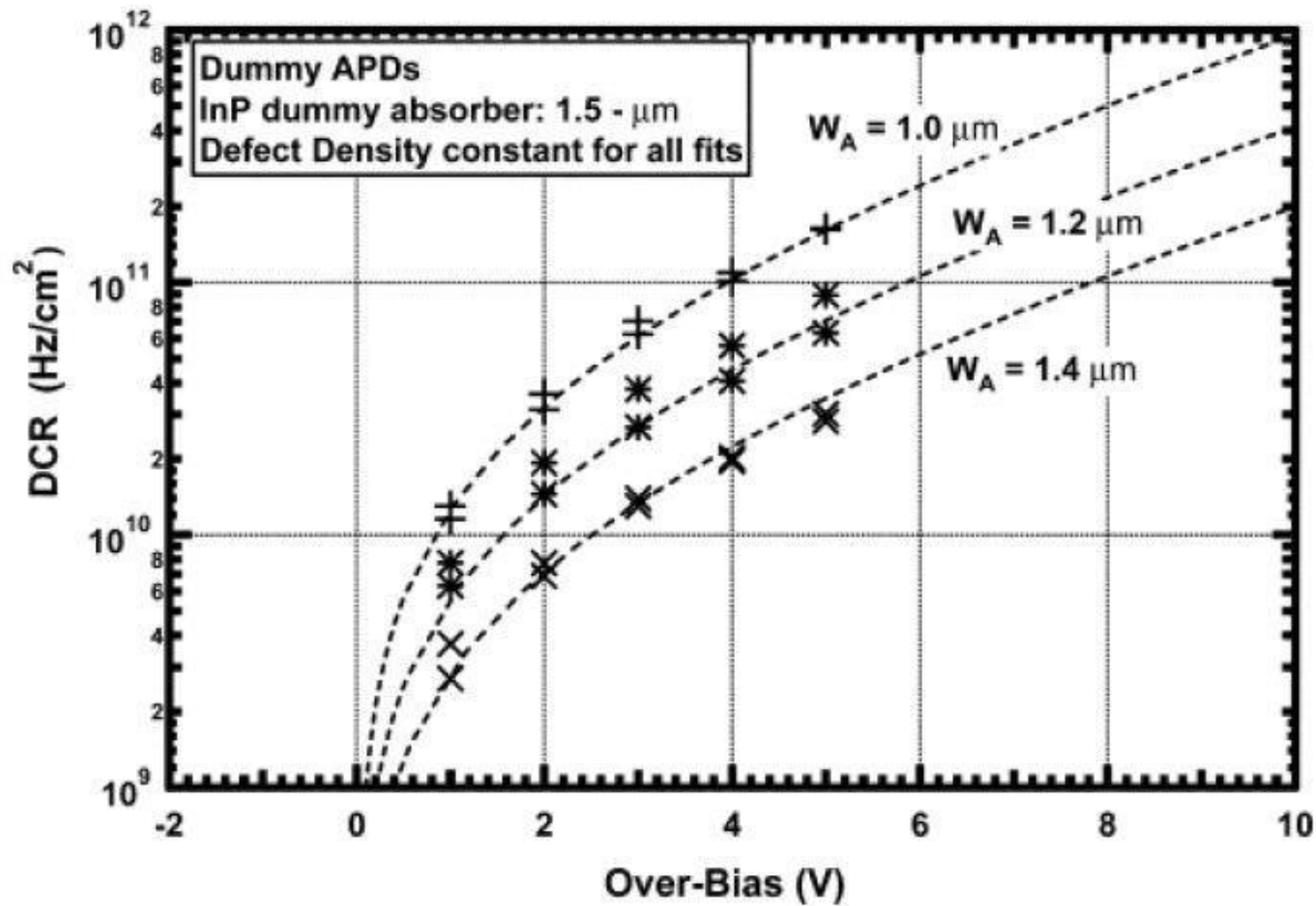
۱- ساختار APD به وسیله اپیتکسی فاز بخار بر روی بستر InP با جهت (۱۱۱) رشد داده میشود.

۲- لایه p+ InP با ضخامت 2um و چگالی ناخالصی  $2 \times 10^{18}$  در نظر گرفته می شود.

۳- سپس لایه بهمنی با ضخامت 1um و چگالی ناخالصی کمتر از  $3 \times 10^{15}$

۴- برای InGaAsP حاصل ضرب چگالی ناخالصی این لایه در ضخامت آن باید به گونه ای انتخاب شود که حامل ها در هر جای لایه جذب تولید می گردند به لایه بهمنی منتقل شوند.

۵- لایه توقف کننده میدان اجازه نمی دهد حداکثر میدان در لایه جذب بیشتر از  $10^5$  ولت بر سانتیمتر شود.



طبق نمودار با افزایش عرض ناحیه شکست بهمنی به دلیل اینکه ماکسیمم میدان کم میشود بنابراین نرخ جریان نیز کم میشود.



## مقایسه ساختار همگن و ناهمگن:

در ساختار همگن به دلیل اینکه جنس ماده ناحیه  $n$  و  $p$  یکسان است به همین دلیل فوتون به محض وارد شدن به قطعه در نواحی مختلف جذب می شود و درصدی از آن به ناحیه تخلیه می رسد به همین دلیل بازده کوانتومی ساختار همگن بیشتر از ساختار ناهمگن است.

## کاربرد مهم آشکارساز مادون قرمز در صنعت موشکی

در موشک های هدایت شونده الکترواپتیکی هم از تکنولوژی آشکارساز نقطه ای و هم از تصویر برداری های مادون قرمز جهت جستجو و رد گیری اهداف استفاده می شود.



موشک قاصد سپاه پاسداران با  
برد ۱۰۰ کیلومتر

۱۵/۱۵

موشک رژیم صهیونیستی با  
برد ۹۳ کیلومتر



## منابع :

- [1] Sharma, "***Infrared Detectors***", M. Tech Credit Seminar Report, Electronic Systems Group, EE Dept, IIT, Bombay, Submitted on Oct. 2004.
- [2] F. F. Sizov, V. P. Reva, A.G. Golenkov, V. V. Vasiliev & A. O. Suslyakov, "***4×288 Readouts and FPAs Properties***", Opto-Electronics Review, Vol. 14, No. 1, pp 79–86.
- [3] A. M. Fowler & J. Heynssens, "***Evaluation of the SBRC 256x256 InSb Focal Plane Array and Preliminary Specification for the 1024x1024 InSb Focal Plane Array***", SPIE Proceedings on Infrared Detectors and Instrumentation, Vol. 1946, April 1993.
- [4] E. Michel, J. Xu, J. D. Kim, I. Ferguson & M. Razeghi, "***InSb Infrared Photodetectors on Si Substrates Grown by Molecular Beam Epitaxy***", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 8, No. 5, May 1996.
- [5] E. Michel, J. Xu, J. D. Kim, I. Ferguson & M. Razeghi, "***InSb Infrared Photodetectors on Si Substrates Grown by Molecular Beam Epitaxy***", IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 8, No. 5, May 1996.
- [6] A. Rogalski, "***Optical Detectors for Focal Plane Arrays***", Optoelectronics review 12, No. 2, 2004, pp 221-245.
- [7] I. Bloom & Y. Nemirovsky, "***Bulk Lifetime Determination of Etch-Thinned InSb Wafers for Two-Dimensional Infrared Focal Plane Array***", IEEE Transactions on Electron devices, Vol. 39, No. 4, April 1992.

**پایان**

با تشکر از توجه شما