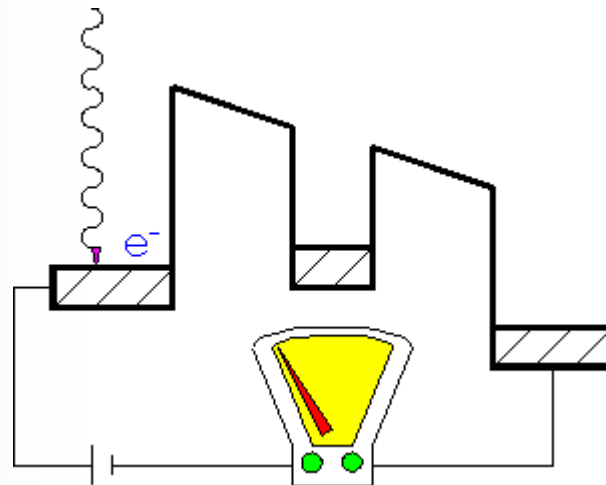
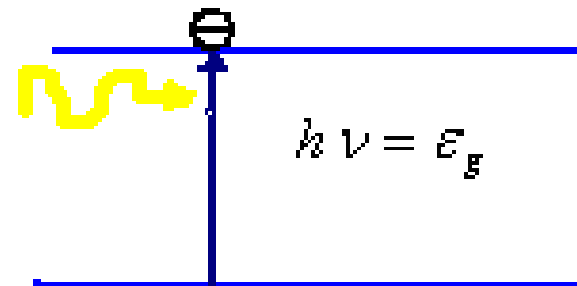
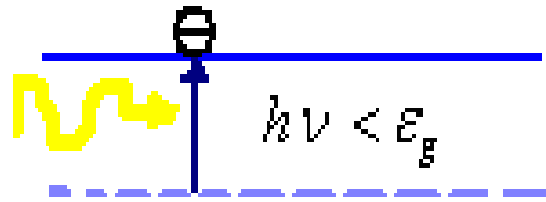
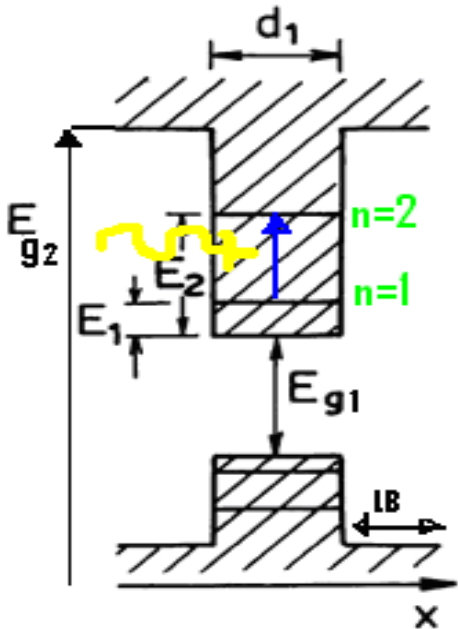
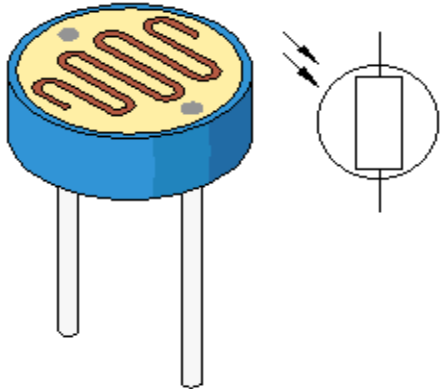


آشکارسازهاي

مادون قرمز طول موج بلند



انواع آشکارسازهاي نوري



از دیدگاه اول:

✓ رساناهای نوری

✓ دیودهای پین

✓ دیودهای نوری بهمنی

از دیدگاه دوم:

✓ ذاتی

✓ غیرذاتی

انواع آشکارسازهاي مادون قرمز

✓ آشکارسازهاي فوتوني برمبنای Si ذاتي و آنتيموان
ها ($InSb, GaSb$) در محدوده $1-8\mu\text{m}$

$20\mu\text{m}$

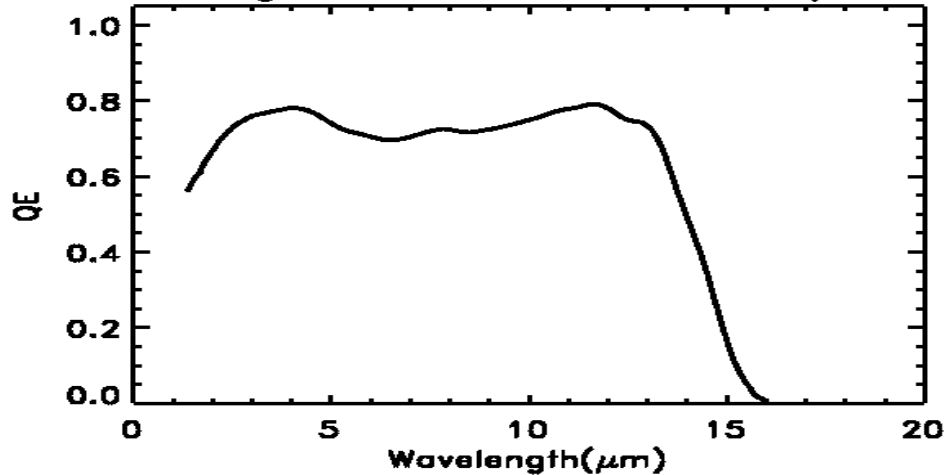
✓ آشکارسازهاي فوتوني بر مبنای نیمه هادي هاي غيرذاتي تا

✓ آشکارسازهاي چاه کوانتومي

✓ آشکارسازهاي نامتجانس ترانزیستوري

MERCURY CADMIUM TELLURIDE ($HgCdTe$)

HgCdTe Quantum Efficiency

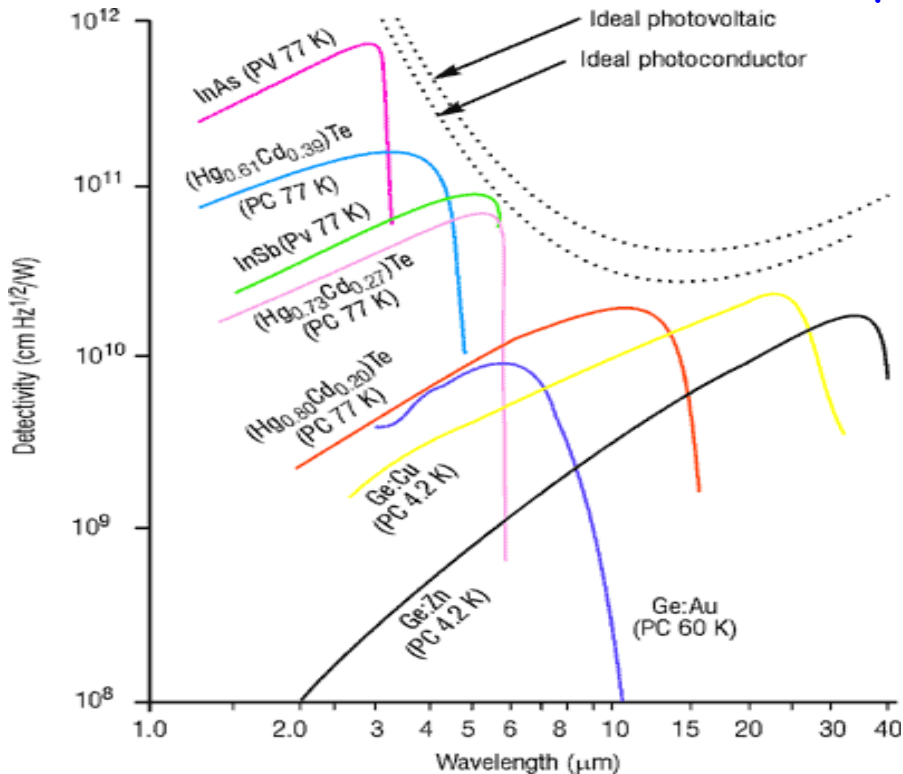
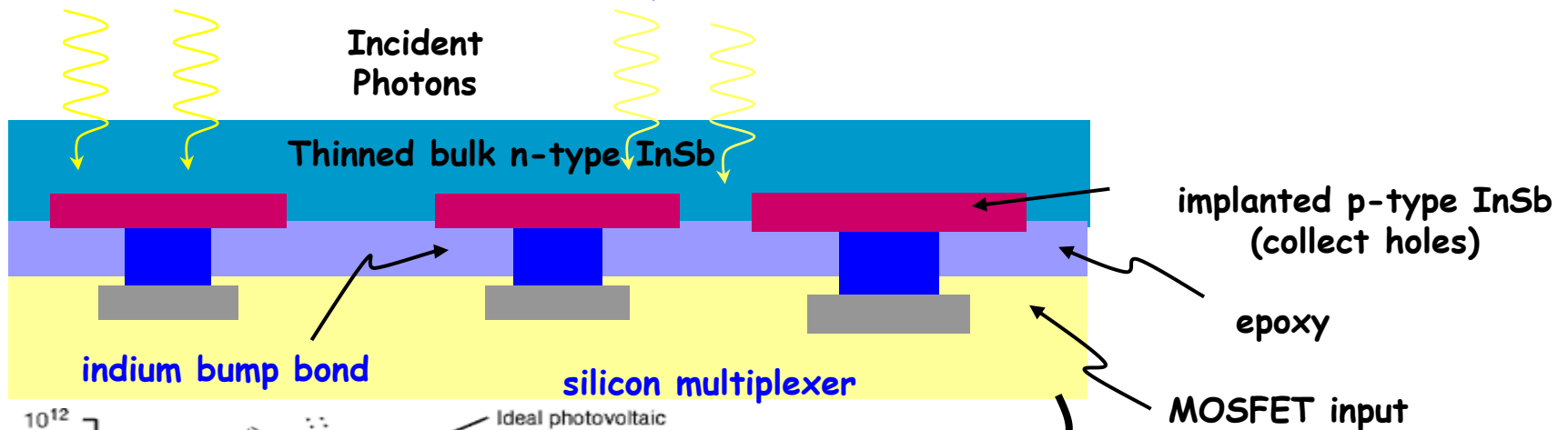


x	E_g (eV)	λ_c (μm)
0.196	.09	14
0.21	.12	10
0.295	.25	5
0.7	1.0	1.24

- ✓ طول موج آشکارسازی
- ✓ آشکارساز ذاتی
- ✓ $(HgTe + CdTe)$ II-VI
- ✓ تغییر انرژی گاف با x
- ✓ معایب:

- ← وابستگی به دما
- ← نویز پذیری
- ← عدم استحکام
- ← جریان تاریک بالا
- ← رشد دادن مشکل

InSb Infrared Detector



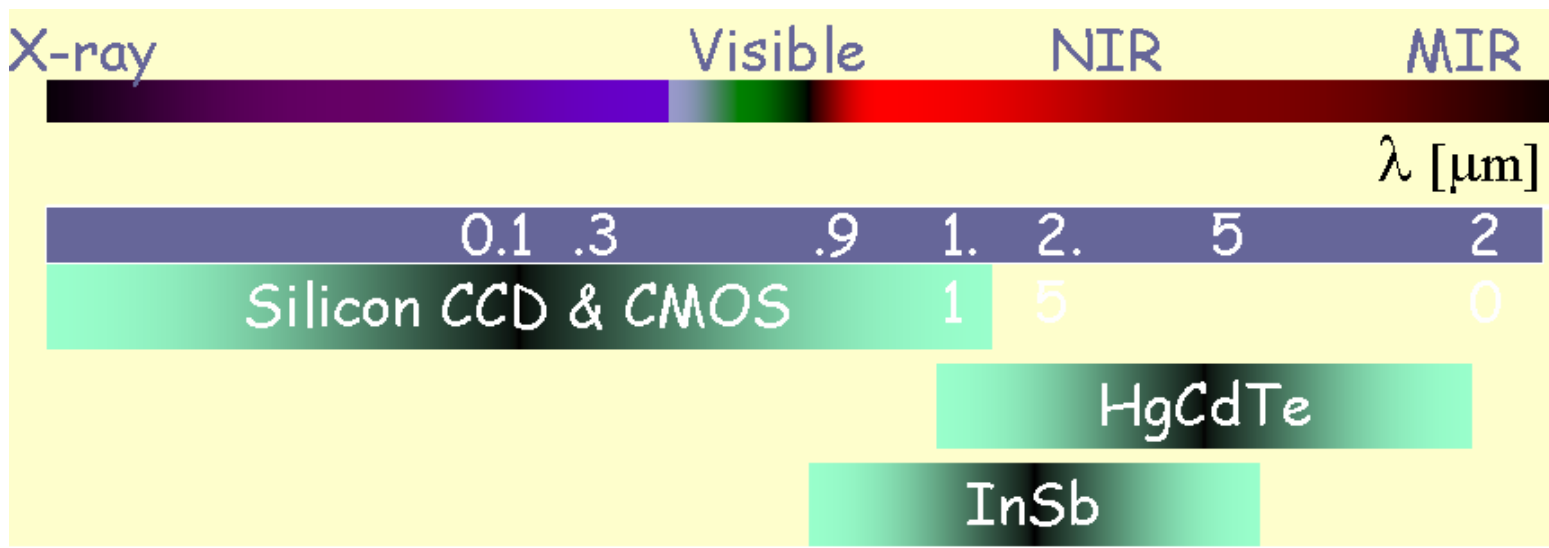
$\text{InAs}_{0.5}\text{Sb}_{0.5} \leftarrow \text{III-V}$

$7.5-12 \mu\text{m} \leftarrow \text{IrSi}$

$3-5 \mu\text{m} \leftarrow \text{PtSi}$

Material Name	Symbol	ϵ_g (eV)	λ_c (μm)
<i>Silicon</i>	Si	1.12	1.1
<i>Mer-Cad-Tel</i>	HgCdTe	1.00 – 0.09	1.24 – 14
<i>Indium Antimonide</i>	InSb	0.23	5.9
<i>Arsenic doped Silicon</i>	Si:As	0.05	24

Symbol	λ_c (μm)
<i>GeB</i>	130
<i>GeSb</i>	122
<i>GeGa</i>	110
<i>GeIn</i>	107

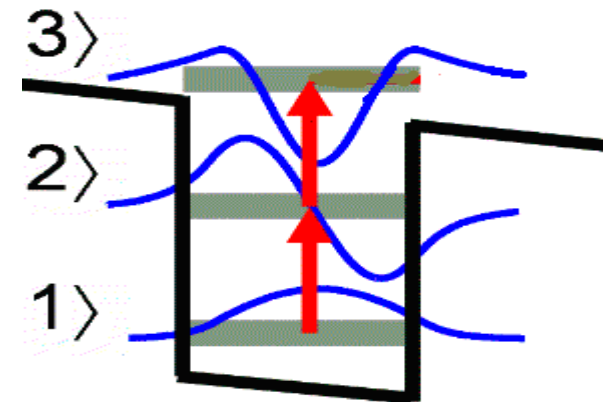
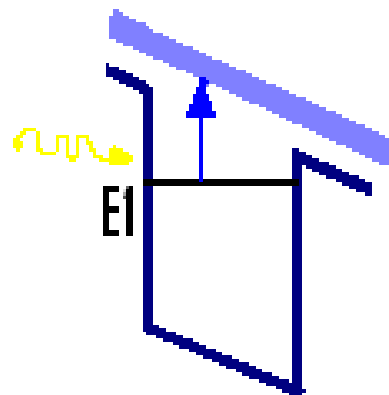
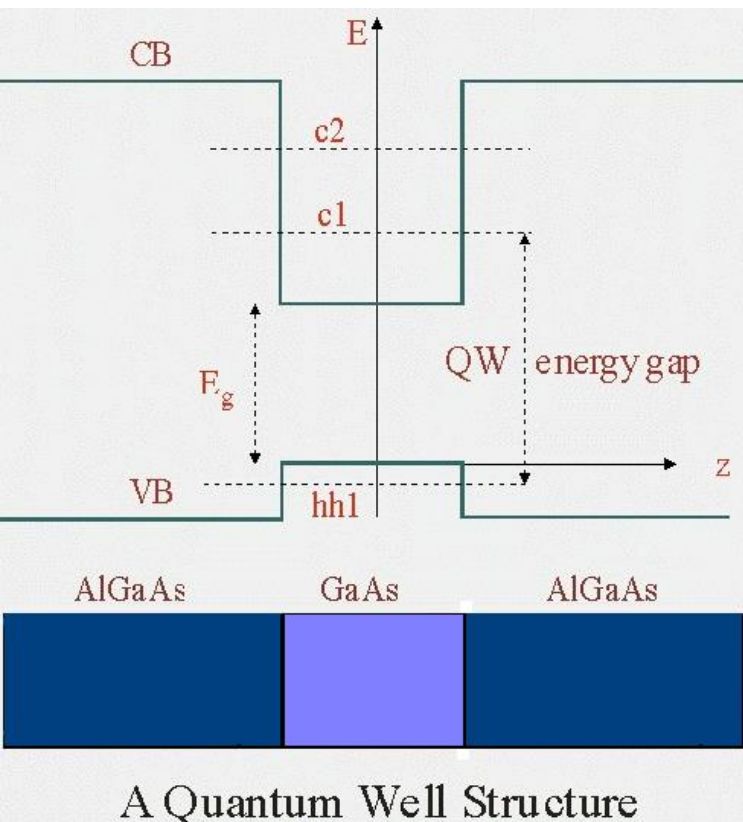


آشکارسازهاي مادون قرمز چاه کوانتومي (QWIP)

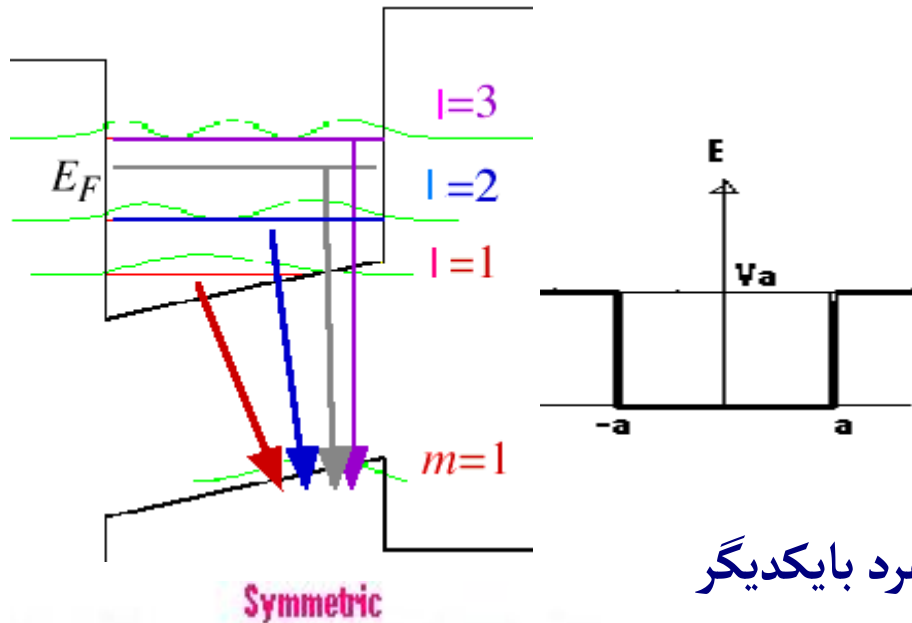
تعريف چاه کوانتومي ✓

مزايای چاه کوانتومي نسبت به روش هاي قبلي ✓

انواع گذارها در چاه کوانتومي ✓



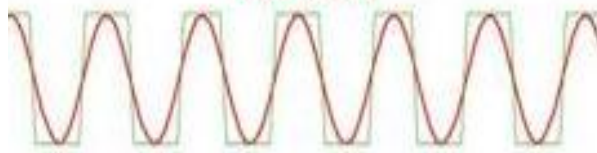
چاه مربعی منفرد (SQW) و چاه مربعی چندگانه (MQW)



$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(x,t) = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V \right) \Psi(x,t) = \mathfrak{R} \Psi(x,t)$$

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V \right) \Psi(x,t) = \mathfrak{R}$$

Symmetric



Anti symmetric



✓ اثرات ابعاد کوانتومی در کوپل شدن چاههای منفرد بایکدیگر

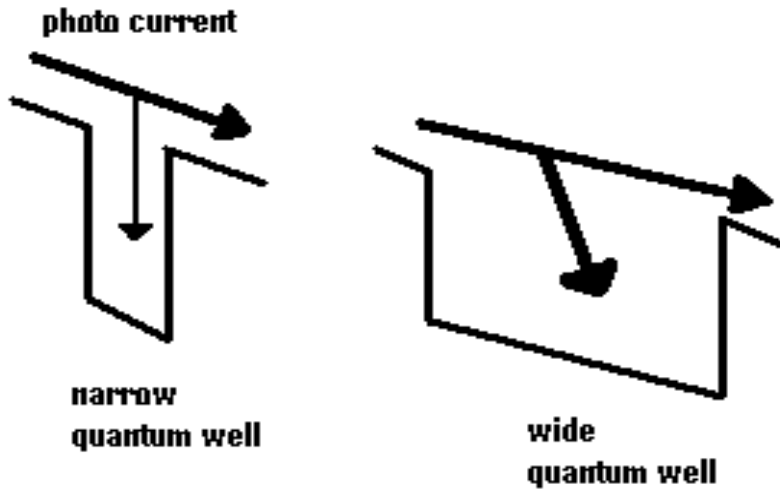
(ضخامت سد > ۵۰ آنگستروم)

✓ اثر ژرفا و پهنای چاه در احتمال نگهداری ذره

✓ تعریف ابرشبکه

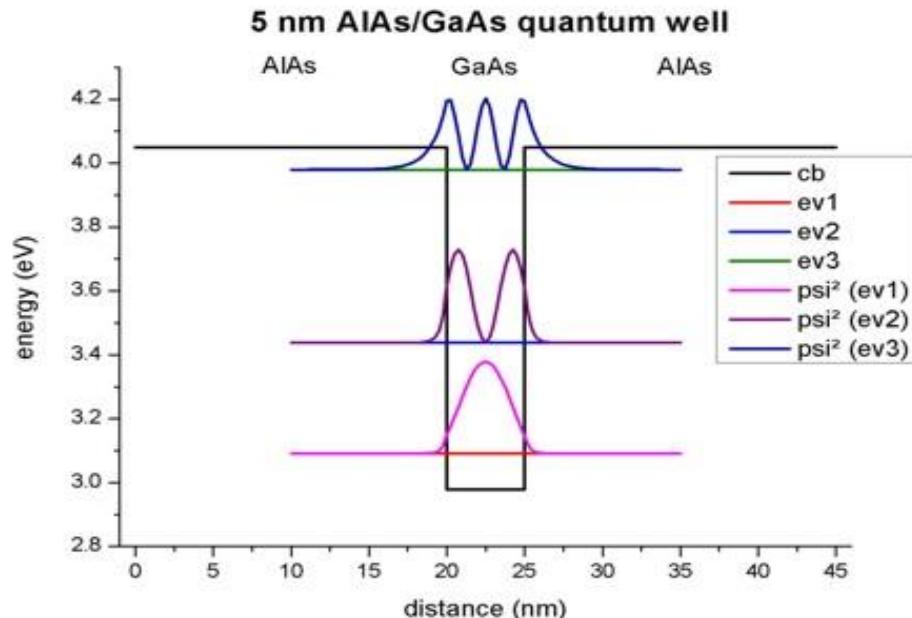
$$\epsilon_l = \frac{\pi^2 \hbar^2 l^2}{2m^*_e L^2_z}, L = 1, 2, 3, \dots$$

سایر ویژگی های QWIP



- ✓ شرط تزویج نور به چاه کوانتومی
- ✓ احتمال به دام افتادن ذره توسط چاه کوانتومی

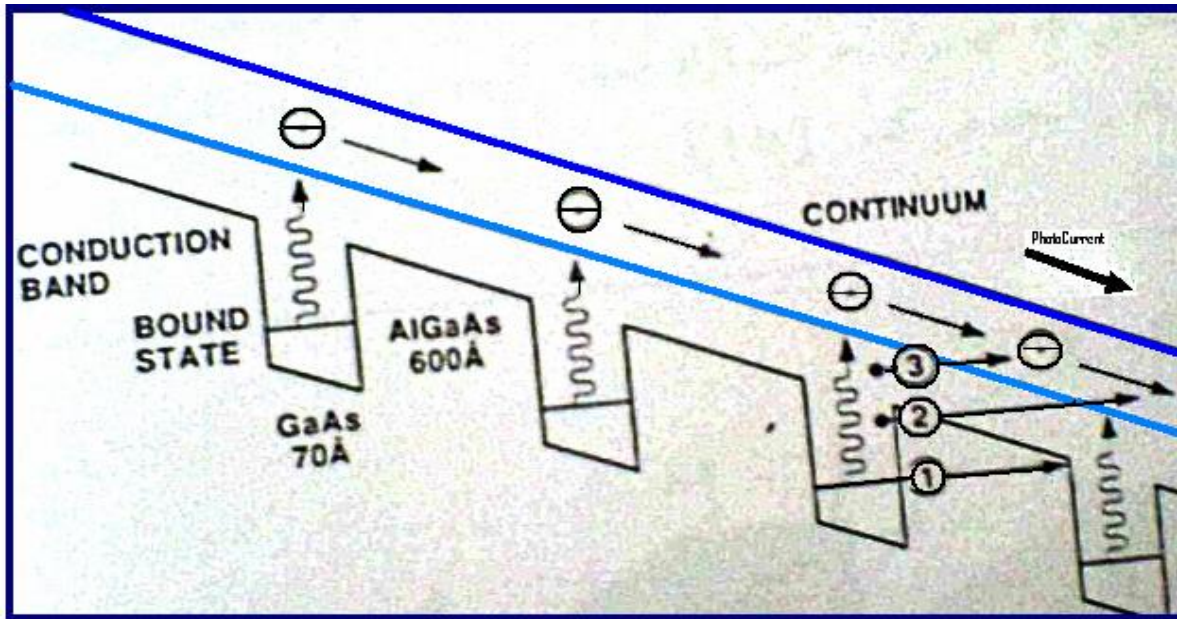
$$P_c = 1 - \exp\left(\frac{-Lw}{L_c \lambda}\right)$$



- ✓ اثر جریان تاریک در QWIP ها
- ✓ اثر افزایش طول موج آشکارسازی بر خصوصیات QWIP

- ✓ اثر افزایش پهنای سد بر تونل زنی

عوامل ایجاد جریان تاریک در QWIP ها



۱. تونل زنی ترتیبی

✓ تونل زنی چاه به چاه از میان سدها

✓ مستقل از دما

✓ دخالت فونون

۲. تونل زنی به کمک گرما

(گسیل القاشده میدانی)

✓ از قله سده سطح پیوستار

✓ دخالت فونون

۳. گسیل ترمویونیک

✓ در اثر تحریک گرمایی مستقیم باربرها در بیرون و بالای چاه ها و سطوح پیوستار بالای سدها ی نیمه هادی

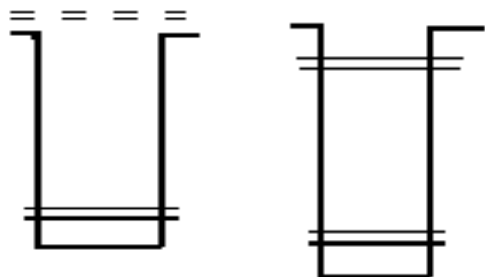
✓ عامل اصلی جریان تاریک در دماهای بالا ($T > 45$ در QWIP های $15 \mu\text{m}$)

دسته بندی آشکارسازهای چاه کوانتومی

(۱) بر اساس نوع آرایش

n-QWIP ✓

p-QWIP ✓



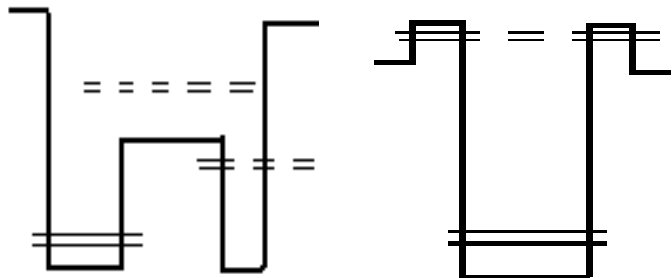
(۲) بر اساس نوع گذارها

QWIP های باند به باند داخل چاه (B-B) ✓

QWIP های باند به سطوح پیوستار خارج چاه (B-C) ✓

QWIP های باند به شبه باند (B-QC) ✓

QWIP های سه ترازه (نامتقارن) ✓



آشکارسازهاي چاه کوانتومي مبتني بر GaAs/AlGaAs

✓ رشد به صورت MBE بر زير لايه GaAs

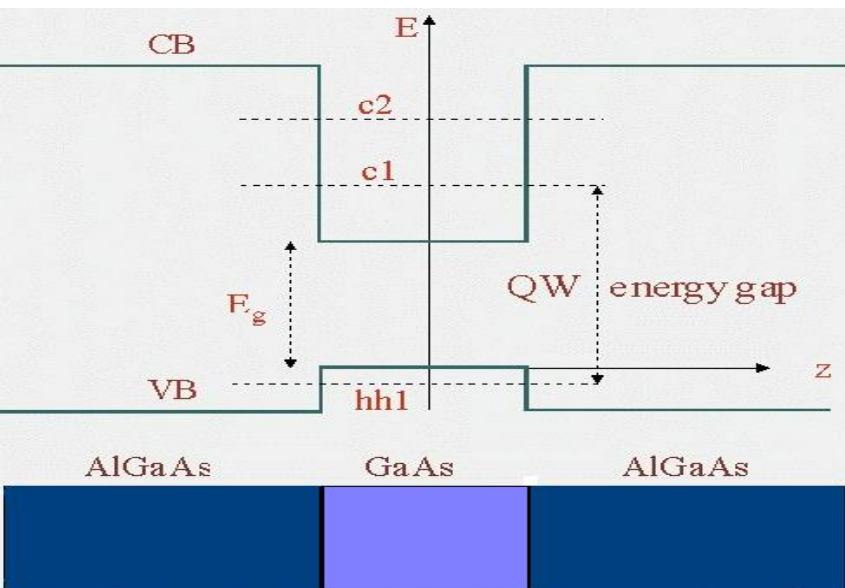
✓ ضخامت لايه بافر: $1 \mu m$

✓ ميزان ناخالصي: $2 \times 10^{18} cm^{-3}$

$30nm Al_{0.42}Ga_{0.58}As$

✓ داراي ۲۰ دوره از چاه هاي $Al_{0.08}Ga_{0.92}As$

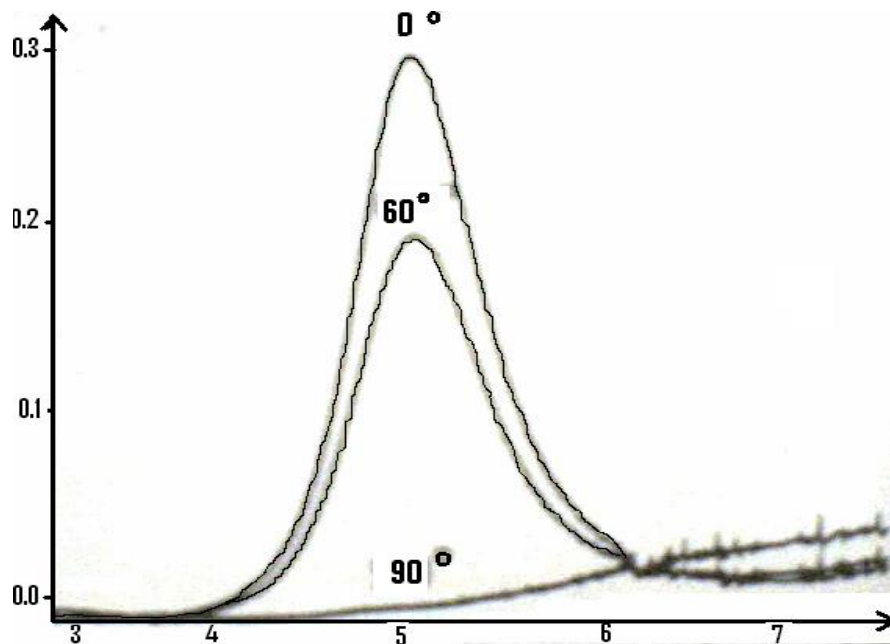
✓ با ساختار لايه اتصالي $400nm GaAs$



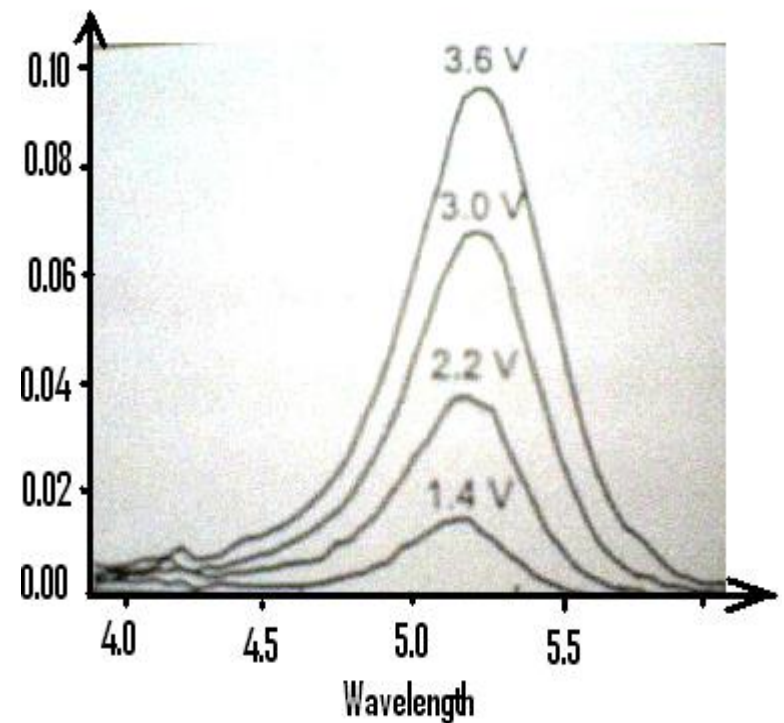
A Quantum Well Structure

آشکارسازهاي چاه کوانتومي مبتني بر GaAs/AlGaAs

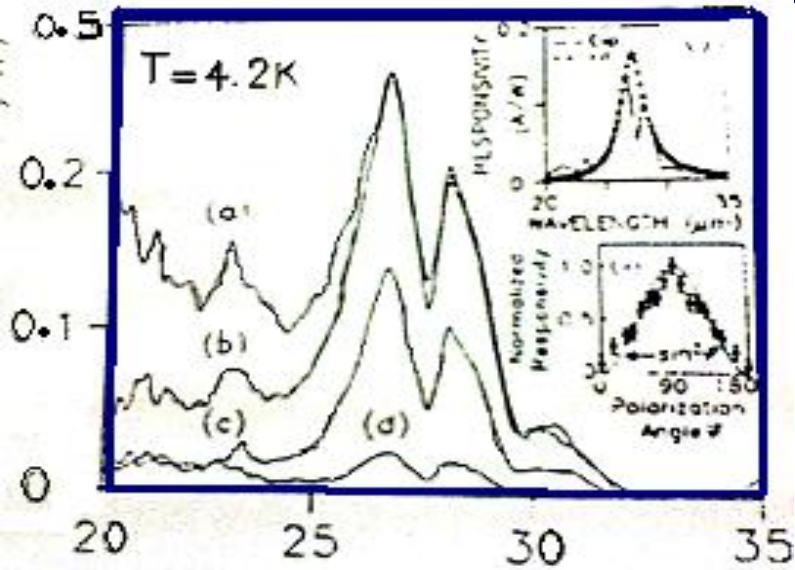
جذب اندازه گيري شده



پاسخ دهی اندازه گيري شده



آشکارسازهاي چاه کوانتومي مبتني بر GaAs/AlGaAs

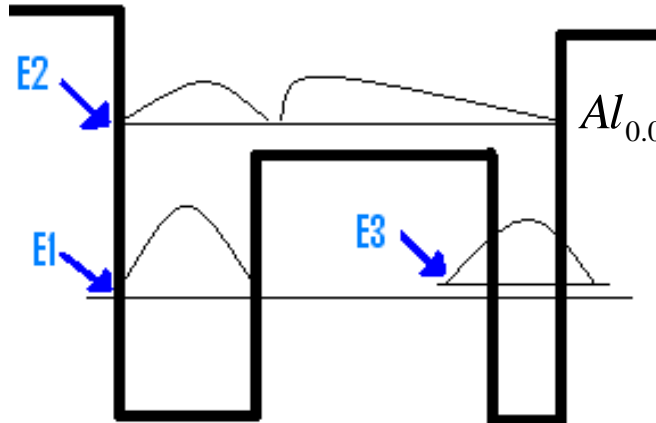


✓ اثر آلايش بالا در ارتقاء قدرت جذب

✓ اثر تعداد چاه ها در ارتقاء قدرت جذب

✓ بهبود آشکارسازي با استفاده از چاه کوانتومي سه ترازه

✓ آشکارسازي با طول موج قطع بالا $28 \mu\text{m}$



شامل ۲۰ دوره از چاههاي 118A از GaAs و سدهاي 400A از $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{As}$

آشکارسازي مادون قرمز دور و خيلي دور توسط

n نوع GaAs/AlGaAs Heterostructures

✓ آشکارسازهاي *FIR* که در فروشگاه ها براي طول موج هاي بالاتر از $100\ \mu m$ منتشرسند:

HIWP ←

(*Homojunction Interfacial Workfunction Internal Photoemission*)

✓ شامل یک لایه دوپ شده و یک لایه دوپ نشده از همان جنس

Internal workfunction ✓

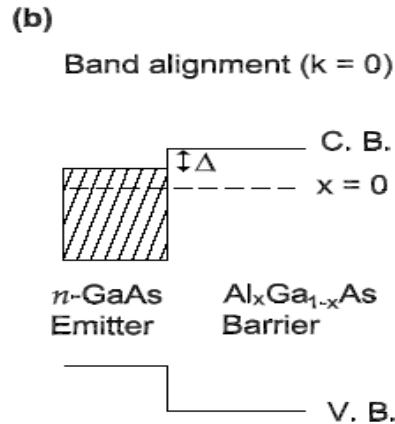
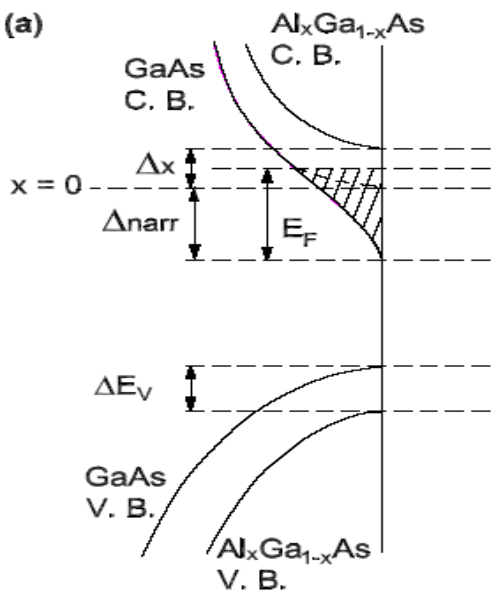
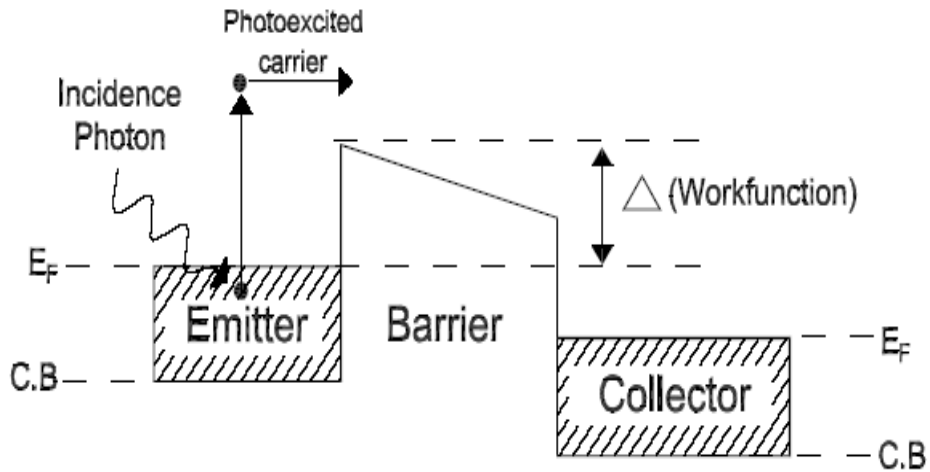
✓ جذب *IR* در لایه دوپ شده اتفاق مي افتد و حامل هاي *Photoexcited* روی این لایه منتشر مي شوند

HEIWP

(*Heterojunction Interfacial Workfunction Internal Photoemission*)

✓ یک نیمه هادي دوپ نشده براي لایه سد و نیمه هادي هاي دوپ شده براي امیتر به کار مي رود

تئوري كلي آشكارسازهاي HEIWIIP



✓ مکانیزم آشکارسازی

✓ جذب فوتون به وسیله حامل ها

✓ انتشار (پخش) حامل های *Photoexcited* بر روی *potential barrier Heterojunction*

✓ تمایل حامل ها به سمت میدان الکتریکی خارجی

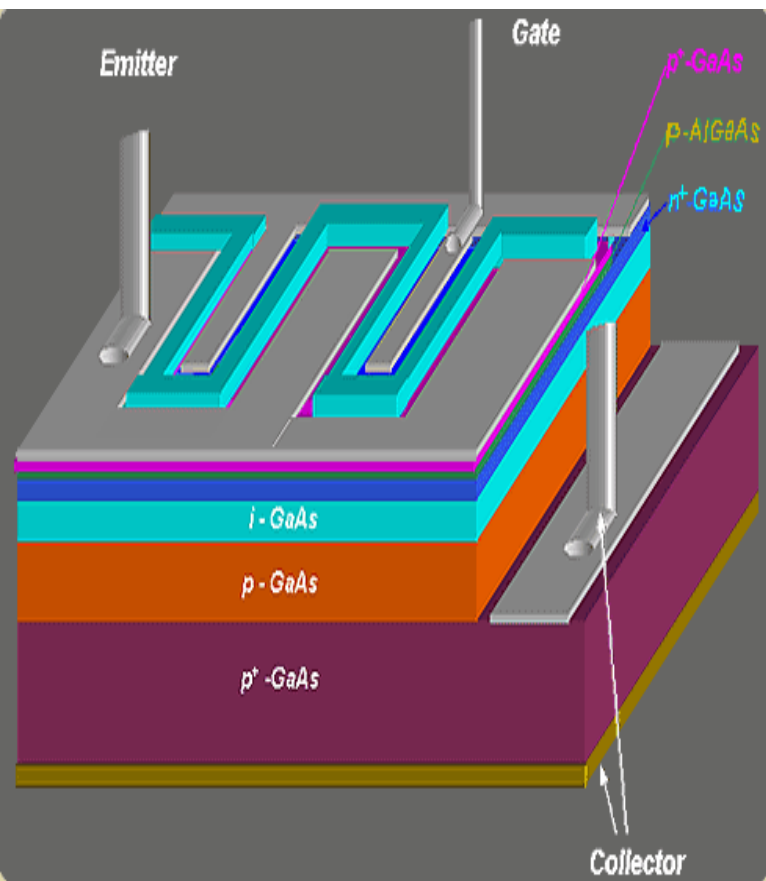
✓ پهنای باند باریک شده در لایه امیتر در نتیجه Δ_{narr} دوپ زیاد

✓ فرکانس آستانه بر حسب تراهرتز $\frac{\Delta}{4.133}$

✓ آشکارسازی جریان نوری به ازای واحد توان

$$R_p(\lambda) = \eta g_p \frac{q}{hc} \lambda$$

آشکارسازهاي HEIWIIP نوع P



✓ طراحی آسانتر به خاطر شیفیت کمتر تراز فرمی

در نتیجه آرایش p در مقایسه با آرایش n

✓ توانایی آشکارسازی تا حدود 5 THz

← نوع معکوس آشکارسازهاي HEIWIIP :

✓ امیتر: $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ به حالتی نوع p

دوپ شده

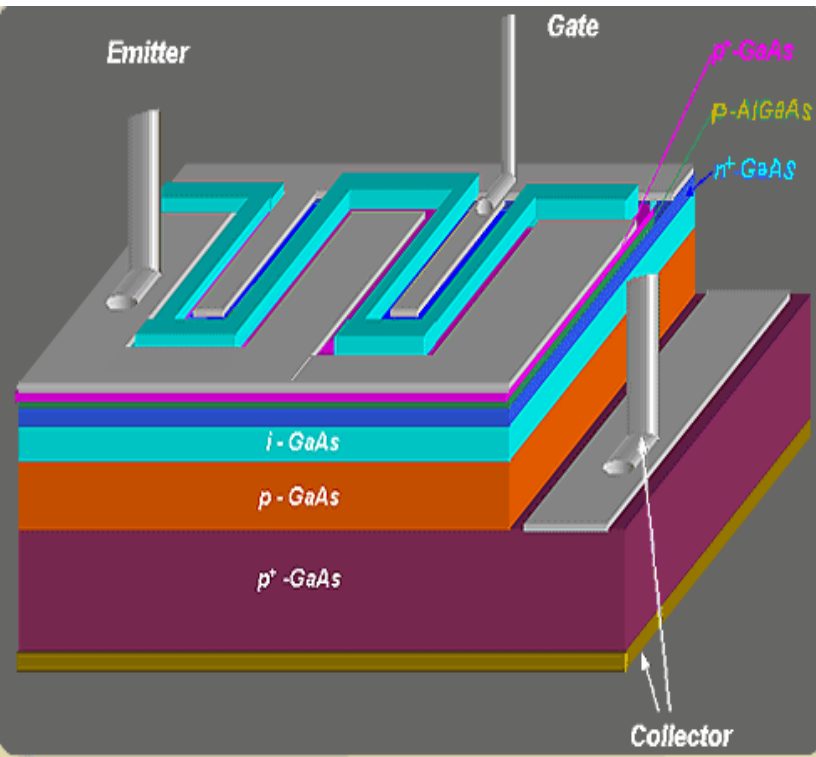
✓ سد : GaAs

✓ مزیت ساختار معکوس

انواع آشکارساز HEIWIPI

۱. امیتر تکی

- ✓ شامل یک لایه سد آلیش نشده از $GaAs$ نوع n توسط Si به میزان $10^{18} cm^{-3}$ و ضخامت لایه های بالایی و پایینی به ترتیب $100nm$ و $700nm$ می باشد.



- ✓ $GaAs$ نوع n : با آلیش Si به میزان $5 \times 10^{18} cm^{-3}$ به عنوان $Substrate$ استفاده می شود.

- ✓ لایه های اتصال بالایی و پایینی به عنوان امیتر به ترتیب برای ولتاژ بایاس کاری مستقیم و معکوس می باشند.

- ✓ تغییر طول موج (فرکانس) آستانه با تغییر Al

انواع آشکار ساز HEIWP

۲. چند امیتری

✓ شامل دوازده لایه امیتر *GaAs* با ضخامت *80nm*

✓ اتصالات بالایی و پایینی دارای آلیش

$1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ با ضخامت های به ترتیب

۱۰۰ nm و ۷۰۰ nm می باشند

✓ لایه *GaAs* با آلیش *n* به

عنوان *Substrate* استفاده می شود

