

«تئرب القئرب»

نلذات

نننن رساناها : رساا القربى جامعات

نننن رساناها
واسنن اسنن
۱- اءما
۲- ناخالصى
۳- برائىزى نوزى

(اءاا القربى : رور و نرنسور ماىاب ...) اءااى ابن اءاا ررء مئورنم اسن

* اسقال بار ررب اءاا ررء عواملى بسن رار اءااا ساءار و ارسا اءااا

اءااا مءاور

* نننن رساناا سنا ررساناى اءاا بسن هاى اءااا اسن

سراسب (ءااا)

→ Si

→ Si

ماا : C , Ge , P , Si

كوبن امر رر ماىسنا مى سوزور CO تولوئى لاء

II III IV V VI VII

B C N O

Al Si P S

Zn Ga Ge As Se

Cd In Sn Sb Te

نننن
رساناها

نننن رساناها
كء عفرى

Subject,

Year,

Month,

Date,

()

نمونه سیانای ترکیبی :

ترکیب گروه ۵، ۶، ۳

ترکیب گروه ۶، ۶، ۲

تک عنصری

Si

Ge

ترکیب دوگانه گروه VI

SiC

SeGe

ترکیب نوبتایی گروه III و V

AlP

AlAs

ALsb

GaP

GaAs

GaSb

InP

InAs

InSb

اکسار سازی نوری

نور سبز فواید آن بیشتر از فواید قرمز است

ترکیب دوگانه گروه VI و II

ZnS

ZnSe

ZnTe

CdS

CdSe

CdTe

PpTe

HgCdTe

GaAsP

InGaAsP

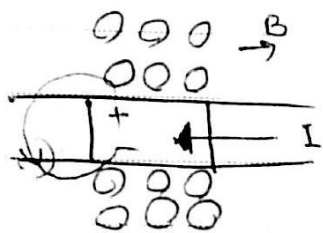
ترکیب سه تایی

ترکیب چهار تایی

تا خالص یک جامد نیم رسانا
برای قطعات سریع و قطعات نوری استاندارد می شود
تغییر خواص الکتریکی و نوری در اثر آلاشی

رسانایی و خواص حامل های بار جاری اند (خواص حامل های مثبت و منفی در دما و حرکت الکترون ها
بافت به صورت آنتی حفر می شوند)

انرژیال: یک قطعه از رسانای مورد نظر را در میدان فضا طبعی قرار می دهند از روی اختلاف



پتانسیل آن حالت اخراج آن را مشخص می دهند .

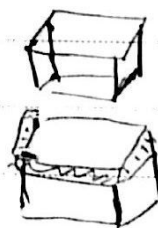
خواص نوری: تسلیل یا جذب طول موج های حامل نور

انرژی شگاف باید طول موج هایی از نور که توسط نیم رساناها جذب یا تسلیل می شوند

(روی خواص نوری و الکتریکی تأثیری ندارد)

انرژی که شگاف باید دارد یک مقدار مشخص است

(فوتون ها) $E = h\nu$ انرژی
ثابت پلانک



فوتون های اذراج
باید با انرژی شگاف
برابر باشد و نباید گزینشی یا
میزبند باشد

فلورسان: (Zns) سولفید روی

خواصیت برای تک عضوی ها
اکسار سازی مایون
قدتر تسهیلات هسته ای

اکتاف: محلول جامد

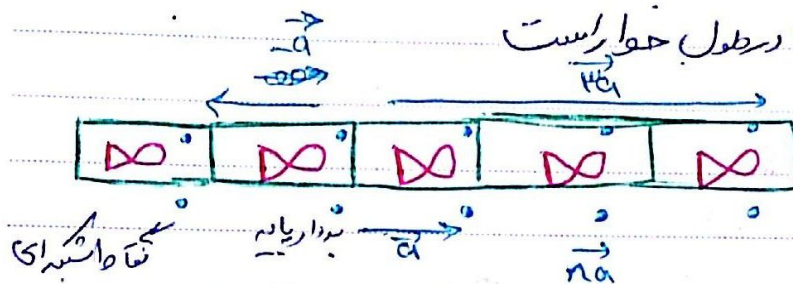
مذوق بین محلول جامد و محلول مایع درجست.

اکتاف = ساختمان بلوری ندارد. محلول مایع ساختار بلوری دارد. (سیلیس خاص که با شیشه می تواند تولید)

اکمورف (جامد غیر بلوری) SiO_2 شیشه (سیلیس) همه ی فلزات بلور هستند فقط چند بلوری هستند. گچ با درخت و ... چند بلور هستند (به های کوچک چپ ست می بیند)

بلور: ساختمان منظم

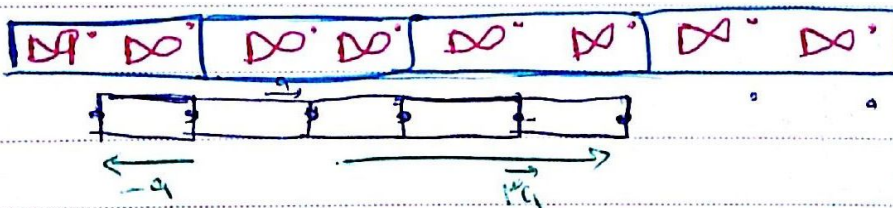
بلوریک بعدی: یک بلورنداری در طول خواست



یاخته واحد: فائده یک بلور یعنی از تار هم مقدار دارن یاخته های واحد می توان ک بلور را تولید

می کند. 30 به قطب 20 دو قطب 10 یک قطب
شبه براره 14L 3L 1L
مردم های سنگی 320 Gr 17 Gr 2 Gr

* به بوجه بین یاخته واحد یاخته (سلول) اولیه می نویسند.



توان دارد
بلوریک ندارد

Subject:

Year:

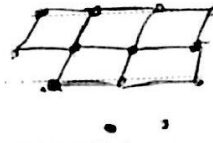
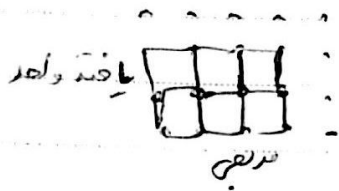
Month:

Date:

()

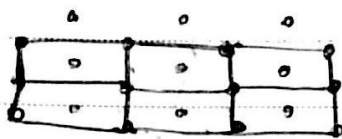
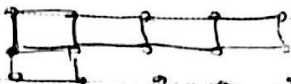
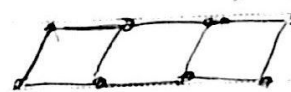
یاخته واحد باید عیناً تکرار شود تا بلور بدهد
چندلوری

SC مکعبی ساده



مکعبی

تکراری الصغیر

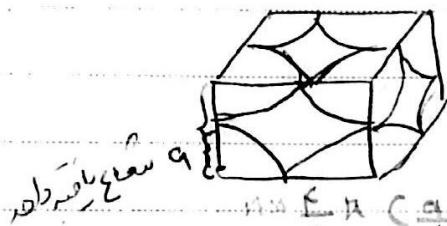


مستطیل مرکزدار یا مرکزپر
BCC

SC مکعبی ساده

BCC مکعبی مرکزپر

FCC مکعبی مرکز وجهی



$$n \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$a^3$$

حجم یاخته

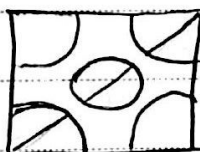
داخل یاخته

حجم یاخته

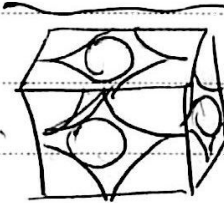
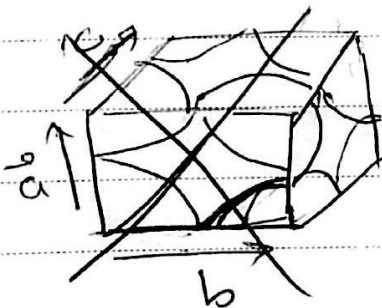
$$r = \frac{a}{2}$$

$$n = 4$$

$$= \frac{\pi}{6}$$



$$\frac{1}{\sqrt{2}}r + 2r + \frac{1}{\sqrt{2}}r = \sqrt{2}a$$



مکعبی مرکز وجهی

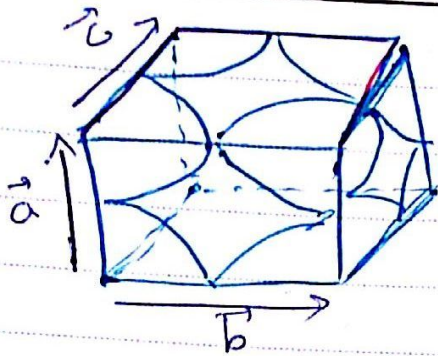
Subject :

Year :

Month :

Date :

()



$$\vec{r} = n\vec{a} + m\vec{b} + l\vec{c}$$

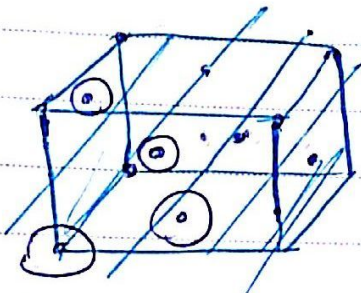
$$o\vec{a} + o\vec{b} + o\vec{c}$$

$$\frac{1}{2}\vec{a} + \frac{1}{2}\vec{b} + \frac{1}{2}\vec{c}$$

$$o\vec{a} + o\vec{b} + o\vec{c}$$

(0, 0, 0) (1/2, 1/2, 1/2)

bee



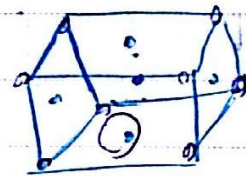
$$(0, 0, 0)$$

$$(\frac{1}{2}, 0, 0)$$

$$(0, \frac{1}{2}, 0)$$

$$(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0)$$

fcc



سببی الماسی (توئی fcc)

نقاط از یک واحد الماسی که در این
نقاط اتم قرار دارد

الماس، Si، Ge

نیز به همین صورت قفسه‌های خالی
فقط این عناصر نیستند که سببی بلوری
دارند ZNS

$$\vec{r} = o\vec{a} + o\vec{b} + o\vec{c}$$

$$\frac{1}{2}\vec{a} + \frac{1}{2}\vec{b} + \frac{1}{2}\vec{c}$$

$$o\vec{a} + \frac{1}{2}\vec{b} + \frac{1}{2}\vec{c}$$

$$\frac{1}{2}\vec{a} + o\vec{b} + \frac{1}{2}\vec{c}$$

$$\frac{1}{4}\vec{a} + \frac{1}{4}\vec{b} + \frac{1}{4}\vec{c}$$

$$\frac{3}{4}\vec{a} + \frac{3}{4}\vec{b} + \frac{1}{4}\vec{c}$$

$$\frac{1}{4}\vec{a} + \frac{3}{4}\vec{b} + \frac{3}{4}\vec{c}$$

$$\frac{3}{4}\vec{a} + \frac{1}{4}\vec{b} + \frac{3}{4}\vec{c}$$

اعمالی عددی

برای fcc

این نقاط را

توئی

Subject :

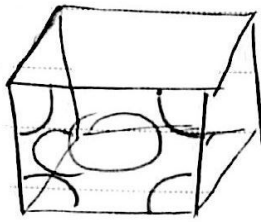
Year :

Month :

Date :

()

Packing factor



(مختلصه به است)

شکل الماس

۸ یاخته دارد $n=8$

بلور اک

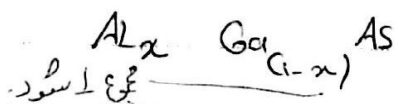
2ns اولین عادی که شاخته شد که به این صورت مقبول می شوند

گروه ۳ گروه ۵

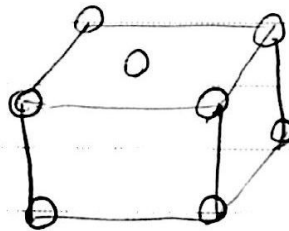
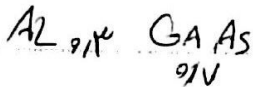
ALGaAs

لایه های اتمی اگر شیب است که Ga و AL در آن تقوز کرده است

برای اینکه مشخص کنند چند عدد Ga و AL و As در شبکه وجود دارد به صورت زیر

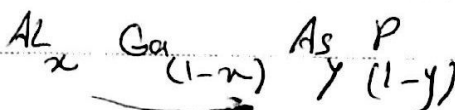


مجموع ۱ شود



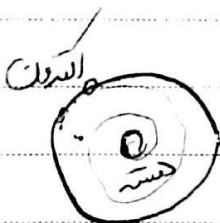
عمل می کنند

آنها را بررسی شود به صورت زیر عمل می کنیم



مجموع ۱

مجموع ۱



عزل را در فرود

$$\frac{mv^2}{r}$$

نیروی جانبی می دهند

$$\frac{Gmm}{r^2}$$

نیروی گرانشی

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{Gmm}{r^2}$$

Subject :

Year :

Month :

Date :

()

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2}$$

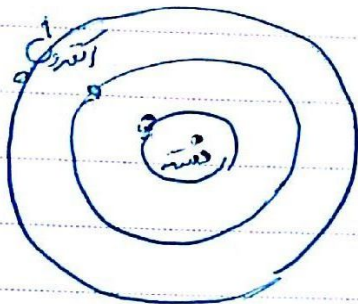
$$h = \frac{h}{2\pi}$$

نسبت پلانک

مدل اتم نیلز بور : مداراتی به دور هسته می چرخند
 $L = mvr = nh$ انرژی حرکت زاویه ای

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

نسبت پلانک



وقتی استرون از مدار بیرون می رود انرژی آزاد می کند :

$$E = \frac{-me^4}{2(nh)^2(4\pi\epsilon_0)^2}$$

انرژی
 مخزن
 غنیمت

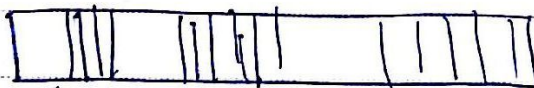
$$E = hcR \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

سرعت نور
 ثابت پلانک
 عدد بزرگ

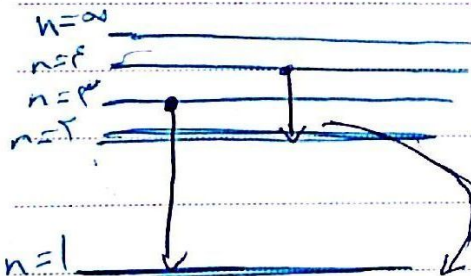
$$r = CR \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

$$\lambda = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{n'^2} \right)$$

$n=1, 2, 3, \dots$



$$R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$



$$E = h\nu$$

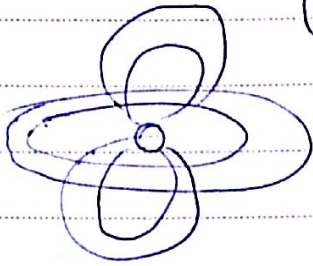
انرژی فوتون

$$R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Subject :

Year . Month . Date . ()

تابع موج ، همی ذرات حالت موجی هم دارند (شروینگر)



مکانی موجی شروینگر

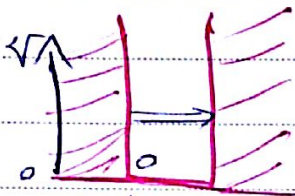
ماتریس حالت هاینزبرگ

$$n = 1 \dots \infty$$

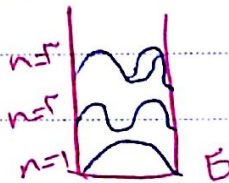
$$L = 0 \dots n$$

$$m = -1 \dots 0 \dots +1$$

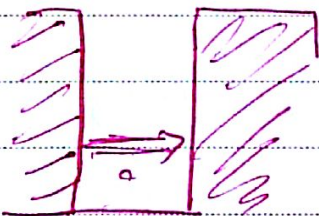
$$s = -\frac{1}{2} \text{ و } +\frac{1}{2}$$



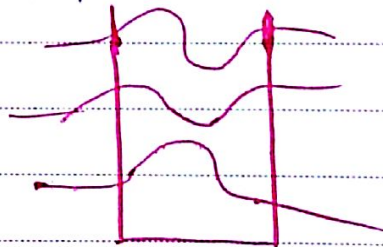
ترب داخل جاب



ترب درجه در فیزیک و انستوم
انرژی اندون درجه (E)



جای نمایی تبار
صل آب



Subject:

Year. Month. Date. ()

P4PCO

اصل طرح بانویس

n	L	m	s
3	0	0	$\pm \frac{1}{2}$
	1	-1	$\pm \frac{1}{2}$
	1	0	$\pm \frac{1}{2}$
	1	1	$\pm \frac{1}{2}$
	2	2	$\pm \frac{1}{2}$
	2	1	$\pm \frac{1}{2}$
	2	0	$\pm \frac{1}{2}$
	2	-1	$\pm \frac{1}{2}$
	2	-2	$\pm \frac{1}{2}$

حالتی موضع

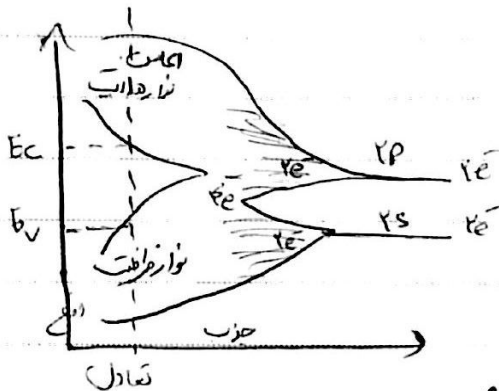
2
2
2
2
2
2
2
2
2
2

2

همه دو الکترون نمی توانند
یک حالت موج داشته باشند
اینی هر چهار تا با هم نمی توانند
یک حالت الکترون برابر باشند

10

حالت شیمیایی	s	p	d	f	e
L	0	1	2	3	4



در برابر حالتی که احتمال حضور داریم

$$\Psi(r, t) \rightarrow \Psi(r, t)$$

$$\int \Psi \Psi^* dr dt = 1$$

کلیتاً

$$p = m \times v$$

اندازه حرکت

$$\Psi(x, t) \leftarrow \Psi(x, t)$$

$$\Psi(x) = \sqrt{k_{\alpha} x} e^{ikx}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$k > 0 \rightarrow$$

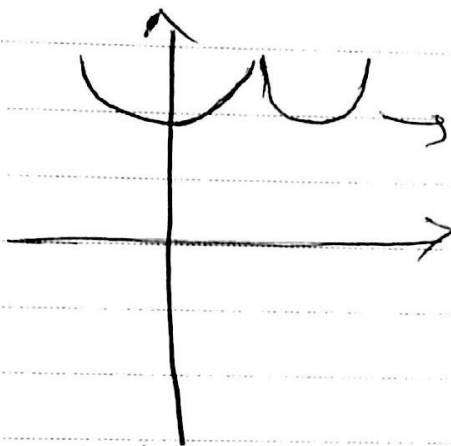


$$k < 0 \leftarrow$$

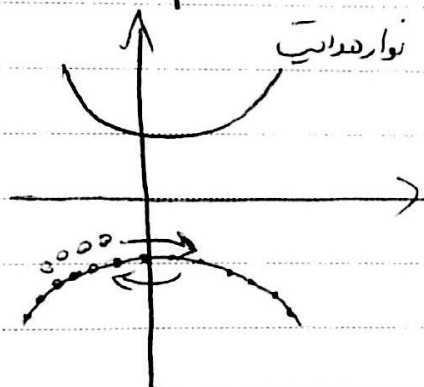
$$\langle p_x \rangle = \hbar k = \frac{h}{2\pi} k$$



$\uparrow y \leftarrow \uparrow T$

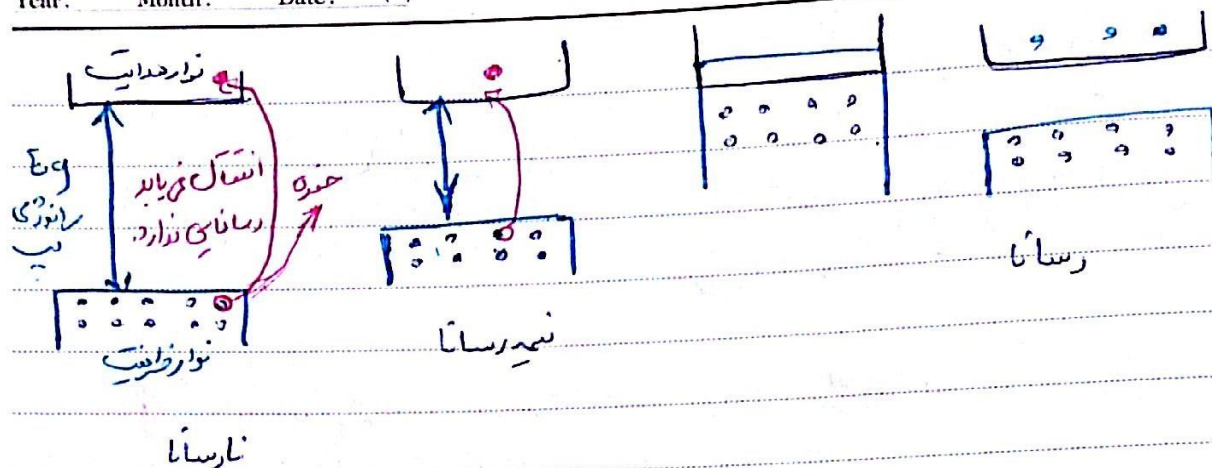


استقلال به هم نزنیم جریان ایجاد می شود.
وقتی میدان الکترونی شود
سمت چپ عوض می شود.



Subject:

Year: Month: Date: ()



سین وایبر فضا می تابع موج الکترون در یک ساختار بلوری

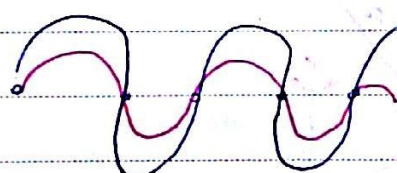
$$\psi(x) = U(kx, x) e^{ikx}$$

مستقیم می شود موج را از مقدار ۱۱
می بیند. فضا می بیند داخلی بافته و احاطه است.

سین می شود تابع موج را که در فضا می شود یک ساختار شبکه اندام است موجب می شود

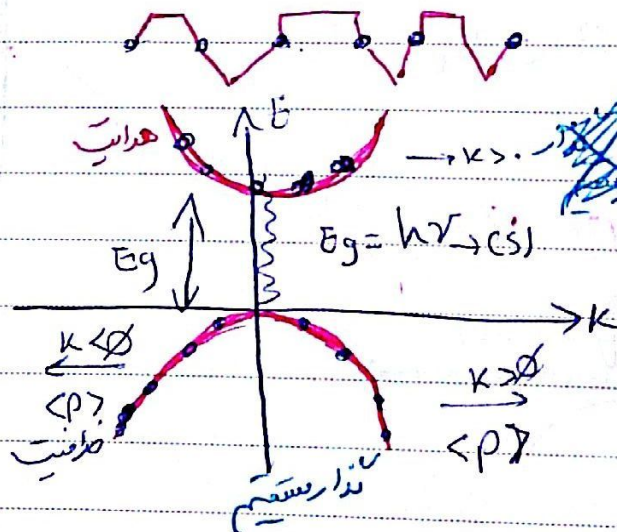
k عدد موج فضا می طول موج است و باید مقادیری بگیرند که متناوب تابع موج با متناوب

شکلی بلوری هم خوانی داشته باشد



$$\langle p_x \rangle = \hbar k_x$$

(سین نو استومر)



Subject:

Year:

Month:

Date:

()

$$\psi(x) = u(k, x) e^{ikx}$$

$$p = m^* v$$

$$p = \hbar k$$

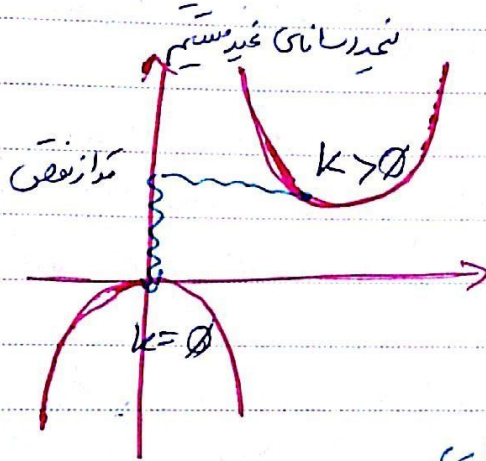
$$J = (-e) \sum_j v_j = 0$$

حریان از میان کلاس به متن مناسب است با K

$$J = (-e) \sum_j v_j - (-e) v_i$$

* نوار مستقیم: تغییر در انرژی مستقیم تغییر در انرژی حرکت یا K نیست
انرژی آزاد شده به صورت فوتون نور در می آید.

* نوار غیر مستقیم: تغییر در انرژی مستقیم تغییر در انرژی حرکت یا K است

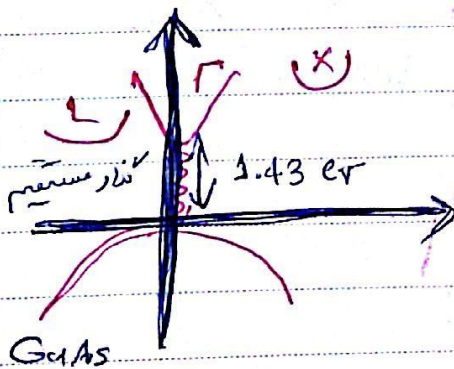
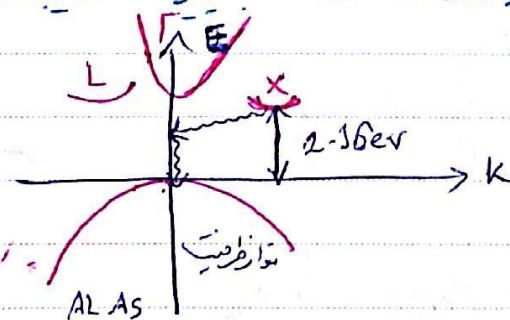


انرژی آزاد شده عمدتاً به صورت نور است.
کند دارای نوارهای نقص بایستی نوار مستقیم باشد.

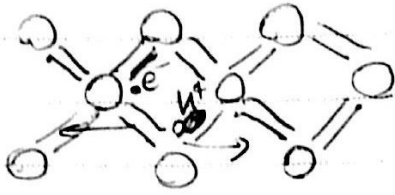
تغییر نوارهای انرژی با تغییرات ترکیبات آلیدی

GaAs

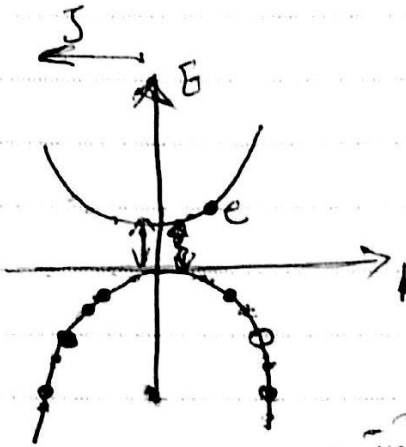
Ga_xAl_{1-x}As



PAPCO



انرژی لازم برای سلسله E_g



(e انرژی $\min$ و $\max$ می‌شود)

(حرکت الکترون در خلاف جهت h می‌شود)

حفره‌ها بارهای با بار مثبت هستند و جرم مثبت هستند
چون مؤثر الکترون در نوار ظرفیت منفی است

الکترون‌ها بارهای با بار منفی و جرم مثبت هستند

علاوه بر $p = \hbar k$ می‌شود

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{2 (m v)^2}{2 m} = \frac{p^2}{2 m} = \frac{\hbar^2 k^2}{2 m}$$

$$\frac{d^2 E}{d k^2} = \frac{\hbar^2}{m}$$

$$m^* = \frac{\hbar^2}{\frac{d^2 E}{d k^2}}$$

جرم مؤثر اجزای الکترون معادلات است زیرا حرکت برهم‌نشی موج الکترون با شبکه‌ای

یونیتم برسانا است

Subject :

Year :

Month :

Date :

()

$$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m^*} + E_g$$

انرژی بر حسب k

* حجم مؤثر به علت سهم بودن نمودار $E(k)$ حول کمینه نوار هدایت نسبتاً ثابت است.

	Ge	Si	Ga As
m_e^* (جرم مؤثر الکترون)	0.55 m_0	1.1 m_0	0.47 m_0
m_h^* (جرم مؤثر حفره)	0.37 m_0	0.56 m_0	0.48 m_0

حالت الکترون - حفره (electron - hole pair) E_{hp} : حفره الکترون حفره

به ازای عدد الکترون برانگیخته و منتقل شده به نوار هدایت یک حفره در نوار ظرفیت داریم

تعداد الکترون ها و حفره ها در این حالت برابر است
به چنین مواردی (رسانا به واسطه E_{hp}) ماده یا نیمه رسانای نواشی می گویند.

در برای مطلق جریان منفی است چون مقدار k های مثبت و منفی برابر است.

$$J = -e n_i v_d$$

جریان حفره

n و p چگالی بارهای منفی در واحد حجم (الکترون)
چگالی بارهای مثبت در واحد حجم (حفره)

$$n = p = n_i$$

در ماده ی زائده

n_i چگالی بارهای E_{hp} در ماده ی عودر نظر است.

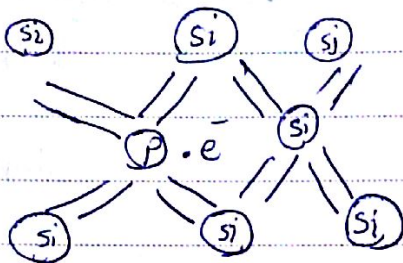
نوعی غیر ذاتی

استی از اتمون یا جفته علاوه بر EHP ها دارد. با آرسین Dopping تولیدی شود.

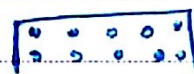
با آرسین Dopping تولیدی شود.

نمیدرسانای غیر ذاتی نوع n : از اضافه کردن عناصر گروه V به نیمه رساناهای گروه IV

به دست می آید. مثل P As Sb

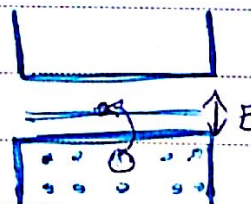
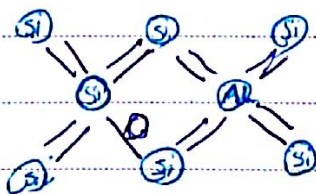


دارای استی از اتم و غناست



نمیدرسانای نوع p : از اضافه کردن عناصر گروه III به نیمه رساناهای گروه IV

به دست می آید. In Ga Al B



انرژی بر تعینی استون حاد نوع n به نوار هدایت

$$E = \frac{m^* q^4}{2(4\pi\epsilon)^2 \hbar^2} n$$

اول پور $n=1$

PAPCO

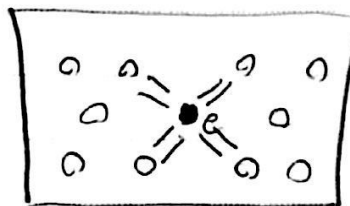
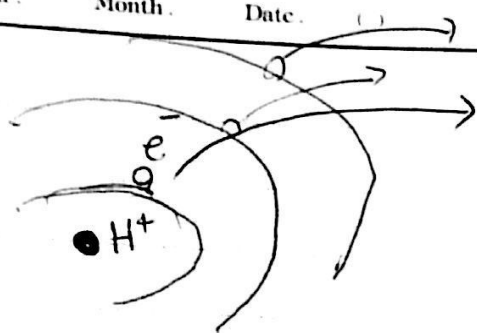
$$E = \frac{m^* q^4}{2(4\pi\epsilon)^2 \hbar^2} \frac{1}{n}$$

$$E = 0 \Rightarrow \frac{1}{\infty} \Rightarrow \text{نیمه رسانا شسته}$$

Year.

Month

Date _____



Donon

(هشتم)

مولا کرم پارسا در صحنه رسانا

$$s_1 \approx 1. \frac{1}{\text{cm}}$$

$$n_0 = N_A$$

$$p_0 \approx n_0 \quad (\text{Doping})$$

Acceptar پذیرنده

جامع توزیع کمارى

» جامع تذکرہ مولانا ج ۷۷

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{e^{-E_2/kT}}{e^{-E_1/kT}}$$

$$= e^{-\frac{(E_2 - E_1)}{kT}}$$
 ← حتمی
 ← مطلق بر حسب لیون

د های خلیج فارس آب می شود
 ۱. آب از آب شور به شیرین تبدیل می شود
 ۲. آب از آب شور به شیرین تبدیل می شود

تابع توزیع اکامای فیضی - دیراب

ۛۛ علیٰ

١- عند قابل شخص بدون التردد لها وحدها

۲- طبیعت موجی الکترونها و حرهها

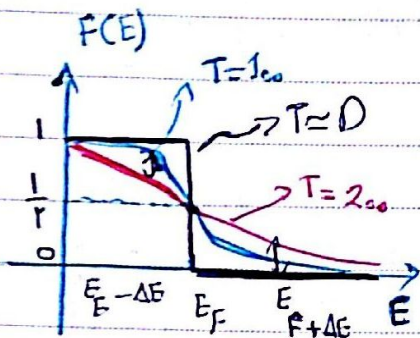
تابع توزیع
احتمال اشغال
کب حالت انرژی

$$f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E_F - E)/kT}}$$

انرژی فیزی
ثابت بولتزمن

۳- اصل فریبائی

توزیع آماری الکترونها و حرهها از



تابع فیزی دیراک

$$f(E) = 1 \quad E < E_F \quad T \rightarrow 0$$

$$f(E) = 0 \quad E > E_F$$

$$f(E_F) = \frac{1}{2}$$

همواره
موجیهای تابع توزیع آماری فیزی دیراک

تابع فیزی دیراک است

۱- شکل مستطیلی در دمای $0K$

$$f(E_F + \Delta E) = 1 - f(E_F - \Delta E)$$

$$f(E_F) = \frac{1}{2}$$

احتمال اشغال کب حالت با انرژی E برابر
 $f(E)$ است به شرطی که آن حالت وجود

۳- حول نقطه $(E_F, \frac{1}{2})$ متقارن است خارج ریشه باشد



حول تابع فیزی کب تابع متقارن است
در حالت نیم رسانای ذاتی که
تراکم الکترونهای هاست با
خودهای ظرفیت برابر است

انتظار داریم E_F وسط

شکاف باند انرژی واقع شود

Subject :

Year :

Month :

Date :

()

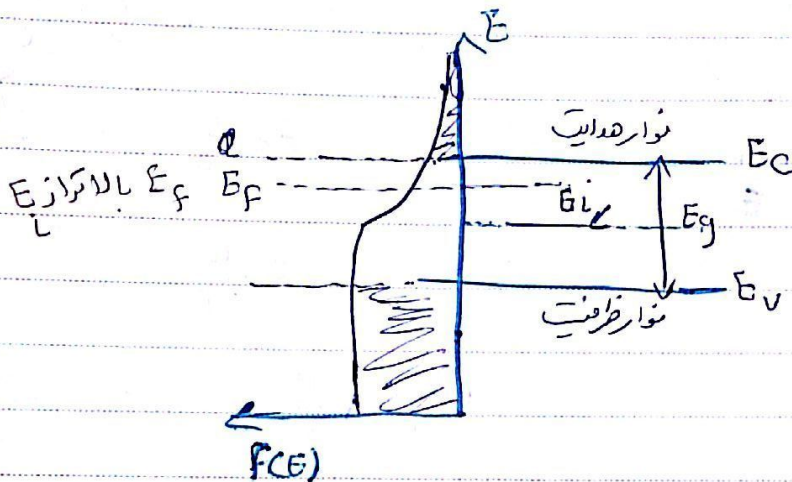
$$F(E_C) = 1 - f(E_V) \Rightarrow E_i = \frac{E_C + E_V}{2} = E_F$$

$$Si(300K) = 1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\approx 1.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

قابل دسترس

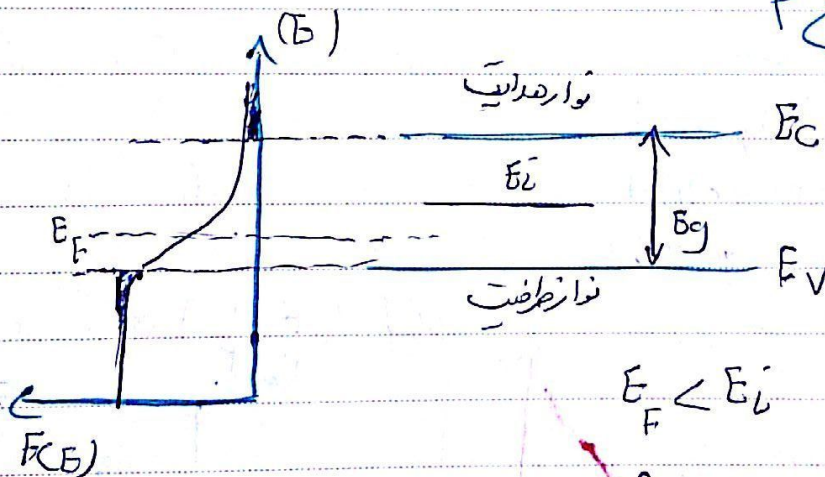
به علت سنگین ریاضی تابع فرمی یک تقصید کوچک در دما تقصید بزرگی در تراکم باربرها ایجاد می کند.



ماده ی نیمه رسانای نوع n
 $n_0 \gg p_0$

$$E_F > E_i$$

$$f(E_C) \gg 1 - f(E_V)$$



ماده ی نیمه رسانای نوع p

$$p_0 \gg n_0$$

$$E_F < E_i$$

$$f(E_C) \ll 1 - f(E_V)$$

$\gg$ روشی تناسبی $n_0 \propto$

$$n_0 = \int_{E_c}^{\infty} f(E) \underbrace{N(E)}_{\text{تعداد حالت های نه در}} \frac{1}{E} dE$$

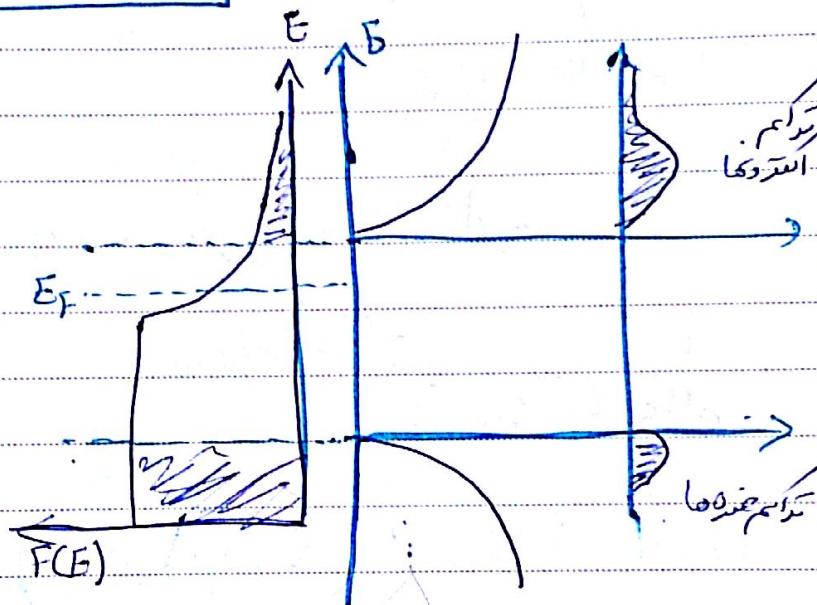
$N(E)$ تابعی است

بازوی d حول انرژی E وجود دارد. احتمال اشغال

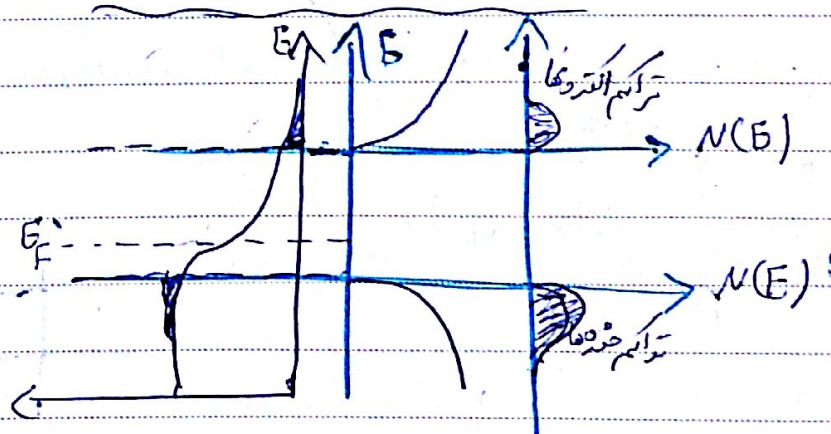
$$N(E) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m_n^*}{\hbar^2} \right)^{3/2} E^{1/2}$$

$$N(E) \propto E^{1/2}$$

دارد نوع



نوع P

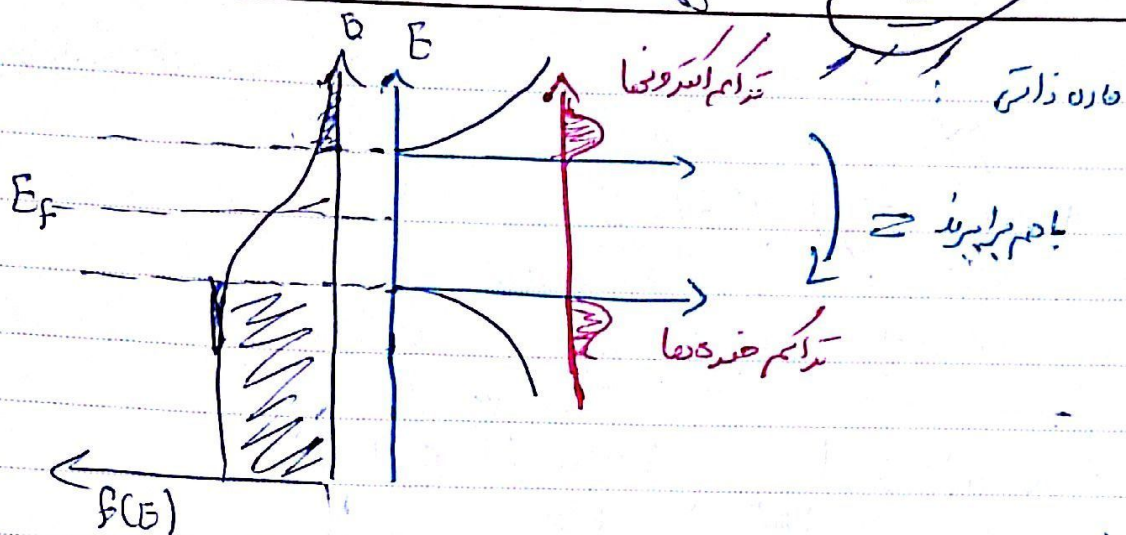


Subject,

Year,

Month,

Date, ()



گنجایی مؤثر حالات $n_0 = N_C f(E_C)$

$$f(E_C) = \frac{1}{1 + e^{(E_C - E_F)/kT}}$$

اگر $E_C - E_F$ خیلی بزرگتر از kT باشد در آن صورت

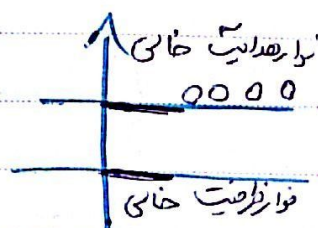
$$f(E_C) \approx \frac{1}{e^{(E_C - E_F)/kT}} = e^{-(E_C - E_F)/kT}$$

$$n_0 = \int_{E_C}^{\infty} f(E) N(E) dE = 2 \left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2} \right)^{3/2} e^{-(E_C - E_F)/kT}$$

حاصل است از با تقریب نوبت برای الکترون

گنجایی مؤثر حالات $n_0 = N_C f(E_C)$

$$n_0 = N_C e^{-(E_C - E_F)/kT}$$



Subject,

Year, Month, Date, ()

$$p_o = N_V (1 - f(E_V))$$

$$p_o = N_V e^{-\frac{(E_F - E_V)}{kT}}$$

حالت برای
حالت برای
حالت برای

$$p_o = \int_0^E f(E) N(E) dE = 2 \left(\frac{2\pi m_p^* kT}{h^2} \right)^{3/2} e^{-\frac{(E_V - E_F)}{kT}}$$

$$N_V = 2 \left(\frac{2\pi m_p^* kT}{h^2} \right)^{3/2}$$

$$N_C = 2 \left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2} \right)^{3/2}$$

$$n_o p_o = N_C e^{-\frac{(E_C - E_F)}{kT}} \times N_V e^{-\frac{(E_F - E_V)}{kT}}$$

حالتی اکثرون خارج ضوفا

$$= N_C N_V e^{-\frac{(E_C - E_V)}{kT}}$$

$$= N_C N_V e^{-\frac{(E_g)}{kT}}$$

$$n_i p_i = n_i^2 = N_C N_V e^{-\frac{E_g}{kT}}$$

برای حالت دانه

$$n_i = \sqrt{N_C N_V} e^{-\frac{E_g}{2kT}}$$

$$n_o p_o = n_i^2$$

$$N_o \approx N_d$$

$$n_i = N_c e^{-(E_c - E_i)/kT}$$

$$p_i = N_v e^{-(E_i - E_v)/kT}$$

در حالت زائری E_i با E_F نشان می دهیم و نشانی

$$E_i = \frac{E_c + E_v}{2}$$

که نقطه می رود یعنی E_F وسط

در حالت زائری

شماره مانند مرکز پیچید

$$n_i = p_i$$

$$N_c e^{-(E_c - E_i)/kT} = N_v e^{-(E_i - E_v)/kT}$$

$$E_i = \frac{E_c + E_v}{2}$$

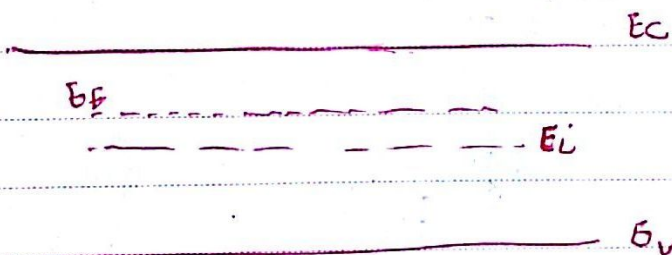
اگر $N_c = N_v$ (که مستلزم برابری $m_n^* = m_p^*$ بود) در آن صورت

اما چون در عمل $N_c \neq N_v$ (به دلیل اینست که $m_n^* \neq m_p^*$) لذا $E_i \neq \frac{E_c + E_v}{2}$ و از این

مقدار میانه E_i نشان می دهد که اختلاف دارد (یا با مرکز است یا پایین تر)

$$n_o = N_c e^{+(E_c - E_F)/kT} = n_i e^{+(E_F - E_i)/kT}$$

$$p_o = N_v e^{+(E_F - E_v)/kT} = p_i e^{+(E_i - E_F)/kT}$$



۱. ولت اهداف میانی است که اگر ۱. کوین بار تحت آن جام چسبیدگی (ولت اثری) می کشید (یا از آن می کشید)

۱- رابطه ترازیم باربرهای مثبت و منفی در حالت تعادل بر حسب جایگاه حالات مؤثر و تراز

فرض و انرژی های لندی هدایت و ظرفیت باجه معادلانی توصیف می شود:

$$n_0 = N_C e^{-(E_C - E_F)/kT} \quad p_0 = N_V e^{-(E_F - E_V)/kT}$$

۲- رابطه ترازیم باربرهای ذرات بر حسب جایگاه حالات مؤثر و تراز ذرات (E_i) و انرژی های

لندی هدایت و ظرفیت باجه معادلانی توصیف می شود:

$$n_i = N_C e^{-(E_C - E_i)/kT}$$

$$p_i = N_V e^{-(E_i - E_V)/kT}$$

۳- رابطه ترازیم باربرهای مثبت و منفی در حالت تعادل بر حسب ترازیم باربرهای ذرات و انرژی

فرض و انرژی ذرات (E_i) را بدست آورده:

$$\textcircled{1} \begin{cases} n_0 = N_C e^{-(E_C - E_F)/kT} \\ p_0 = N_V e^{-(E_F - E_V)/kT} \end{cases}$$

$$\textcircled{2} \begin{cases} N_C = n_i e^{(E_C - E_i)/kT} \\ N_V = p_i e^{(E_i - E_V)/kT} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \leftarrow n_i &= N_C e^{-(E_C - E_i)/kT} \\ \rightarrow p_i &= N_V e^{-(E_i - E_V)/kT} \end{aligned}$$

$$\textcircled{1} \text{ و } \textcircled{2} \quad n_0 = n_i e^{(E_C - E_i)/kT} e^{-(E_C - E_F)/kT} = n_i e^{-(E_F - E_i)/kT}$$

$$p_0 = p_i e^{(E_i - E_V)/kT} e^{-(E_F - E_V)/kT} = p_i e^{-(E_F - E_i)/kT}$$

Subject:

Year:

Month:

Date:

()

مکان: در سطح نمونه ای 10^{17} اتم ناخالصی AS (آرسنیک) در هر cm^3 اضافه شده است

ترانزستورها در حالت تعادل در 300°K قرار دارند. (تجزیه و تحلیل) در یک مدار ساده

$$n_i = 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$$

$$\text{AS } 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$10^{17} \text{ cm}^{-3} \gg 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3} \Rightarrow$$

اکسیژن شدید

$$N_D \gg n_i \Rightarrow n_0 \approx N_D$$

در حالت تعادل

$$n_0 p_0 = n_i^2 \Rightarrow p_0 = \frac{n_i^2}{n_0} \Rightarrow p_0 = \frac{n_i^2}{N_D} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$$

$$n_0 = n_i e^{-(E_i - E_F)/kT}$$

$$\frac{n_0}{n_i} = e^{-(E_i - E_F)/kT} \Rightarrow \ln \frac{n_0}{n_i} = -\frac{(E_i - E_F)}{kT}$$

$$\Rightarrow kT (\ln \frac{n_i}{n_0}) = E_i - E_F$$

$$k = 1.33 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

$$n_0 = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

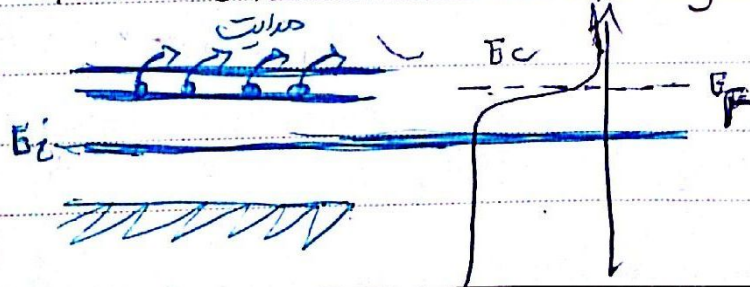
$$1.14 \times 10^{-21} \ln \frac{1.5}{10^{17}} = 1.14 \times 10^{-21} (\ln 1.5 - \ln 10^{17})$$

$$= 1.14 \times 10^{-21} \times (-15.1) = -1.72 \times 10^{-20} \text{ J}$$

$$\text{eV به تبدیل} \rightarrow -0.004 \text{ eV}$$

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1.7 \times 10^{-20} \text{ J} = 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$



واکنش ترمیم بارها به دریا

مستقیماً ظاهر شده است $\rightarrow - (E_i - E_F) / kT$

$$n_o = n_i e^{- (E_i - E_F) / kT}$$

$$p_o = \underbrace{n_i}_{n_i} e^{- (E_F - E_i) / kT}$$

واکنش غای ترمیم بارها به دریا

(E_i تقریباً ثابت است و به با واکنش نسبت)

(۱) واکنش n_i به دریا

(۲) واکنش E_F به دریا

واکنش n_i به دریا ۲

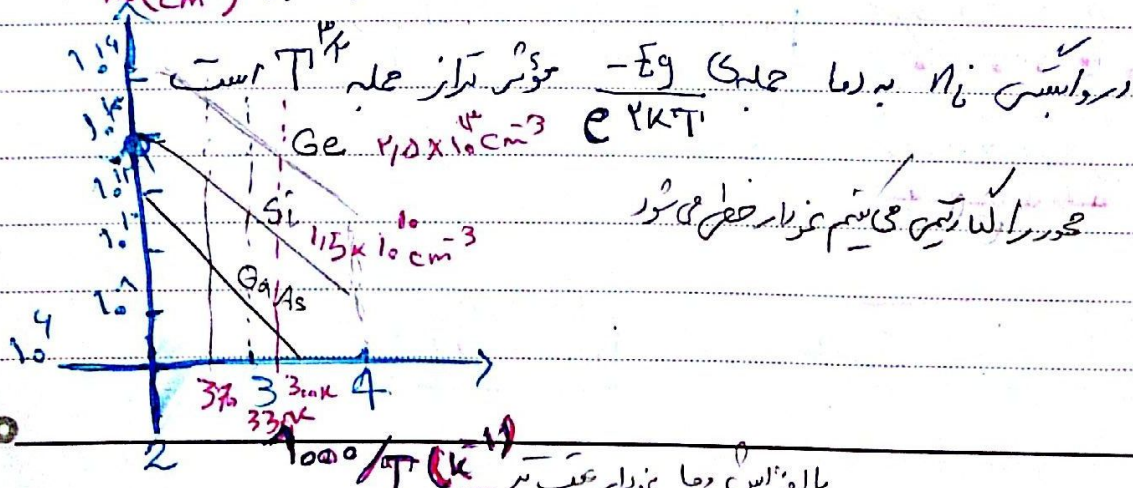
$$n_i = \sqrt{N_c N_v} e^{- E_g / 2kT}$$

جای مؤثر حالات در نوار هدایت $\rightarrow$ جرم مؤثر m_n^*
 $\rightarrow$ جرم مؤثر m_p^*
 $\rightarrow$ جرم مؤثر بارهای مثبت

$$N_c = 2 \left(\frac{2\pi kT m_n^*}{h^2} \right)^{3/2}$$

$$N_v = 2 \left(\frac{2\pi kT m_p^*}{h^2} \right)^{3/2}$$

جای بارهای $n_i = 2 \left(\frac{2\pi kT}{h^2} \right)^{3/2} (m_n^* m_p^*)^{3/4} e^{- E_g / 2kT}$
 ذاتی



محدود کننده می باشد غدار خط می شود

PAPCO

ما افزایش دریا غدار عقب تر می آید چون $\frac{1000}{T}$

Subject:

Year:

Month:

Date:

()

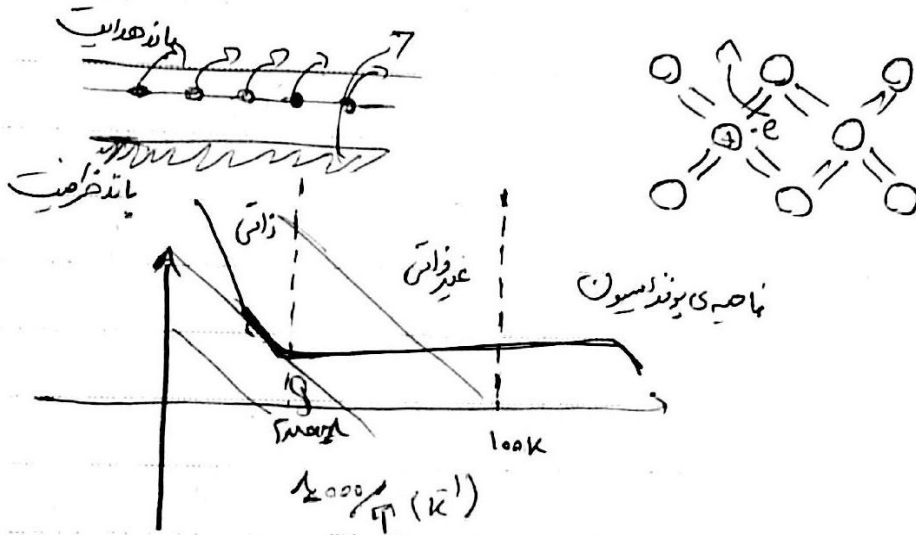
اکالسی سید

محرکات n_i مشخص است. (محرکات به دست آمده است)

بیت پاراسن T (رما) محمولات E_F و n_i هستند. با معلوم بودن E_F و n_i می‌توان به دست می‌آید.

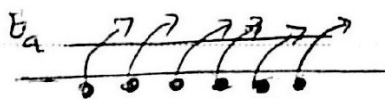
$$n_o = n_i e^{-(E_i - E_F)/kT}$$

ماده‌ی غیرزاتی



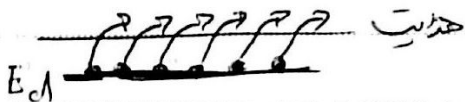
ماده‌ی زاتی

ماده‌ی زاتی



$$\rho_o \approx N_a$$

نمونه‌ی رسانا (ماده‌ی زاتی)



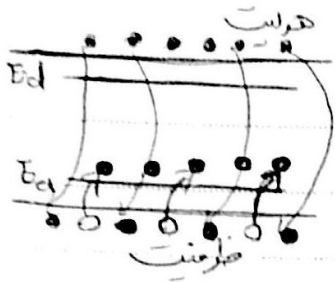
نمونه‌ی رسانای نوع n (ماده‌ی غیرزاتی)

$$n_o \approx N_d$$

ماده‌ی زاتی

Subject:

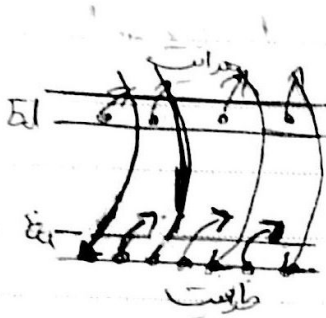
Year: Month: Date: ()



$$N_d > N_a \quad \leftarrow \text{حالت نه}$$

نوع n (غیر ذاتی جریان شده)

$$N_0 \approx N_d - N_a \quad (\text{روند جریان سازی})$$



$$N_d = N_a \quad \leftarrow \text{حالت نه}$$

نوع p (جریان ذاتی)

$$N_d(\text{Si}) = 1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

حسابی بار فضا

$$p_0 + N_d^+ = n_0 + N_a^-$$

$$n_0 = p_0 + (N_d^+ - N_a^-) \Rightarrow N_d^+ - N_a^- \approx n_0$$

نوع n (جریان شده)

$$p_0 = n_0 + (N_a^- - N_d^+) \Rightarrow p_0 \approx N_a^- - N_d^+$$

نوع p (جریان شده)

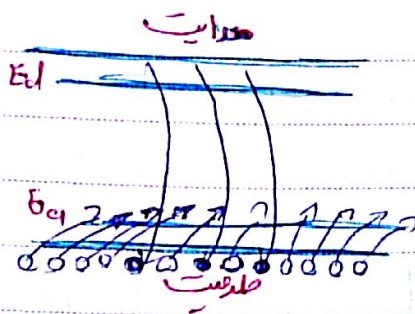
Subject:

Year:

Month:

Date:

()



$$N_d < N_a$$

رانس یاربها درمیدان (Drift)

جوان الکتری (رسانا) متاثر از دوا عمل است.

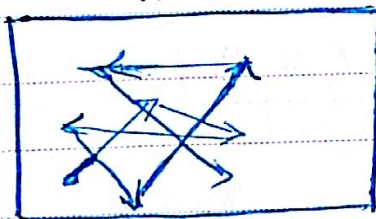
مکانم یاربها (نوع n و p)

برخورد یاربها با سید (اتمهای سید) یا خالصها، سایر یاربها باعث پراشندگی

الکترون n

۱۹-۳
۱۵ cm

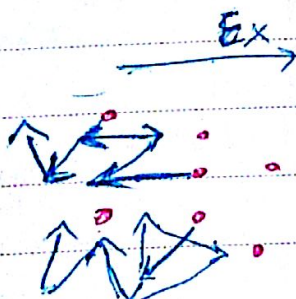
یاربها و دوا متاثر حرکت یاربها می شود.
حرکت متوسط توجیه mobility



حرکت شایسته حرکت تصادفی و به طور متوسط

حرکت گروهی ترجیحی باعث می شود.

بارالکترون



$$\left. \frac{dp_x}{dT} \right|_{\text{مکان میان}} = -nq \frac{E_x}{\tau}$$

PAPCO

اعمال میدان روی حرکت تصادفی برای آنتروپی تأثیر محسوس ندارد. اما روی متوسط

حرکت برومی $\propto$ آنتروپی تأثیر محسوس ندارد.

جریان یا بار (مثبت) حرکت متوسط برومی بدون تغییر است یعنی در مجموع و متاثر

نست. باید یک شتاب محسوس نیز وجود داشته باشد. این شتاب ناشی

از پتانسیل بازدارنده است.

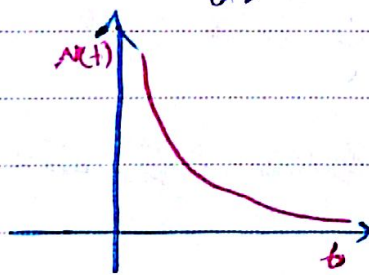
آند حرکت برای آنتروپی تصادفی باید احتمال برخورد برای هر آنتروپی در هر

نقطه مقدار ثابتی داشته باشد.

تعداد آنتروپی در لحظه $t = N_0$

تعداد آنتروپی که برخوردی نداشته تا لحظه $t : N(t)$

$$\frac{-dN(t)}{dt} \propto N(t) \rightarrow \frac{dN(t)}{dt} = -\frac{1}{\tau} N(t)$$



$$N(t) = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

τ زمان متوسط بین برخوردها یا پتانسیل هاست
(mean free time)

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = -\frac{dt}{\tau}$$

احتمال برخورد

دو برابر شدن τ در dt
زمان برخورد داشته است.

$$\left. \frac{dp_x}{dt} \right|_{\text{میانگین}} = -p_x \frac{dt}{t} = \left. \frac{dp_x}{dt} \right|_{\text{میانگین}} = \frac{-p_x}{t} \quad \text{((انرژی تصدیه p_x))}$$

ناشی از برخورد (شتاب معکوس)
مدای شب یا جدا کردن

$$-\frac{p_x}{t} \Rightarrow nq \varepsilon_x = 0 \quad \text{در حرکت ثابت (جریان پایا)}$$

اندازه‌ی حرکت متوسط جدا کردن

$$\langle p_x \rangle = \frac{p_x}{n} = -q \bar{t} \varepsilon_x \quad \text{اندازه‌ی حرکت متوسط جدا کردن}$$

$$p = m \times v$$

ساده‌ی حرکت خلاف جهت میدان

$$\langle v_x \rangle = \frac{p_x}{m_n^* n} = \frac{-q \bar{t} \varepsilon_x}{m_n^* n}$$

سرعت متوسط حرکت

سرعت متوسط حرکت
گروهی الکترون‌ها (راش‌ن)

با حرکت متناهی متفاوت است (بسیار کوچک است)

$$J_x = -qn \langle v_x \rangle \quad \text{جریان جابجایی}$$

جریان جابجایی به مقدار جریان عمودی از واحد سطح

$$\Rightarrow J_x = \frac{nq \bar{t}}{m_n^* n} \varepsilon_x$$

جریان جابجایی متناسب است با میدان اعمال شده (امپدانس اهم)

$$J_x = \alpha \epsilon_x$$

رسانایی

(قانون اهم)
مقاومتی نیست

$$\alpha = \frac{n e \tau}{m_n^*}$$

$$\alpha = + q n \mu_n$$

حرکت
تراکم بارها در برابر

$$\mu_n = \frac{+ q \tau}{m_n^*}$$

میانگین سرعت رانش ذرات برای ابعاد میکرو واحد

$$\mu_n = \frac{-\langle v_x \rangle}{\epsilon_x}$$

حرکت
استند ها

$$J_x = + q n \mu_n \epsilon_x$$

جایی جریان موجب حرکت

روابط فوت برای استرونها و بارهای خفوه ها $+q \rightarrow -q$ می شود

$$\mu_p = \frac{\langle v_x \rangle}{\epsilon_x}$$

حرکت خفوه ها
(ذرات مثبت)

$$J_x = (n \mu_n + p \mu_p) \epsilon_x$$

جایی جریان استرونها و خفوه ها

Ge	μ_n 3900	1	μ_p 1900
Si	1350		480

$$\frac{\frac{cm}{s}}{\frac{V}{cm}} = \frac{cm^2}{V.s}$$

واحد حرکت

Subject:

Year:

Month:

Date: ()

$$\mu_n = \frac{q\bar{E}}{m_n^*}$$

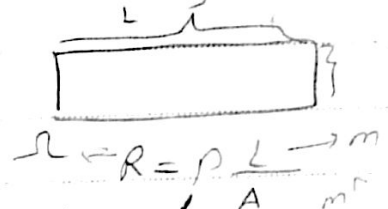
$$\mu_p = \frac{q\bar{E}}{m_p^*}$$

نشان تا ستر به علامت

شال مقاومت و نیروی Q_e در k حساب است

سوال

$$R = \rho \frac{L}{A}$$



$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p) = q(n_i\mu_n + n_i\mu_p)$$

$$= qn_i(\mu_n + \mu_p)$$

$$1.4 \times 10^{-10}$$

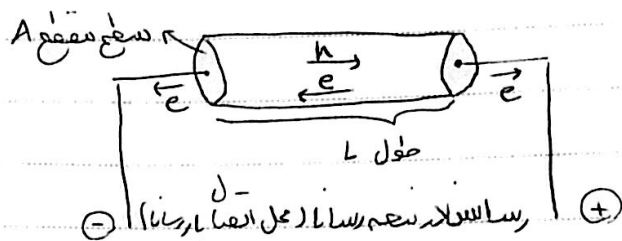
$$1900 \frac{cm^2}{Vs}$$

$$2.10 \times 10^{-10} cm$$

$$1900 \frac{cm^2}{Vs}$$

$$\sigma = 1.4 \times 10^{-10} (cm)^{-1} \Rightarrow \rho = 7.14 \times 10^9 \Omega cm$$

$$R = \rho \frac{L}{A}$$



الکترون از رسانا وارد نیم رسانا شده و پس از عبور از نیم رسانا دوباره توسط رسانا از نیم رسانا خارج می شود.

حفره های نیم رسانا در یک سو توسط الکترون های تریپل پر و خنک می شوند.

در سوی دیگر خروج یاب الکترون از نیم رسانا مستلزم به جا ماندن یاب حفره است که در فرایند رسانا

در نیم رسانا مشارکت خواهد کرد.

مثال: از یک قطعه نیم رسانای n (استوانه ای به طول ۲ cm و مساحت مقطع 1 cm^2) تحت ولتاژ ۱۵

$$q_v = 1.4 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} \quad \text{و} \quad n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

جریان ۱۲۸۸ عبور می کند. داده های مسئله: $\mu_n = 750 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$ و $\mu_p = 500 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$ (سیلیسیم)

$$kT = 0.0259 \text{ eV} \quad \text{و} \quad E_g = 1.1 \text{ eV}$$

الف: دانسته های الکترون این قطعه در رسم دیاگرام باز انرژی

$$n_0 = ?$$

$$J_x = q (n \mu_n + p \mu_p) E_x$$

$$\sigma = q (n \mu_n + p \mu_p) \Rightarrow \sigma = q (n \mu_n)$$

تقریباً حامل ها

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{و} \quad R = \frac{V}{I}$$

$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$\rho = \frac{R \cdot A}{L} = \frac{1 \text{ k} \times 1 \text{ cm}^2}{2 \text{ cm}} = 500 (\Omega \text{ cm})$$

Subject,

Year,

Month,

Date,

()

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_{00}} = 1 \times 10^{-4} (\Omega \text{ cm})^{-1}$$

$$n = \frac{\sigma}{q \mu_n} = \frac{1 \times 10^{-4} (\Omega \text{ cm})^{-1}}{1.4 \times 10^{-19} (\text{C/Vs}) \times 1000 \frac{\text{cm}^2}{\text{V} \cdot \text{s}}}$$

$$\Rightarrow n = 0.0017 \times 10^{19} = 1.7 \times 10^{16} (\text{cm})^{-3}$$

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ C}}{1 \text{ sec}}$$

$$n_0 = n_i e^{-(E_i - E_F)/kT}$$

$$\frac{n_0}{n_i} = e^{-(E_i - E_F)/kT}$$

$$\ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = \ln \left(e^{-(E_i - E_F)/kT} \right)$$

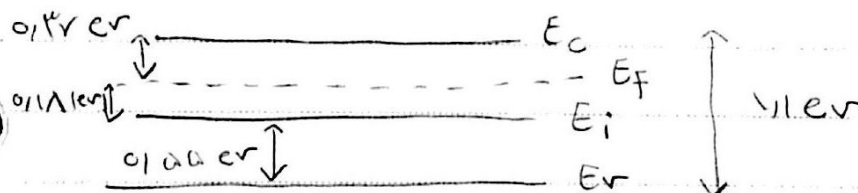
$$\ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = - \frac{(E_i - E_F)}{kT}$$

$$\ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) kT = -(E_i - E_F) \rightarrow kT \ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = E_F - E_i$$

$$\rightarrow E_F - E_i = 0.0259 \text{ (eV)} \ln \left(\frac{1.7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}}{1.0 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}} \right)$$

$$= 0.0259 \text{ (eV)} \ln (1.7 \times 10^6)$$

$$= 0.0259 \times 14.7 \text{ (eV)} = 0.38 \text{ (eV)}$$



با چه نوع و چه مقدار امپدانس به این اتم حفره میزنند تا باعث آلودگی شود؟
 100 mA جریان 1000 mA

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$$

$$n = p = n_i$$

از آن عبور کند. دیالیز اندکی با آن را رسم کنید.

$$\sigma = q n_i (\mu_n + \mu_p)$$

$$\sigma = 1.1 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} \times (1350 + 480) \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}$$

$$\sigma = 1.1 \times 10^{-9} = 1.1 \times 10^{-9} \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$n_0 \approx N_d - N_a$$

معادله میزنیم

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p) \Rightarrow n = \frac{\sigma}{q\mu_n} = \frac{1 \times 10^{-9} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}}{1.1 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1350 \frac{\text{cm}^2}{\text{Vs}}} = 1.1 \times 10^{10}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{R \cdot A}{L} = \frac{V}{I} \times \frac{A}{L} = \frac{1V}{1 \times 10^{-4}} \times \frac{1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} =$$

$$\frac{1}{100} \frac{V \text{ cm}}{\mu A} = \frac{10^{-2}}{100} \frac{V \text{ cm}}{A} = 10000 \Omega \text{ cm}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{10000 \Omega \text{ cm}} = 1 \times 10^{-4} (\Omega \text{ cm})^{-1}$$

$$n_0 \approx N_d - N_a$$

$$1.1 \times 10^{10} (\text{cm}^{-3}) \approx 1.1 \times 10^{10} (\text{cm}^{-3}) - N_a$$

$$\Rightarrow N_a = (-1.1 \times 10^{10} (\text{cm}^{-3})) + 1.1 \times 10^{10} (\text{cm}^{-3}) =$$

$$N_a = 10^{10} (-1.1 + 1.1) \text{ cm}^{-3} = 1.1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$n_0 = n_i e^{-\frac{(E_i - E_F)}{kT}}$$

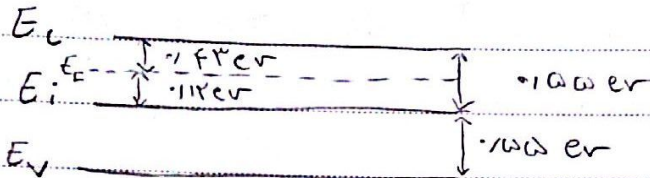
$$\frac{n_0}{n_i} = e^{-\frac{(E_i - E_F)}{kT}}$$

$$\ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = \ln \left(e^{-\frac{(E_i - E_F)}{kT}} \right)$$

$$\ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = - (E_i - E_F) / kT$$

$$\ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) kT = - (E_i - E_F) \rightarrow kT \ln \left(\frac{n_0}{n_i} \right) = E_F - E_i$$

$$E_F - E_i = 0.029 \text{ (eV)} \times \ln \frac{1N \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}}{1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}} = 0.029 \times \ln \frac{10^7}{1.5} \text{ eV} = 0.112 \text{ eV}$$

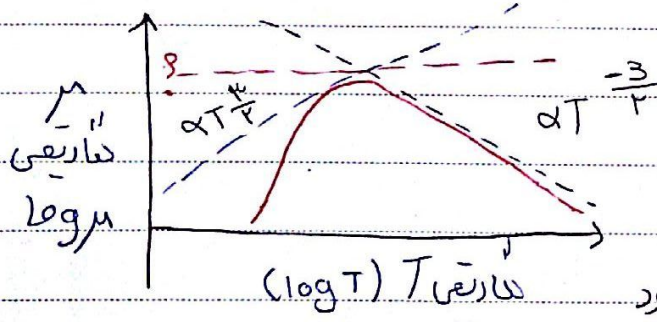


• اثر دما در کارتن روی پهنای باربرها

پهنای انرژی از جمله
محاسبه می شود بر پهنای باربرها:
پهنای انرژی از حالتی

افزایش دما - افزایش حرکت حرارتی - افزایش پهنای انرژی - کاهش
پهنای انرژی - کاهش حرکت حرارتی - کاهش پهنای انرژی

در دماهای بالا محاسبه غالب در کاهش پهنای انرژی از جمله است.



در دماهای بالا حرکت باربرها انرژی شود

برهم نشانی با یونهای حالتی می شود

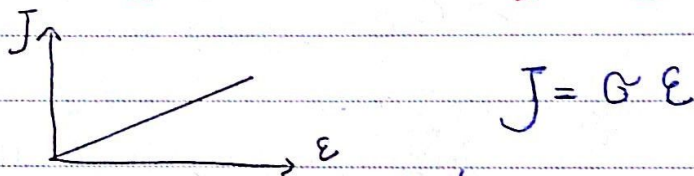
در جاهای این صائیم غالب در جایش حدیث بر الذی له احوال و انشا

میراث الفنی از احوالی ها + میراثی از نسبه = میراث (مالی)

برای این $\propto \frac{1}{t} \propto \frac{1}{\mu} \Rightarrow \frac{1}{\mu_{\text{عل}}} = \frac{1}{\mu_{\text{ارسال}}} + \frac{1}{\mu_{\text{ازخامی}}}$

^P اقرائیں ان احادیث کو باعثِ احساسِ رعدیٰ مسرور

• «انرمیدان معوی» (ربیعہ میدان النبی و سرعت میدان سعادت میدان معوی)

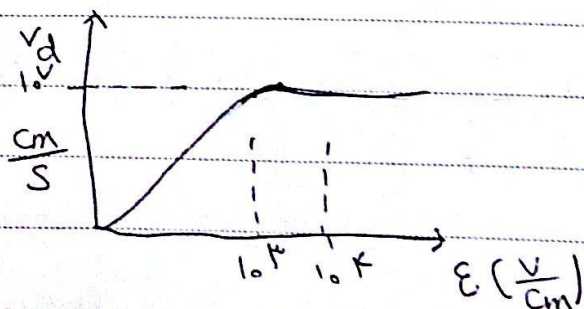


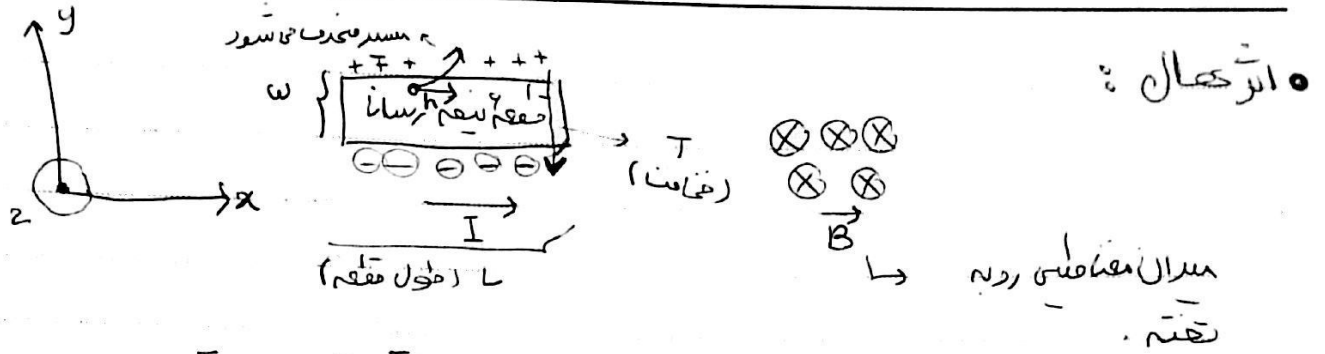
در میدان های قوی، سرعت انش با سرعت حرکت درجایی و با معادله است.

در این حالت Δ مقدار است نذر و استعاره از خود می شود.

۴۹ = $\langle V \rangle$ ← عرض در میدان های موی

مثلاً برای میدانهای بزرگتر $\frac{10^4}{\text{cm}}$ سرعت رانش در شبکه چگالی جریان تقریباً ثابت است.





$$F = q(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$E_y = v_x B_z$$

$$E_y = \left(\frac{J_x}{qP} \right) B_z = R_H J_x B_z \Rightarrow \rho_o = \frac{1}{qR_H} = \frac{J_x B_z}{qE_y}$$

$$\left(\frac{I_x}{wt} \right) B_z = \frac{I_x B_z}{q(v_{AB})} \rightarrow \text{اختلاف پتانسیل}$$

* ترانسمیسیون با استفاده از اثر هول به دست می آید.

$$P = \frac{Rwt}{L} = \frac{V_{HD} I_a}{L / \omega T}$$

$$G = \frac{1}{P}$$

$$\mu_P = \frac{\alpha}{qP_o} = \frac{\frac{1}{P}}{q(\frac{1}{qR_H})} = \frac{R_H}{P}$$

روابط ضرب متقابل خواص
لاست

بین با اندازه گیری ثابت هول و معادله دیو، نمودار تغییرات و ترانسمیسیونهای μ و ρ را

بر حسب دما استخراج است.

Subject :

Year .

Month .

Date .

سیل نیمه رسانای Si دارای $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$ اتم ناخالصی (فوسفور) می باشد. چنانچه ولتاژ 10 V در آن اعمال شود.
 $n \approx N_D = 1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^{-3}$

$$\tau = 1.4 \times 10^{-9} \text{ s}$$

$$\mu_i = 1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$$

$$\mu_n = \frac{V_{0.5} \text{ cm}^2}{\text{Vs}}$$

$$\mu_p = \frac{20.0 \text{ cm}^2}{\text{Vs}}$$

$$\sigma = q(N\mu_n + p\mu_p)$$

$$\sigma = qN\mu_n = 1.4 \times 10^{-9} \times 1.0 \times 10^{-3} \times 1.0 \times 10^{-3} = 1.4 \times 10^{-15} \text{ (A/cm)} = 11.12 \text{ (A/cm)}$$

$$\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{11.12} \text{ (A/cm)} = 0.089 \text{ (A/cm)}$$

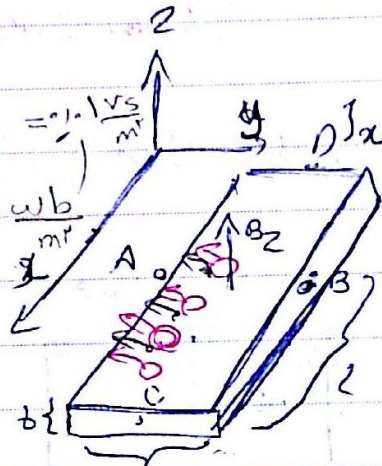
شکل، ابعاد

$$B_z = 1.0 \text{ G} = 0.1 \text{ T} = 0.1 \text{ wb/m}^2$$

$$b = 1.00 \text{ cm}$$

$$I_x = 1.0 \text{ mA}$$

$$V_{AB} = 5 \text{ mV}$$



$$R_H = ?$$

$$\rho_o = ?$$

$$\mu_p = ?$$

$$\varepsilon_y = R_H I_x B_z$$

$$\text{لایه ها: } R_H = \frac{1}{qP_o} \left[\frac{1}{C} \right] \left[\frac{1}{L^{-3}} \right]$$

$$n \text{ نوع} \rightarrow R_H = -\frac{1}{q n}$$

$$p \text{ نوع} \rightarrow R_H = \frac{1}{q p}$$

$$\varepsilon_y = R_H I_x B_z$$

$$t \varepsilon_y = R_H t I_x B_z$$

$$V_{AB} = R_H I_x B_z$$

$$R_H = \frac{V_{AB} t}{I_x B_z} = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ (V)} \times 1.0 \text{ cm}}{1.0 \text{ mA} \times 0.1 \text{ T}} = \frac{5.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^3}{1.0 \times 10^{-3} \text{ A} \times 0.1 \text{ T}} = \frac{5.0 \text{ cm}^3}{1.0 \text{ A} \times 0.1 \text{ T}} = 5.0 \frac{\text{cm}^3}{\text{A} \cdot \text{T}}$$

Poopak

Subject :

Year .

Month .

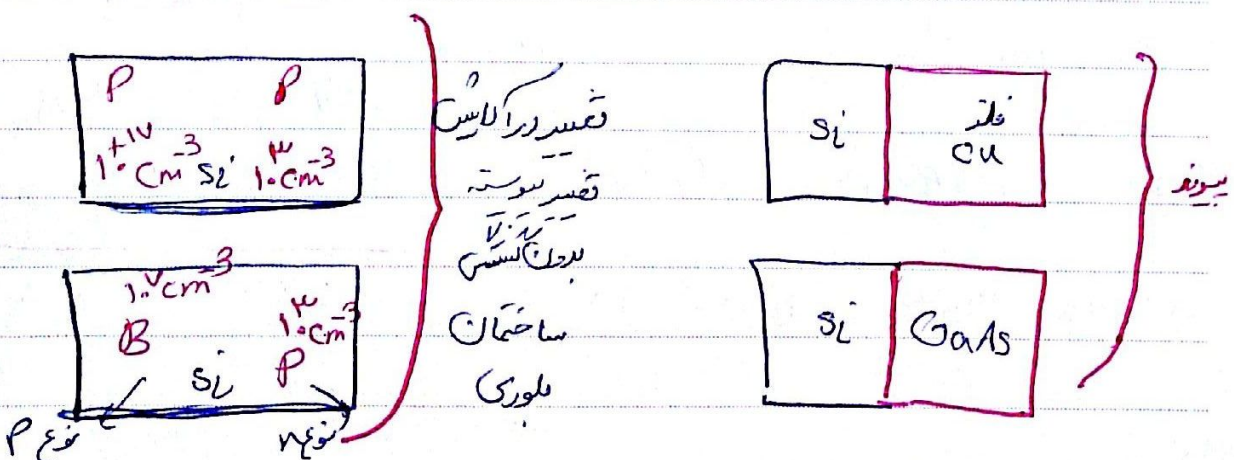
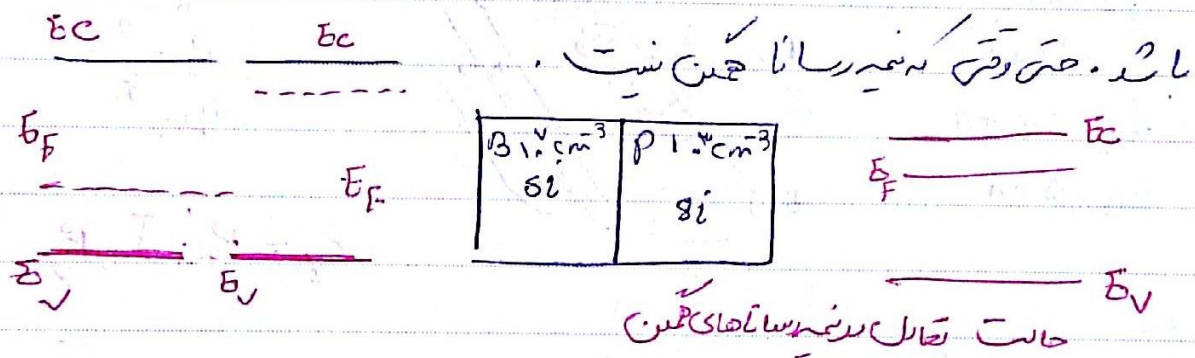
Date .

$$R_H = \frac{1}{q p_0} \rightarrow p_0 = \frac{1}{q R_H} = \frac{1}{1.14 \times 10^{-19} \times 50 \times 10^3 \text{ cm}^{-3}} = 1.75 \times 10^{-14} \text{ cm}^{-3}$$

$$\frac{1}{\rho} = \sigma = q \mu_p p_0 \quad \mu_p = \frac{1}{\rho p_0 q} = \frac{1}{1.75 \times 10^{-14} \times 1.5 \times 10^3 \text{ cm}^{-3} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 500 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$$

تفسیر ناپذیری تراز فرضی (در حالت تعادل)

در یک نمونه ناپذیرگی باید منجر به تراز فرضی در حالت تعادل وجود داشته باشد.



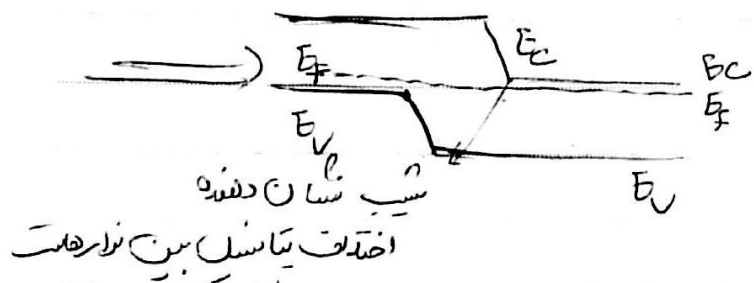
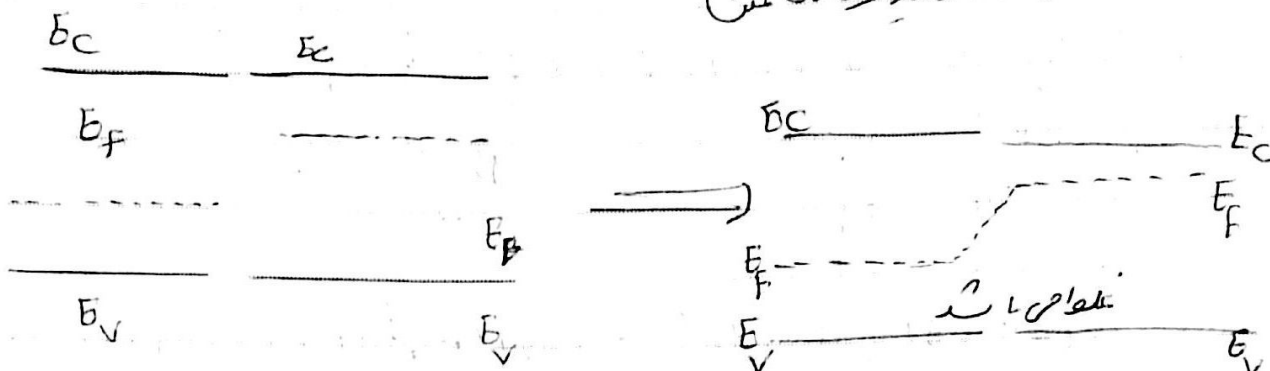
Subject :

Year .

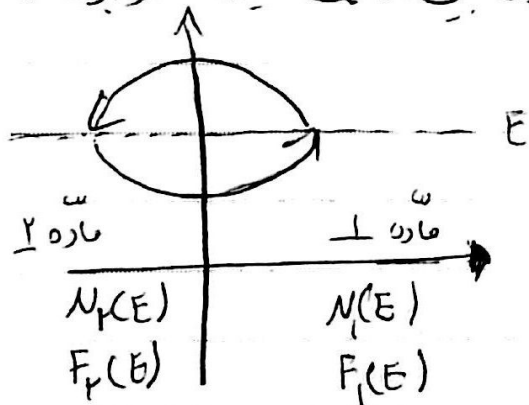
Month .

Date .

حالت تعادل در نیمه رسانای گسین



در حالت تعادل: نسبت هیچ گونه انتقال بار یا انرژی بین دو قسمت نمی در مانا وجود ندارد.



(در حالت تعادل)

تفسیر اندرزی تراز فرمی در حالت تعادل

سرعت انتقال بار از ماده ۱ به ماده ۲ در تراز ثابت E

$$\propto \underbrace{N_1(E) f_1(E)}_{\text{تعداد جاهای پر شده}} \times \underbrace{N_2(E) (1 - f_2(E))}_{\text{تعداد جاهای خالی در ماده ۲}}$$

Subject :

Year .

Month .

Date .

سرعت انتقال بار
از تار ۱ به تار ثابت ۲

$$\propto \underbrace{N_1(E) f_1(E)}_{\text{تعداد جابجایی بر شده در ۱}} \times \underbrace{N_2(E) (1-f_2(E))}_{\text{تعداد جابجایی بر نشده در ۲}}$$

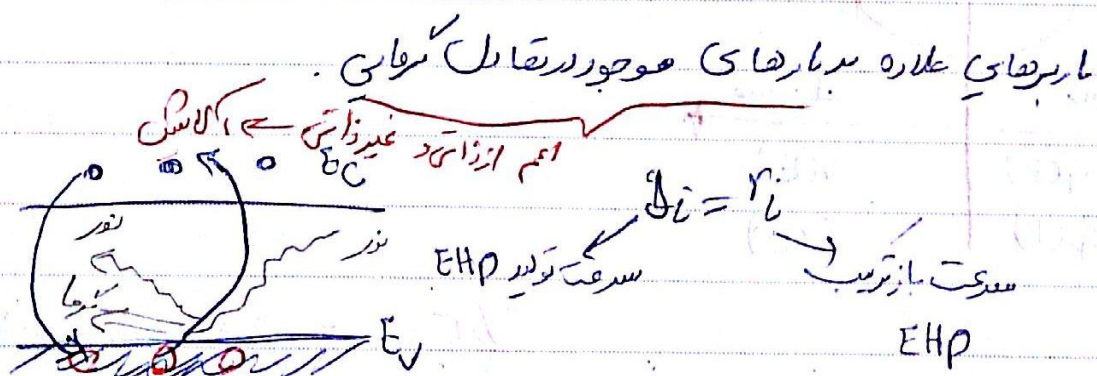
$$N_1(E) f_1(E) N_2(E) (1-f_2(E)) = N_2(E) f_2(E) N_1(E) (1-f_1(E))$$

$$N_1 f_1 N_2 - N_1 f_1 N_2 f_2 = N_2 f_2 N_1 - N_2 f_2 N_1 f_1$$

$$N_1 f_1 N_2 = N_2 f_2 N_1 \quad f_1(E) = f_2(E)$$

توازن فوری در سراسر مواد مفصل به هم باید متفاوت باشد.

$$\frac{dEF}{dx} = 0$$



$$r_i \propto n p$$

$$r_i = a_r n p = a_r n_i^2 = g_i$$

Subject :

Year .

Month .

Date .

حزب عامل ایجادکننده ی باربرهای افشان: جذب نور، تدریج در پیوندگاه n و p

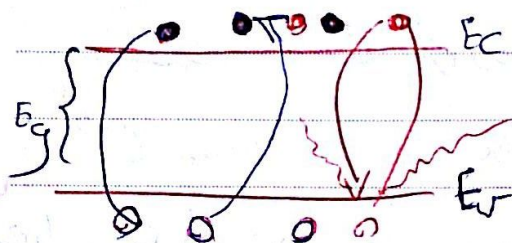
بجای آن الکتریکی، نفوذ باربرها بر اثر شیب در ترازیم ناخالصی ها.

حزب پذیرنده

باربرهای افشان نیز همچون باربرهای ذاتی و غیر ذاتی در رسانایی نقش ایفا می کنند.

انرژی نورانی

$$h\nu > E_g$$



حزب نوری

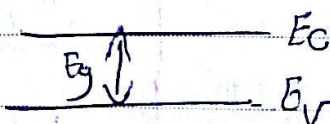
در صورتی که $h\nu > E_g$ افشان انرژی

$h\nu - E_g$ به صورت گرما از الکترود پرازری

در نور هدایت به شکله رادمان شود.

$h\nu \gg E_g$ ثابت بلانک (برای تشخیص)

گفتگوش



$E_g \approx 2\text{eV}$ نور مادون قرمز و وقفه

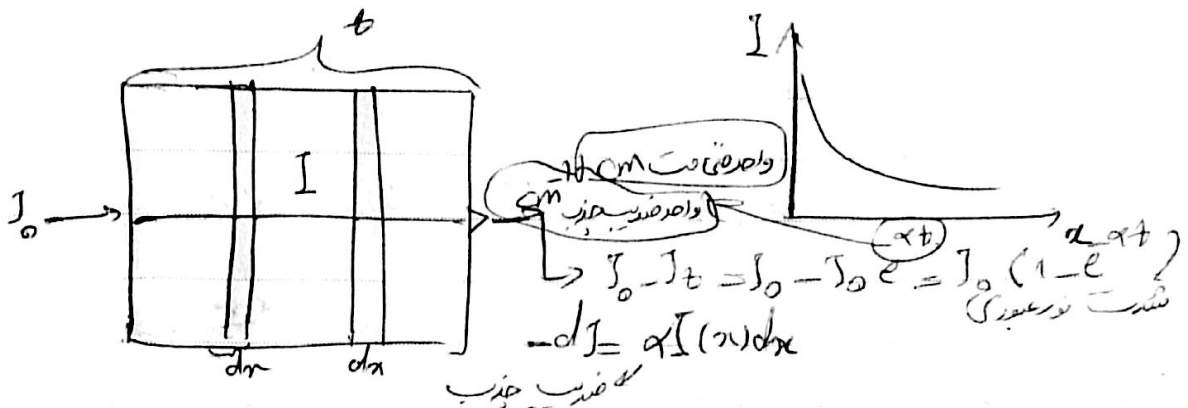
$E_g \approx 3\text{eV}$ مادون قرمز و طیف مرئی

Subject :

Year .

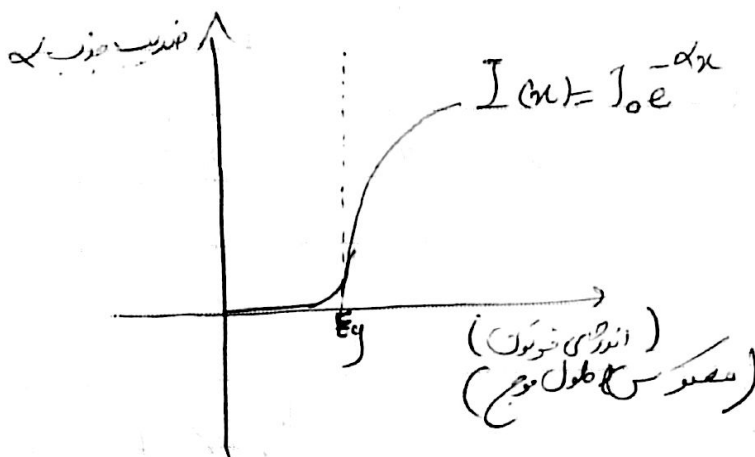
Month .

Date .



حالت اتصال جذب نوری در صفحات dx از جنس رسانا ثابت است و تنها

به شدت و ضخامت بستگی دارد.



$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda}$$

(نورافشایی)

فوتون : بارهای افشایی از جذب نوری در بارها بازتاب می شوند.

کاتی : بارهای افشایی نوری از عبور جریان الکتریکی بازتاب می شوند.

الکترون : بارهای افشایی نوری از عبور جریان الکتریکی بازتاب می شوند.

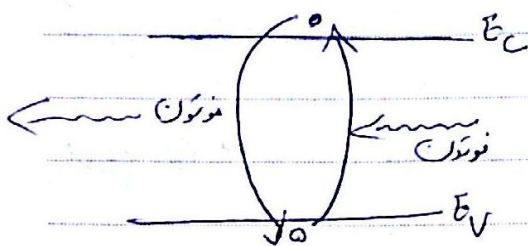
نورافشایی

Subject :

Year .

Month .

Date .



نورافشایی
فوتونی

مستقیم
غیر مستقیم

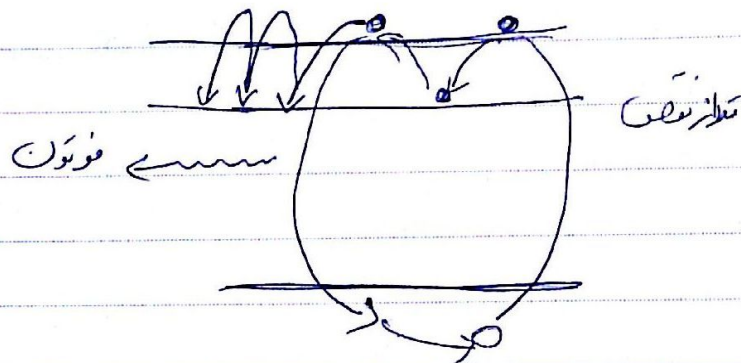
بازتاب EHP در 10^{-15} رخ می دهد.

نورافشایی زودگذر

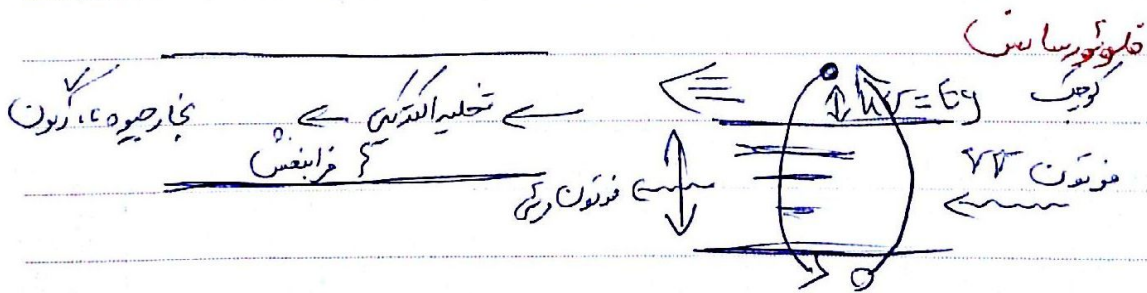
بازتاب EHP چند ثانیه یا چند دقیقه

نورافشایی دیرگذر

ضرب تاب
ضخامت سازش



نورافشایی دیرگذر چراغ به دام افتادن پایداری در یک تراز نقص است.



Poopak

Subject :

Year .

Month .

Date .

بیک غده GaAs با ضخامت $44 \mu m$ نور کبود با $h\nu = 2.25$ می تابد
 $\alpha = 50000 \text{ cm}^{-1}$

الف) توان جذب شده توسط نمونه (بر حسب ω)
 $J_0 = 10 \text{ mW}$

ب) توان گرمایی اضافی داده شده به سبب متوسط الکترون ها قبل از باز ترکیب (بر حسب

$$\left(\frac{J}{s} = \omega \right)$$

ج) مقدار فوتون های سطح شده برابر رخدادهای باز ترکیب در هر ثانیه (با فرض سطح شدن

ب فوتون کم انرژی جذب هر فوتون)