1)یک پیوند p-n سیلیسیمی با نا خالصی های دهنده فسفر و پذیرنده آ لومینیوم درست شده است را در نظر بگیرید .

.نحوه شکل گیری پتانسیل اتصا ل را در محل پیوند توضیح دهید.
وقتی پیوند p-n را تشکیل دادیم چون ناخالصی های دو طرف برابر نیستند الکترون ها از باند هدایت ناحیه nکه دارای حامل های اکثریت الکترون است به طرف ناحیه p که الکترون کم تری دارد حرکت میکنند همچنین حفره های ناحیه p از باند ظرفیت به خاطر کمبود چگالی حفره های ناحیه n به سمت این ناحیه حرکت میکنندو یک جریان نفوذی ایجاد میشود اما این جریان اندکی بعد کاهش میابد و علت ان پتانسیل مخالف ایجاد شده در طرفین پیوند است.در واقع حفره ها و الکترون های حوالی پیوند باز ترکیب شده و در این ناحیه یون های نامتحرک باردار باقی می ماند.اتم های ناحیه n که الکترون از دست میدهند به یون + تبدیل و اتم های طرف p که الکترون میگیرند به یون - تبدیل می گردند.به این ناحیه که در ان حامل های متحرک باردار وجود ندارد ناحیه تهی می گویند.
در این حالت یون ها ینامتحرک گفته شده با بارهای + و - میدان الکتریکی ایجاد میکنند در اثر این میدان ولتاژ به وجود می آید که به آن پتانسیل اتصال می گویند.
در این حالت حامل های اقلیت اندکی جریان را عبور می دهند که این جریان رانشی است و امکان ترکیب شدن با یون های + و - را داشته و باعث کاهش پتانسیل می شود.

$$V0 = \frac{KT}{q}\ln(\frac{NA.ND}{ni\text{^}2})$$

ب) پس از اعمال یک ولتاژ خارجی به پیوند (در پایست مستقیم)پتانسیل اتصال چگونه تغییر می کند؟ پاسخ خو دا با در نظر گرفتن جریان رانشی و نفوذی حامل ها بیان کنید.

در بایاس مستقیم قطب منفی باطری به قسمت + آن به سمت p متصل می شود میدان ناشی از اعمال این پتانسیل خارجی با انتقال حفره ها از pبه n در جهت جریان ورودی سبب کم شدن ناحیه تهی می گردد. لذا پتانسیل خارجی، پتانسیل اتصال در محل پیوند را کاهش داده است.
این کاهش میدان و پتانسیل سد جریان های نفوذی را در محل پیوند افزایش می دهد که چون میدان باطری خلاف جهت حامل های اقلیت است که موجب ایجاد جریان های رانشی هستند، جریان های نفوذی به جریان های رانشی غالب می شود.و دیود جریان را از آند(ناحیه p) به کاتد (ناحیهn) عبور می دهد.
ج- میزان ناخالصی های ND و NA چه تاثیری در پتانسیل اتصال وعرض ناحیه تخلیه در طرفین پیوند دارد؟
عرض ناحیه تهی با چگالی ناخالصی های NA و NDرابطه ی عکس دارد .یعنی هر طرف که ناخالصی بیشتر شود نفوذ لایه تهی در آن ناحیه کم تر و عرض لایه تهی بیشتر می شود .
طبق رلبطه ای که برای پتامسیل اتصال داریم با افزایش NA و ND پتانصیل
(البته لازم به ذکر است که معمولا پیون های P-N به گونه ای ساخته می شوند که مقاومت اهمی هر یک از مناطق PوN بسیار کم باشد و اگر جریانی از این نواحی عبور کند افت اهمی روی این نواحی نا چیز می باشد برای این کار لازم است که ناخاصی های NA وND به اندازه کافی بزرگ باشد.

2.چگونه میتوان از یک پیوند به عنوان یکسوساز استفاده کرد؟

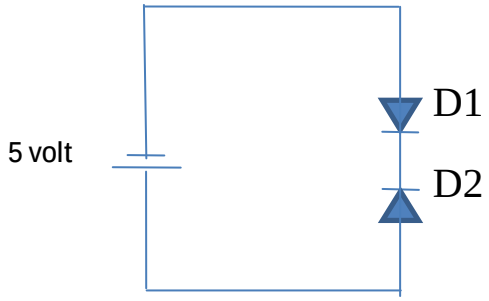
با اتصال پایه های فلزی به نواحی نوع p و نوع n در دیود می توان ناحیه مرزی (لایه تهی) را از خارج کنترل کرد .اگر ولتاژ ثابت v را به پایه های آن وصل کنیم (قطب منفی به p و قطب مثبت به n) در این حالت حفره ها به طرف راست و الکترون ها به طرف چپ کشیده می شوند پس لایه تهی پهن تر و مقاومت آن بیشتر می شود واز پیوند p-n جریان بسیار کمی ناشی از حامل ها ی اقلیت می گذرد.به این جریان جریان اشباع معکوس می گویند و جهت آن از n به p است. اگر قطب های منبع ولتاژرا عوض کنیم حفره ها به طزف قطب منفی و الکترون ها به طرف قطب مثبت حرکت می کنند.در این حالت بیشتر ناحیه تهی از بین رفته و مقاومت کمی باقی می ماند.دیود در جهت مستقیم به جریان اجازه عبور می دهد ودر جهت معکوس جلوی آن را می گیرد و خاصیت یکسوگری دارد اگر به دو طرف پیوند p-n فلز متصل کنیم حاصل دیود است.

3.منظور از مقاومت استاتیکی و دینامیکی چیست؟ مقدار این مقاومت ها در نواحی مختلف کاری دیود چگونه تغییر می کند؟

با توجه به غیر خطی بودن دیود دو نوع مقامت برای دیود وجود دارد 1. استاتیکی 2.دینامیکی
مقاومت استاتیکی ناشی از عبور جریان DC از مدار است .مقاومت استاتیکی دیود ثابت نبوده و ارتباط مستقیم با جریان DC عبوری از دیود دارد .مقاومت استاتیکی دیود بسیار نا چیز است.(در تمام نواحی ثابت بوده)
مقاومت دینامیکی مربوط به عبور جریان AC از مدار است و عبارت است از نسبت تغییرات ولتاژ دیود به تغییرات جریان عبوری از دیود .(در بایاس مستقیم $\frac{VD}{ID}$ در بایاس معکوس ∞ می شود) در ناحیه شکست ناچیز است.

سوال اول:

الف: دو دیود ژرمانیم به طور سری ودر خلاف جهت به یک باتری 5 ولتی وصل می شوند.ولتاژ دو سر هر دیود را در دمای اتاق محاسبه کنید.(ولتاژ زنر بیشتر از 5 است)
(احمد طهماسی وند)



$V_T = 25\,mV\,, I_s = 5\mu A$

جواب: چون ولتاژ زنر بیشتر از 5 است پس از هر دو دیود فقط جریان Is میگذرد.

$$I_D = I_s\left(e^{v_d/\eta v_T} - 1\right)$$

$$I_{D1} = I_{D2} = I_s \Rightarrow I_s = I_s\left(e^{V_{D1}*10} - 1\right) \Rightarrow 10 * V_{D1} = 2Ln2 \Rightarrow V_{D1} = 69\,mV$$

$$V_{D2} = 5(v) - 69(mv) = 4.931\,V$$

ب:اگر مقدار ولتاژ زنر 4.9 باشد جریان مدار چقدر می شود؟

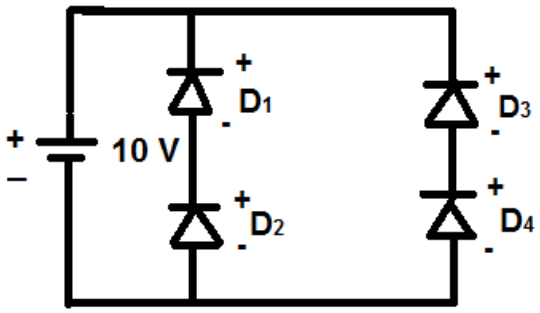
جواب : چون ولتاژ عبوری از دیود دوم بیشتر از 4.9 است پس شکست ایجاد شده و ولتاژ دو سر d1 برابر v 0.1 وd2 برابر 4.9 می شود پس جریان مدار از d2به دلیل هدایت بدست می آید.

$I_D = I_s\left(e^{v_d/\eta v_T} - 1\right)$ ژرمانیم => $\eta = 1$

$$I_{D2} = 5\mu A\left(e^{0.1/0.025} - 1\right) = 0.268(mv)$$

مسائل 2 :.در مدار شکل زیر جرین اشباع معکوس دیود های D_1 تا D_4 برابراست با

$I_{01} = 15\ nA$, $I_{02} = 20\ nA$, $I_{03} = 15\ nA$, $I_{04} = 40\ nA$, جریانی که در این حالت از دیود D_2 عبور می‌کند برابر است با :



$V_1 = V_3$, $V_2 = V_4$

$V_1 + V_2 = 10$ $\qquad$ $I_{D1} + I_{D3} = I_{D2} + I_{D4}$

$-\ (I_{02} + I_{04}) = -\ (20 + 40) = -60\ Na$

چون: $\qquad$ $V_{D1} = V_{D3}$

$I_{01} = I_{03}$

لذا با توجه به رابطه دیود $I_{D1} = I_{D3}$ خواهد شد ودر این صورت جریان I_{D1} وI_{D3} برابر $\frac{60}{20} = 30nA$ خواهد شد که از جریان اشباع معکوس بیشتر خواهد بود و این به آن معنی است که دیود های $D1$ و $D3$ در شکست هستند که امکان پذیر نیست.با توجه به این نکته از دیودهای $D1$ و $D3$ جریان اشباع معکوس گذشته و از دیوذهای $D2$ و $D4$ جریانی کمتر از اشباع معکوس انها می گذرد.

$$ID1 = ID3 = -15nA$$
$$ID2 + ID4 + 2ID3 = -30nA(1)$$

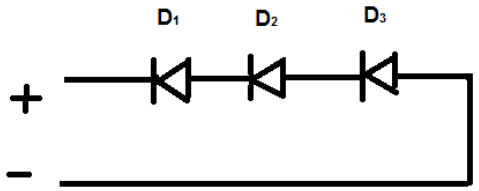
چون $V_3 = V_4$ پس با توجه به رابطه دیود داریم:

$$\frac{ID4}{ID2} = \frac{IS4}{IS2} = \frac{40}{20} = 2 \Rightarrow ID4 = 2ID2$$

در 1 جایگذاری میکنیم

$$ID2 + 2ID2 = -30nA \Rightarrow ID2 = -10nA$$
$$\Rightarrow ID4 = -20nA$$

مسائل 3) سه دیود طبق شکل به طور سری به ولتاژتغذیه 220v متصلند.ولتاژ شکست هر سه دیود 60 v ولی مقدار جریان اشباع معکوس آن ها به ترتیب 1 mA، 1.5 mA، 2 mA برای D1 ، D2 ، D3 است ولتاژ دو سر هر یک از دیود ها را محاسبه کنید.



چون ولتاژ ورودی 70V است و ولتاژ شکست دیود D1 ، 60 V و D1 در جهت معکوی بسته شده است لذا D1 وارد ناحیه شکست می شود و ولتاژ دو سر آن V1=60 V می گردد. چون دیود ها سری بسته شده اند جریان کل که همان 70V است از جمع ولتاژ هر یک از دیود ها بدست می آید.
پس برای دو دیود دیگر جمعا 10 ولت باقی می ماند. چون دیود D2 ا 10 ولت وارد ناحیه شکست نمی شود جریان آن برابر همان جریان معکوسس اشباع است.یعنی :

I=-I02= -1.5 mA

وچون در مدار سری جریان ها با هم برابر است جریان هر سه دیود-1.5 mA
خواهد بود حالا برای ولتاز در دیود D3 یا D2 از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$V = hVT(\frac{I}{I0} + 1)$$

$$V3 = 0.026 * \ln(\frac{-1.5}{2} + 1) = -0.036$$

$$h = 1$$
$$VT = 0.026$$

$$1O - (0.036) = 9.97V$$

I1 = I2 = I3 = -1.5 V

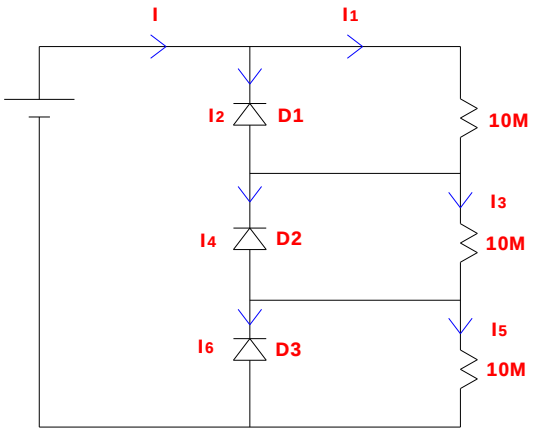
V1= -60 V

V2 = -9.97 V

V3 =- 0.036 V

1 – 2- اگر جریان اشباع معکوس دیودهای D_1 تا D_4 برابر است با :

جریان که از دیود D_2 عبور می کند برابر با : ؟ (سینا مسیب پور)



$$\begin{cases} I_{S_1} = 15_n A \\ I_{S_2} = 20_n A \\ I_{S_3} = 15_n A \\ I_{S_4} = 40_n A \end{cases}$$

$$V_{D_1} = V_{D_3}, I_{S_1} = I_{S_3} \Rightarrow I_{D_1} = I_{D_3}$$

$$V_{D_2} = V_{D_4}, I_{S_4} = 2I_{S_2} \Rightarrow I_{D_4} = I_{D_2}$$

I_{D_3}, I_{D_1} حداکثر 15Na- خواهند بود. که مجکوع آنها 30Na- است.

$$I_{P_2} + I_{P_4} = -30nA \qquad I_{D_4} = 2I_{D_2}$$

$$\Rightarrow \quad I_{D_2} = -10nA \qquad I_{D_4} = -20nA$$

اگر ولتاژ D_2 تا D_4 خواسته می شه برای محاسبه داریم : چون جریان دیود D_2 تا D_4 از مقدار جریان اشباع معکوس این دیودها کوچک تر است بنابراین این دیودها وارد ناحیه شکست خود نشده اند در نتیجه ولتاژ دو سر آنها مقدار کوچکی است:

$(I_{D4}=I_{S4}(\exp(V_{D4}/\eta v_T)-1) \Rightarrow -20 = 40(\exp(V_{D4}/0{,}052)-1$

$\Rightarrow v_{d_2} = v_{d_4} = 36mv$

1 – 4 – در مدار زیر ولتاژ دو سر هر دیود و جریان I مدار را بیابید (سینا مسیب پور)

$V_{Z_1} = V_{Z_2} = V_{Z_3} = 60V$ و

$$\begin{cases} I_{S_1} = 1MA \\ I_{S_2} = 2MA \end{cases}$$

$I_{S_3} = 3MA$

$KCL: I_1 + I_2 = I_3 + I_4 = I_5 + I_6$

با توجه به فرض مسئله داریم:

$KCL: V_I = I_1 \times 10 + I_3 \times 10 + I_5 \times 10 \qquad I_1 + 1 = I_3 + 2 = I_5 + 3$

$90 = 10(I_1 + I_3 + I_5)$

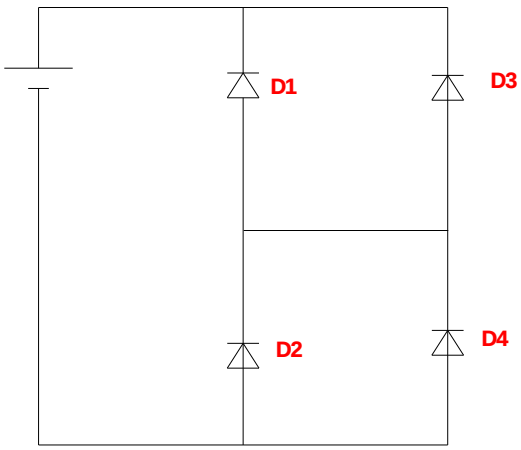
با توجه رابطه 2 داریم: $\qquad 9 = I_1 + I_3 + I_5$

$I_1 + I_1 - 1 + I_2 - 2 = 9 \Rightarrow I_1 = 4, I_3 = 3, I_5 = 2$

$I = I_1 + I_2 = 5MA$ و $\qquad V_{D_1} = 10 \times 10^6 \times 4 \times 10^{-6} = 40V$

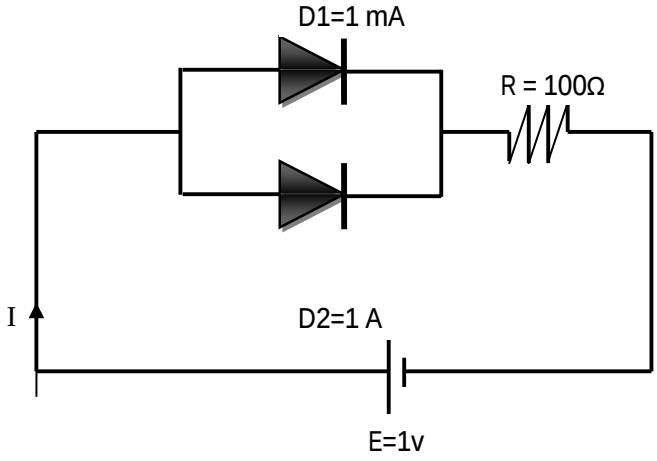
$V_{D_2} = 30V$

$$V_{D_1} = 20V$$



سوال دوم:

دو دیود موازی از طریق یک مقاومت 100 اهمی به یک باطری 1 ولتی وصل می شوند (پایست مستقیم).یکی از دیودها یک میلی آمپری و دیگری یک آمپری است.ولتاژ دو سر دیودها را بدست آورید. (احمد طهماسی وند)



جواب:

دیود I آمپری دیودی است که اگر ولتاژ دو سر آن 0.7 ولت شود I آمپر از آن می گذرد.

$$I_D = I_s\left(e^{v_d/\eta v_T} - 1\right)$$

$$1 * 10^{-3} = I_{s1}\left(e^{0.7/.025} - 1\right) \Rightarrow I_{s1} = 7.1 * 10^{-16}$$

$$1 = I_{s2}\left(e^{0.7/.025} - 1\right) \Rightarrow I_{s2} = 7.1 * 10^{-13}$$

$$1)\ D1 \parallel D2, Kvl \rightarrow V_{D1} - V_{D2} - 1 - 100I$$

$$2)\ I_{D1} + I_{D2} = I, I_{D2} = 1000I_{D1} \Rightarrow I \approx 1000I_{D1}$$

$$3) V_D = \eta V_T Ln\frac{I_D - I_s}{I_s} \Rightarrow V_D \approx \eta V_T Ln\frac{I_D}{I_s}$$

$$1,3 \Rightarrow \eta V_T Ln\frac{I_{D_1}}{I_{s_1}} = 1 - 100I \overset{2}{\Rightarrow} 0.025(LnI_{D1} - Ln7.1 * 10^{-16}) = 1 - 10^5 I_{D1}$$

معادله بدست آمده یک معادله یک مجهول به صورت نمایی است که به روش آزمون و خطا به دست می آید. روش مذکور به صورتی است که آنقدر به مجهول عدد می دهیم تا جواب بدست آید (این کار به کمک ماشین حساب مهندسی صورت می گیرد)

$$\rightarrow I_{D1} - 4.3 * 10^{-6} \overset{2}{\rightarrow} I - 4.3 * 10^{-8} \overset{1}{\rightarrow} V_{D1} - V_{D2} - 1 - 100I \rightarrow V_{D1} - V_{D2} - 0.57v$$