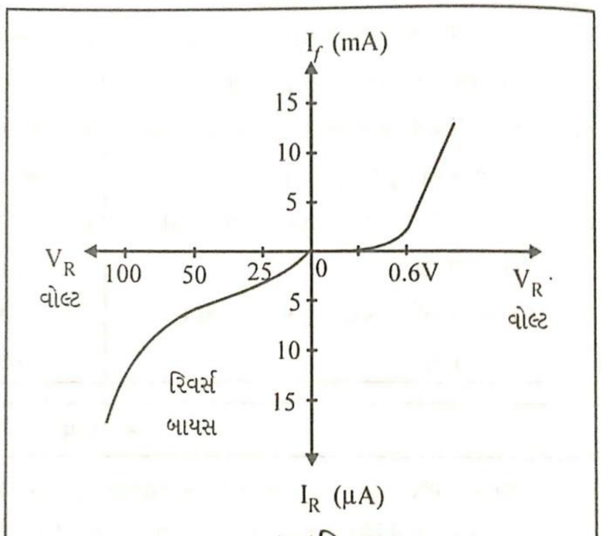
Chapter 6 : ઘન અવસ્થા રચનાઓ

ઝેનર ડાયોડ (Zener Diode) :



આકૃતિ (1)

ધોરણ -12 માં આપણે P – N જંકશન ડાયોડની રચના તેમજ તેની લાક્ષણિકતાઓનો અભ્યાસ કર્યો છે. આવી એક લાક્ષણિકતા આકૃતિ (I) માં દર્શાવી છે , જેમાં આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે ફોરવર્ડ બાયસ વખતે ડાયોડમાં પ્રવાહ મીલીએમ્પિયરનાક્રમનો છે,જયારે રિવર્સબાયસમાંપ્રવાહ માઈક્રોએમ્પિયર ના ક્રમનો છે.આ પ્રવાહ માઇનોરીટી ચાર્જ કેરિયરને પરિણામે મળે છે. બીજી એક વાત આપણે નોંધી લઈએ કે બ્રેકડાઉનવોલ્ટેજ (V_R) મૂલ્ય ઘણું મોટું છે. પરંતુ જો આ ડાયોડમાં અશુદ્ધિનું પ્રમાણ વધારી દેવામાં આવે તો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ આગળ રિવર્સ પ્રવાહ (I_R) મીલીએમ્પિયરના ક્રમનો મેળવી શકાયછે. ડાયોડમાં અશુદ્ધિના પ્રમાણમાં વધઘટ કરવાથી બ્રેકડાઉનવોલ્ટેજમાં પણ ફેરફાર કરી શકાય છે, તેને ઝેનર બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ કહે છે.

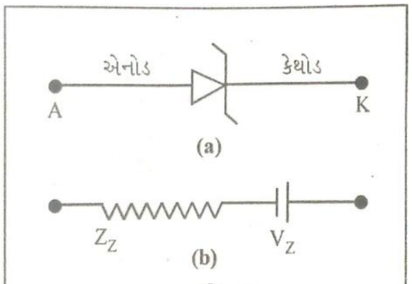
આ પ્રકરણમાં આપણે તેની લાક્ષણિકતા અને તેના વોલ્ટેજ નિયામક તરીકેના ઉપયોગ વિશે ચર્ચા કરીશું. ઝેનરડાયોડ રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં, બ્રેકડાઉન વિસ્તારમાં વાપરવામાં આવે છે. સામાન્ય રીતે ઝેનરડાયોડ સિલિકોન અર્ધવાહિકમાંથી બનાવવામાં આવે છે કારણ કે જર્મેનિયમ અર્ધવાહક કરતાં તેની પ્રવાહક્ષમતા વધારે છે. વળી ઊંચા તાપમાને તેની કાર્યક્ષમતામાં ઓછો ફેરફાર થાય છે. આ પ્રકારના ડાયોડમાં બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વખતે જે મીલીએમ્પિયરના ક્રમનો પ્રવાહ મળે છે . તે મુખ્યત્વે બે પ્રકારની અસરોને લીધે મળે છે . (i) ઝેનર અસર (ii) એવલેન્ચ અસર

ઝેનરડાયોડમાં અશુદ્ધિનું પ્રમાણ વધારે હોય છે અને તેના ડેપ્લેશનસ્તરની પહોળાઈ ઘણી ઓછી હોય છે. પાતળા ડેપ્લેશનસ્તર પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર તીવ્ર બને છે. દા.ત. જો રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ 2 V હોય અને ડેપ્લેશનસ્તરની પહોળાઈ 200 A° હોય તો વિધુતક્ષેત્રની તીવ્રતા $\frac{2}{200 \times 10^{-8}}$ V / cm, (E = V/d) થશે , આ વિદ્યુતક્ષેત્ર સહસંયોજક બંધ (covalent bond) માં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનને બહાર ખેંચી કાઢે છે. એટલે કે મોટા પ્રમાણમાં સહસંયોજક, બંધો તૂટી જાય છે. પરિણામે ડાયોડમાં મોટા પ્રમાણમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સ ઉદ્દભવે છે. આથી રિવર્સ પ્રવાહ (I_R) નું મૂલ્ય એકાએક વધી જાય છે. આ ઘટનાની સમજૂતી C. E. Zener નામના વૈજ્ઞાનિકે આપેલી. આથી આ અસરનેઝેનર અસર કહેવામાં આવે છે.

P – N જંકશન ડાયોડમાં રહેલા અશુદ્ધિના પ્રમાણમાં ફેરફાર કરી ડેપ્લેશનસ્તરની પહોળાઈ વધારી શકાય છે. જેમાં બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ઊંચા વોલ્ટેજે મળે છે . જયારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં હોય ત્યારે પ્રવાહ માઈનોરીટી ચાર્જ કેરિયરને પરિણામે મળતો હોય છે. રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ વધારતાં ડેપ્લેશન સ્તર પાસે વિદ્યુતક્ષેત્ર તીવ્ર બને છે. જયારે માઈનોરીટી ચાર્જ કેરિયર એટલે કે ઇલેક્ટ્રોન્સ બેરિયર સ્તરમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે પ્રવેગી ગતિ કરે છે અને વિદ્યુતક્ષેત્રમાંથી ઊર્જા મેળવે છે. આ પ્રવેગિત ઇલેક્ટ્રોન્સ , બેરિયર સ્તરમાં રહેલા અણુઓ સાથે અથડાય છે અને તેનું આયનીકરણ કરી નાખે છે એટલે કે અથડામણ દરમ્યાન આ પ્રવેગિત ઇલેક્ટ્રોન્સ બેરિયર સ્તરમાં રહેલા સહસંયોજક બંધો તોડી મોટા પ્રમાણમાં ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સનું નિર્માણ કરે છે. નવા ઉદ્દભવેલા ઇલેક્ટ્રોન્સ પણ પ્રવેગિત ગતિ કરી બીજા સહસંયોજક બંધો તોડી નવા ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સનું નિર્માણ કરે છે. આમ આ પ્રક્રિયાનું પુનરાવર્તન સતત ચાલુ રહે છે. પરિણામે આ સ્થિતિમાં ડાયોડમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું પ્રમાણ વધી જાય છે. એટલે કે ડાયોડ બ્રેકડાઉન સ્થિતિમાં આવી જાય છે. આ પ્રકારના બ્રેકડાઉનને એવલેન્ચ બ્રેકડાઉન કહે છે અને આ પ્રકારની અસરનેએવલેન્ચ અસર કહે છે.

જે ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ 4 V કરતાં ઓછો હોય તેમાં ઝેનર અસરને કારણે બ્રેકડાઉન થાય છે. 6 V થી વધુ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ધરાવતા ડાયોડમાં એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે. 4 V થી 6 V વચ્ચે બ્રેકડાઉન ધરાવતા ડાયોડમાં ઝેનર અસર તેમજ એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે. આ બધા પ્રકારના ડાયોડને ઝેનરડાયોડ કહેવામાં આવે છે.

રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં લાગુ પાડવામાં આવેલ વોલ્ટેજ, બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ કરતાં વધી જાય ત્યારે આ ડાયોડ અચળ વોલ્ટેજ ઉદગમસ્થાન (constant voltage source) તરીકે કાર્ય કરે છે. આ ડાયોડને સંદર્ભ વોલ્ટેજ ડાયોડ(voltage reference diode) તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે.

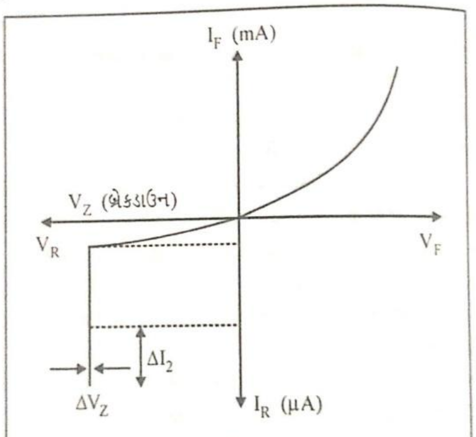


આકૃતિ (2)

ઝેનરડાયોડની સંજ્ઞા તેમ જ તેનો સમતુલ્ય પરિપથ આકૃતિ (2) માં દર્શાવ્યો છે. આકૃતિ (2,a) માં દર્શાવ્યા મુજબ તેની સંજ્ઞા PN જંકશન ડાયોડ જેવી જ છે. પરંતુ જો ધ્યાનથી જોવામાં આવે તો તેની કેથોડ લાઈન 'Z' આકારે વાળવામાં આવી છે. આકૃતિ (2,b) માં ઝેનર ડાયોડનો સમતુલ્ય પરિપથ છે, જે દર્શાવે છે કે ડાયોડ પોતે એક V_z વિદ્યુતચાલકબળવાળી બેટરી ની જેમ વર્તે છે, જેનો આંતરિક અવરોધ Z_z છે. Z_z ને ઝેનરડાયોડનો ચલ અવરોધ(dynamic resistance) કહે છે.

ઝેનરડાયોડની V→I લાક્ષણિકતા :

આકૃતિ (3) માં ઝેનરડાયોડની લાક્ષણિકતા દર્શાવી છે. ફોરવર્ડ બાયસ લાક્ષણિકતા P – N જંકશન ડાયોડ જેવી છે . રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં બ્રેકડાઉન કરતાં ઓછા વોલ્ટેજવાળા વિસ્તારમાં પ્રવાહનું મૂલ્ય માઈક્રોએમ્પિયરના ક્રમનું છે. બ્રેકડાઉનવોલ્ટેજ આગળ આ પ્રવાહ એકાએક વધીને મીલીએમ્પિયરના ક્રમનો થાય છે . જો ઇનપુટ વોલ્ટેજ બ્રેકડાઉનવોલ્ટેજ V_R કરતાં થોડો પણ વધારવામાં આવે દા.ત. 0.1 V જેટલો વધારો કરવામાં આવે તો ઝેનર પ્રવાહ I_z માં ઘણો મોટો ફેરફાર થાય છે. આલેખમાં દર્શાવ્યા V_z , I_{zi} , I_{zx} વગેરેને નીચે મુજબ વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય.



આકૃતિ (3)

(1) ઝેનરવોલ્ટેજ (V_z) :

રિવર્સ લાક્ષણિક આલેખ પરના રેખીય ભાગ પરના કોઈ ટેસ્ટપ્રવાહ I_{z1}, માટે જે બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ મળે તેને ઝેનર વોલ્ટેજ (V_z) કહે છે. સામાન્ય રીતે આ ટેસ્ટ પ્રવાહ I_{z1} નું મૂલ્ય, ઝેનરડાયોડના મહત્તમ પ્રવાહના 20 % જેટલું હોય છે. બજારમાં 2.4 V થી 200 V સુધીના બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજવાળા ઝેનર ડાયોડ મળે છે.

(2) પાવર ક્ષમતા(Power dissipation capacity) P_z :

જો ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_z , હોય અને તે સમયે ડાયોડમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ I_z હોય તો ડાયોડની પાવર ક્ષમતા,

$P_z = V_z \cdot I_z$ થાય.

ઝેનરડાયોડની મહત્તમ પાવર ક્ષમતા P_{zmax} નીચે મુજબ આપી શકાય :

$$P_{zmax} = V_z \cdot I_{zmax}$$

દા.ત. જો 12 V ના ઝેનરડાયોડની મહત્તમ પાવર ક્ષમતા 1 W હોય તો,

$$I_{zmax} = \frac{P_{zmax}}{V_z} = \frac{1}{12} = 83 \text{ mA}$$

એટલે કે આ ડાયોડમાંથી મહત્તમ પ્રવાહ 83 mA પસાર થઈ શકે. જો ડાયોડમાંથી I_{zmax} કરતાં વધુ પ્રવાહ પસાર થાય તો તેનું આયુષ્ય પૂરું થઈ જાય છે. બજારમાં 25% થી 50% સુધીની પાવરક્ષમતાવાળા ઝેનરડાયોડ ઉપલબ્ધ છે.

(3) ઝેનર ઇમ્પેડન્સ (Zener Impedance) Z_z :

જયારે ઝેનર ડાયોડ, બ્રેકડાઉન વિસ્તારમાં કાર્યશીલ હોય ત્યારે છે. એક જો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજમાં થોડો ફેરફાર, (ΔV_z) કરવામાં આવે તો ઝેનર પ્રવાહ (ΔI_z) માં મોટા પ્રમાણમાં ફેરફાર થાય છે, તેની મદદથી ઝેનર ડાયોડના ઇમ્પેડન્સની ગણતરી થઈ શકે.

$Z_z = \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z}$

દા.ત. , ઝેનર વોલ્ટેજમાં 50 mV નો ફેરફાર કરતાં, પ્રવાહમાં 15 mA નો ફેરફાર થાય તો,

$Z_z = \frac{50 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-3}} = 3.33\ \Omega$

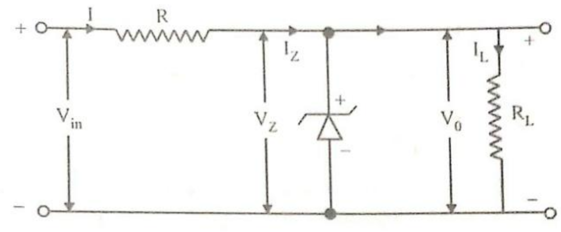
ડાયોડ નંબર	V_Z V	I_{ZT} mA	$P_{Z\,max}$ W
IN 753	6.2	20	0.4
IN 4735	6.2	41	1.0
IN 757	9.1	14	0.4
IN 4739	9.1	28	1.0
IN 759	12	11.5	0.4
IN 4742	12	21	1.0

સામાન્ય રીતે ઝેનર ઇમ્પેડન્સ, ટેસ્ટ પ્રવાહ I_{ZT} માટે માપવામાં આવે છે.આદર્શ ઝેનરડાયોડ માટે તેની ઇમ્પેડન્સ શુન્ય હોય છે, પરંતુ વાસ્તવમાં આ મૂલ્ય 5 Ω થી 100 Ω સુધી બદલાતું હોય છે, ઉદાહરણ તરીકે IN 961 ઝેનર ડાયોડનો ડેટા નીચે મુજબ છે: V_Z = 10 V , I_{ZT} = 12.5 mA , Z_z = 32 mA બજારમાં મળતા કેટલાક ઝેનર ડાયોડના ડેટા આપ્યા છે, જે તમને પ્રયોગશાળાના કાર્યમાં ઉપયોગી થઈ પડશે.

વોલ્ટેજ નિયામક તરીકે ઝેનર ડાયોડ(**Zenor diode as a voltage regulator**) :

અત્યાર સુધી આપણે રેકટીફાયર પરિપથો તેમજ ફિલ્ટર પરિપથોનો અભ્યાસ કર્યો. તેમાં પણ આપણે છે કે રેકટીફાયર પરિપથોના આઉટપુટમાં રહેલા એ.સી. ઘટકોને "smooth" કરવા માટે ફિલ્ટર પરિપથ વાપરીને શુદ્ધ ડી. સી. વોલ્ટેજ મેળવી શકાય છે, પરંતુ આ પરિપથોનું વોલ્ટેજ નિયમન સારું હોતું નથી. એટલે કે જો લોડ પ્રવાહ I_L વધારવામાં આવે તો આઉટપુટ ડી.સી. વોલ્ટેજનું મૂલ્ય ઘટે છે. આ ઉપરાંત એ.સી. મેઇન્સ વોલ્ટેજમાં જો વધઘટ થાય તો પણ આઉટપુટ વોલ્ટેજ (V_{DC}) માં વધઘટ થાય છે. આમ, જો પાવર સપ્લાયમાં અચળ ડી. સી. વૉલ્ટેજ મેળવવો હોય તો વોલ્ટેજ નિયામક પરિપથ (Voltage regulator circuit) નો ઉપયોગ કરવો પડે. આ પરિપથની મદદથી રિપલવોલ્ટેજ પણ દૂર કરી શકાય છે. વોલ્ટેજ નિયામક પરિપથને ફિલ્ટર પરિપથ અને લોડ અવરોધ R_L ની વચ્ચે જોડવામાં આવે છે.

આવો એક સાદો વોલ્ટેજ નિયામક પરિપથ ઝેનરડાયોડ અને અવરોધની મદદથી બનાવી શકાય છે જે આકૃતિ (4) માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ (4)

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ ઝેનર ડાયોડને રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં વાપરવામાં આવે છે. આ ડાયોડને સમાંતર, લોડ અવરોધ R_L જોડવામાં આવે છે. અવરોધ R, પરિપથના કુલ પ્રવાહ I નું નિયમન કરે છે. અવરોધ R નું મૂલ્ય એવી રીતે નક્કી કરવામાં આવે છે કે જેથી, જયારે લોડ પ્રવાહ મહત્તમ I_{Lmax} હોય (અથવા ઝેનર પ્રવાહ લઘુતમ I_{zmin}). તે સમયે પણ ઝેનરડાયોડ બ્રેકડાઉન વિસ્તારમાં કાર્યશીલ રહે. પરિપથમાં વાપરેલ ઝેનરડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_z, આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_o જેટલો હોવો જરૂરી છે. દા.ત. આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{DC} મેળવવો હોય તો ઝેનરડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_z પણ 6V હોવો જોઈએ. પરિપથમાં દર્શાવ્યા મુજબ,

V_i = નિયમન વગરનો ઇનપુટ વોલ્ટેજ (Unregulated supply)

$V_o = V_z$ = આઉટપુટ ડી.સી. વોલ્ટેજ

I_L = લોડ અવરોધ R_L માંથી પસાર થતો પ્રવાહ

I_z = ઝેનરડાયોડમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ

∴અવરોધ R માંથી પસાર થતો કુલ પ્રવાહ $I = I_z + I_L$ થશે. કિર્ચોફનો નિયમ વાપરતાં,

$V_i - IR - V_o = 0. \quad (V_i - V_o = IR)$

$$R = \frac{V_i - V_O}{I} = \frac{V_i - V_O}{I_z + I_L} \quad \text{-----------------------------------} (A)$$

અથવા $R = \frac{V_i - V_O}{I_z + I_L}$

જ્યાં I_Lએ લોડપ્રવાહનું સરેરાશ મૂલ્ય છે. આ પરિપથ, વોલ્ટેજ નિયામક તરીકે કેવી રીતે કાર્ય કરે છે તે સમજવા નીચેના બંને કિસ્સાચર્ચીશું.

(1) Vi અચળ હોય અને I_Lબદલાય ત્યારે:

સમી. મુજબ, $V_o = V_i - IR = V_i - (I_z + I_L)R$

જ્યારે પરિપથમાં I_Lનું મૂલ્ય વધે (એટલે કે R_Lનું મૂલ્ય ઘટે) ત્યારે, ઝેનર પ્રવાહ I_zનું મૂલ્ય તેટલા જ પ્રમાણમાં ઘટે છે. કારણ કે પરિપથમાં કુલ પ્રવાહ $I = I_z + I_L$, અચળ રહે છે. સમી. પરથી જોઈ શકાય છે કે I અચળ હોવાથી R ના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (V_R) પણ અચળ રહે છે. પરિણામે આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_O, પણ અચળ રહે છે.

જયારે લોડપ્રવાહ I_L, ઘટે ત્યારે, તેટલા જ પ્રમાણમાં ઝેનર પ્રવાહ I_z, વહે છે. પરિણામે I અચળ રહે છે અને આઉટપુટ વોલ્ટેજ પણ અચળ રહે છે. જયારે $I_L = 0$ હોય ત્યારે ઝેનર પ્રવાહ મહત્તમ (I_{zmax}) હોય છે અને

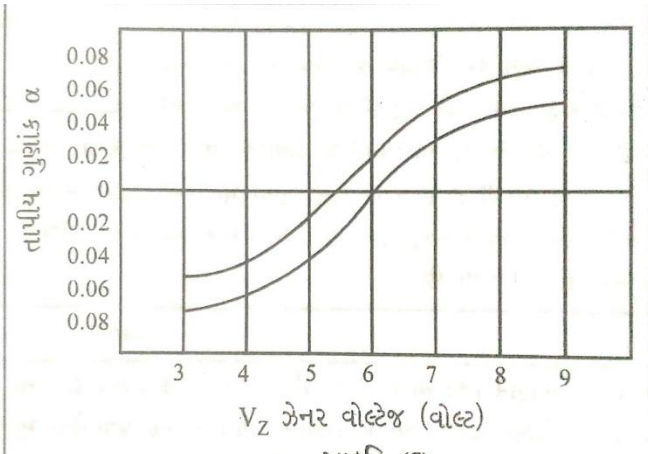
$R = \frac{V_i - V_O}{I_{zmax}}$ થાય.

(2) I_L અચળ હોય અને V_i બદલાય ત્યારે:

પરિપથમાં R_L, અચળ રાખતાં લોડપ્રવાહ I_L અચળ રહે છે. જયારે ઇનપુટ વોલ્ટેજ V_i વધે ત્યારે કુલ પ્રવાહ $I = I_z + I_L$ વધે છે. પરંતુ I_L અચળ હોવાથી વધારાનો પ્રવાહ ઝેનરડાયોડમાંથી પસાર થાય છે એટલે કે I_z નું મૂલ્ય વધે છે. આથી R ના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (V_R) વધી જાય છે. પરિણામે આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_O અચળ રહે છે. જયારે

ઈનપુટવોલ્ટેજ **V_i** ઘટે ત્યારે, કુલ પ્રવાહ I ઘટે છે અને તેટલા જ પ્રમાણમાં નું I_z મૂલ્ય ઘટે છે. આથી I_R નું મૂલ્ય ઘટે છે. પરિણામે આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_o અચળ રહે છે. આ બંને કિસાની સમજૂતી ઉદાહરણો પરથી સ્પષ્ટ થશે.

ઝેનરડાયોડ પર તાપમાનની અસર :



આકૃતિ (5)

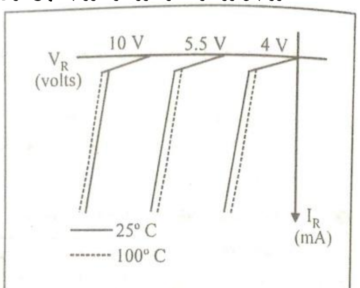
આપણે જાણીએ છીએ કે દરેક અર્ધવાહકના વિદ્યુતકીય ગુણધર્મો તાપમાન પર આધારિત છે. આથી P – N જંકશન ડાયોડની લાક્ષણિકતા પણ તાપમાન પર આધારિત છે. ઝેનરડાયોડની રિવર્સ લાક્ષણિકતામાં મળતો પ્રવાહ માઈનોરિટી ચાર્જ કેરિયરને લીધે મળે છે. જે ઉષ્મા ઊર્જાને લીધે ઉત્પન્ન થયેલા ઇલેક્ટ્રોન્સ અને હોલ્સને કારણે છે. આથી ઝેનર ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ (V_z) પણ તાપમાન પર આધાર રાખે છે. આકૃતિ (5) માં જુદા જુદા ઝેનર વોલ્ટેજ માટે તાપીય ગુણાંક, (temperature coefficient)દર્શાવેલ છે. આ આલેખ સિલિકોન અર્ધવાહકમાંથી બનાવેલ ઝેનર ડાયોડ માટે છે.

આલેખ પરથી નીચેના ત્રણ મુદ્દા તારવી શકાય છે.

(i) 5 V થી ઓછા બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ધરાવતા ઝેનર ડાયોડનો તાપીય ગુણાંક α_z ઋણ છે. એટલે કે જંકશન તાપમાન વધારતાં ઝેનર વોલ્ટેજ V_z ઘટે છે.

(ii) 6 V થી વધારે બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ધરાવતા ઝેનર ડાયોડનો તાપીય ગુણાંક α_z ધન છે. એટલે કે. તાપમાન વધારતાં તેનો ઝેનર વોલ્ટેજ V_z વધે છે.

(iii) 5 V થી 6 V વચ્ચે ઝેનર ડાયોડ પર તાપમાનની અસર નહિવત્ છે.



આકૃતિ (6)

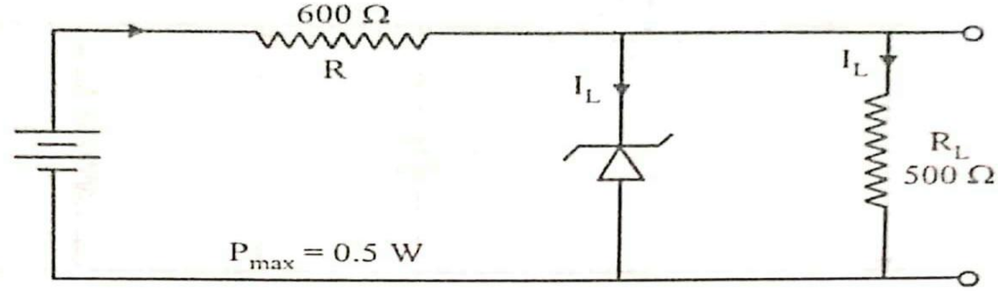
5 V થી ઓછા ઝેનર વોલ્ટેજ ધરાવતા ડાયોડમાં ડેપ્લેશન સ્તર પાતળું હોય છે અને તેમાં ઝેનર અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે. જંકશન તાપમાન વધારતાં સહસંયોજકબંધમાં રહેલા વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન ઊર્જા મેળવે છે. તેથી તે સહેલાઈથી સહસંયોજકબંધમાંથી છટકી જઈ શકે છે. આમ ડાયોડને ઝેનર વોલ્ટેજથી ઓછા વોલ્ટેજ આપતાં તે સ્ફટિક લેટિસમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનને સહેલાઈથી આ પ્રકારના ડાયોડમાં તાપમાન વધારતાં બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ ઘટે છે . જુઓ આકૃતિ (6).

6 V થી વધુ ઝેનરવોલ્ટેજ ધરાવતા ડાયોડમાં ડેપ્લેશનસ્તરની પહોળાઈ વધુ હોય છે. તેથી તીવ્રતા ઓછી હોય છે. આ પ્રકારના ડાયોડમાં એવલેન્ચ અસરને લીધે બ્રેકડાઉન થાય છે. જંકશન તાપમાન વધતાં સ્ફટિકમાં રહેલા અણુઓનાં દોલનો વધે છે. આથી ઇલેક્ટ્રોનની અણુઓ સાથે અથડાવવાની શક્યતાઓ વધે છે. પરિણામે આ અથડામણો દરમ્યાન ઇલેક્ટ્રોન પોતે ઊર્જા ગુમાવે છે, તેથી ઇલેક્ટ્રોનને સહસંયોજક બંધો તોડવા માટે વધુ ઊર્જાની જરૂર પડે છે. એટલે એમ કહી શકાય કે, ડાયોડમાં એવલેન્ચ પ્રક્રિયા શરૂ કરવા માટે વધુ રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજની જરૂર પડે છે. આમ, આ પ્રકારના ડાયોડમાં તાપમાન વધતાં બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વધે છે. જુઓ આકૃતિ (6).

5 V થી 6 V વાળા ઝેનર ડાયોડમાં ઝેનર અસર તેમજ એવલેન્ચ અસરને લીધે એવલેન્ચ બ્રેકડાઉન થાય છે. તેથી તાપમાન વધતાં તેઓ એકબીજાની અસરને નાબૂદ કરે છે. પરિણામે તેના બ્રેકડાઉનવોલ્ટેજ V_z પર તાપમાનની અસર નહિવત્ થાય છે.

દાખલા

(1) આકૃતિ (A) માં દર્શાવેલ પરિપથમાં બેટરી પ્રવાહ I, ઝેનર પ્રવાહ I_z અને લોડ પ્રવાહ I_L શોધો. જો બેટરી વોલ્ટેજ 50 V કરવામાં આવે તો આ પ્રવાહોના મૂલ્યોમાં શો ફેરફાર થશે? ઝેનર ઇમ્પેડન્સને અવગણો. I_{zmax} ની ગણતરી કરો.



આકૃતિ (7)

$V_i = 30$ V, $R_L = 500\ \Omega$, $R = 600\ \Omega$, $V_Z = V_o = 10$ V, $P_{Z\,max} = 0.5$ W

બેટરી પ્રવાહ, $I = \frac{V_i - V_o}{R} = \frac{30 - 10}{600} = 33.3$ mA

લોડ પ્રવાહ, $I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{10}{500} = 20$ mA

કુલ પ્રવાહ, $I = I_Z + I_L$

∴ ઝેનર પ્રવાહ, $I_Z = I - I_L = 33.3 - 20 = 13.3$ mA

જ્યારે $V_i = 50$ V હોય ત્યારે,

$$I = \frac{V_i - V_o}{R} = \frac{50 - 10}{600} = 66.6 \text{ mA}$$

લોડ પ્રવાહ, $I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{10}{500} = 20$ mA

ઝેનર પ્રવાહ, $I_Z = I - I_L = 66.6 - 20 = 46.6$ mA

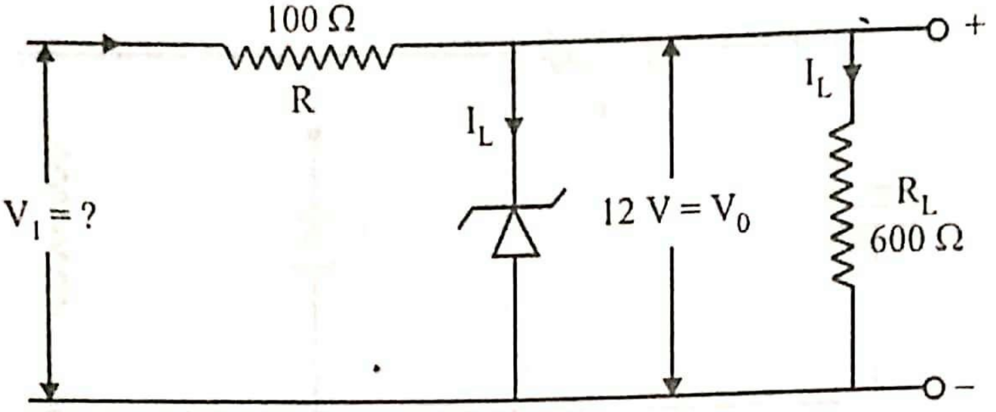
હવે, $I_{Z\,max} = \frac{P_{Z\,max}}{V_Z} = \frac{0.5}{10} = 50$ mA

(2) ઝેનર વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર પરિપથમાં જો $R = 100\ \Omega$, $R_L = 600\ \Omega$, $V_o = 12$ વોલ્ટ અને મહત્તમ ઝેનર પ્રવાહ $I_{Z\,max} = 25$ mA હોય તો ઇનપુટ વોલ્ટેજના કયા લઘુતમ અને મહત્તમ મૂલ્ય માટે આઉટપુટ વોલ્ટેજ 12 V જેટલું અચળ રહેશે ?

$R = 100\ \Omega$, $R_L = 600\ \Omega$, $V_o = 12\ V = V_Z$, $I_{Z\,max} = 25$ mA

$I_{Z\,min} = 0$

CS Scanned with CamScanner



આકૃતિ (8)

પરિપથમાં લોડ પ્રવાહ I_L અચળ રહે છે.

$$\therefore \quad I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{12}{600} = 20 \text{ mA}$$

હવે, $$R = \frac{V_i - V_o}{I_Z + I_L}$$

$$\therefore \quad V_{i\,max} = V_o + R\,(I_L + I_{Z\,max})$$
$$= 12 + 100\,(200 \times 10^{-3} + 0)$$
$$= 14 \text{ V}$$

$$V_{i\,max} = Vo + R\,(I_L + I_{Z\,max})$$
$$= 12 + 100\,[(20 \times 10^{-3}) + (25 \times 10^{-3})]$$
$$= 12 + 4.5 = 16.5 \text{ V}$$

એટલે કે જો ઇનપુટ વોલ્ટેજ 14 V થી 16.5 V સુધી બદલાય તો પણ આઉટપુટ વોલ્ટેજ 12 V જેટલું રહે.

(3) **12 V અચળ ડી.સી. વોલ્ટેજ આપે તેવા ઝેનર વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટરની રચના કરો. જેમાં લોડ પ્રવાહ 5 mA થી 35 mA જેટલો બદલાય છે. ઇનપુટ વોલ્ટેજ 18 V છે અને ઝેનર વોલ્ટેજ 12 V તથા I_{ZT} = 20 mA છે. (i) $I_Z = I_{ZT}$ અને સરેરાશ લોડ પ્રવાહ I_L માટે અવરોધ R ની ગણતરી કરો. તેમજ તેના પાવર રેટિંગની ગણતરી કરો. (ii) ઝેનર ડાયોડમાં ખર્ચાતા મહત્તમ પાવરની ગણતરી કરો.**

V_i = 18 V, V_o = 12 V, I_{ZT} = 20 mA

(i) લોડ પ્રવાહનું સરેરાશ મૂલ્ય $I_L = \dfrac{(5 + 35) \times 10^{-3}}{2}$ A

$= 20$ mA

CS Scanned with CamScanner

∴ કુલ પ્રવાહ, $I = I_{ZT} + I_L = 20 + 20 = 40$ mA

અવરોધ $R = \frac{V_i - V_o}{I_{ZT} + I_L} = \frac{18 - 12}{40 \times 10^{-3}} = 150\ \Omega$

અવરોધ R નો પાવર રેટીંગ $= I^2R = (40 \times 10^{-3})\ 150 = 0.24$ W

(ii) જ્યારે લોડ પ્રવાહ $I_L = 5$ mA હશે ત્યારે ઝેનરમાંથી મહત્તમ પ્રવાહ I_{ZK} વહેતો હશે.

$$I = I_{L\,min} + I_{ZK}$$

$$\therefore \quad I_{ZK} = I - I_{L\,min} = 40 - 5 = 35 \text{ mA}$$

ઝેનર ડાયોડનો પાવર રેટીંગ $= I_{ZK} \cdot V_Z = (35 \times 10^{-3})\ (12) = 0.42$ W

(4) આકૃતિ (C) માં દર્શાવેલ પરિપથમાં ઝેનર વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટરમાં લોડ પ્રવાહના કયા લઘુતમ અને મહત્તમ મૂલ્ય માટે આઉટપુટ વોલ્ટેજ 10 V જેટલું અચળ રહેશે ? આ લોડ પ્રવાહ માટે લોડ અવરોધ R_L ની પણ ગણતરી કરો.

$R = 1$ KΩ, $V_i = 50$ V, $V_o = 10$ V $= V_Z$, $P_{Z\,max} = 0.32$ W

$$P_{Z\,max} = I_{Z\,max} \cdot V_Z$$

$$\therefore \quad I_{Z\,max} = \frac{P_{Z\,max}}{V_Z} = \frac{0.32}{10} = 32 \text{ mA}$$

પરિપથમાં કુલ પ્રવાહ $I = \frac{V_i - V_o}{R} = \frac{50 - 10}{10^3} = 40$ mA

જ્યારે લોડ પ્રવાહ I_L લઘુતમ હોય ત્યારે, ઝેનર પ્રવાહ મહત્તમ હોય છે. આથી,

$$I_{L\,min} = I - I_{Z\,max} = 40 \text{ mA} - 32 \text{ mA} = 8 \text{ mA}$$

∴ મહત્તમ લોડ અવરોધનું મૂલ્ય, $R_{L\,min} = \frac{V_o}{I_{Lmin}} = \frac{10}{8 \times 10^{-3}} = 1.25$ KΩ

જ્યારે ઝેનર પ્રવાહ લઘુતમ એટલે કે $I_{Z\,min} = 0$ હશે ત્યારે લોડ પ્રવાહ $I_{L\,max}$ મહત્તમ હશે.

$$I_{L\,max} = I - I_{Z\,min} = 40 - 0 = 40 \text{ mA}$$

∴ લઘુતમ લોડ અવરોધનું મૂલ્ય,

$$R_{L\,max} = \frac{V_o}{I_{Lmin}} = \frac{10}{40 \times 10^{-3}} = 250\ \Omega$$

CS Scanned with CamScanner

(5) ઝેનર વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર પરિપથમાં જો $R = 100\ \Omega$, $R_L = 600\ \Omega$, $I_0 = 12$ volt અને મહત્તમ ઝેનર પ્રવાહ $I_{Z\,max} = 25 \times 10^{-3}$ A હોય તો ઇનપુટ વોલ્ટેજના કયા લઘુતમ અને મહત્તમ મૂલ્ય માટે આઉટપુટ વોલ્ટેજ 12 volt જેટલું અચળ રહેશે ?

$R = 100\ \Omega \qquad R_L = 600\ \Omega \qquad I_{Z\,min} = 0$

$V_o = 12\ V \qquad I_{Zmax} = 25 \times 10^{-3}$ Amp

$$I_L = \frac{V_o}{R_L} = \frac{12}{600} = 2 \times 10^{-2} \text{ Amp}$$

હવે,
$$R = \frac{V_i - V_o}{I_Z + I_L}$$

$$\therefore \quad V_i = V_o + R\,(I_Z + I_L)$$

$$\therefore \quad V_{i\,min} = V_o\ R\,(I_{Z\,min} + I_L)$$

$$= 12 + 100\,(2 \times 10^{-2} + 0) = 12 + 2 = 14 \text{ volt}$$

$$V_{i\,min} = 14 \text{ volt}$$

$$V_{i\,max} = V_o + R\,(I_L + V_{i\,max})$$

$$= 12 + 100\,(20 \times 10^{-3} + 25 \times 10^{-3})$$

$$= 12 + 100\,(45 \times 10^{-3}) = 12 + 4.5$$

$$V_{i\,max} = 16.5 \text{ volt}$$

CS Scanned with CamScanner

ટનેલડાયોડ (Tunnel Diode) :

1958 માં જાપાનીઝ વૈજ્ઞાનિક (Leo Esaki) લીઓ ઇઝાસ્ત્રીએ આ ડાયોડની શોધ કરી હતી. આથી આ ડાયોડને ઇઝાસ્કી ડાયોડ તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. ટનેલડાયોડ આમ તો સામાન્ય ડાયોડ જેવો જ છે, પરંતુ તેની લાક્ષણિકતામાં નોંધપાત્ર તફાવત એ છે કે તેમાં ઋણ અવરોધવાળો વિસ્તાર મળે છે.

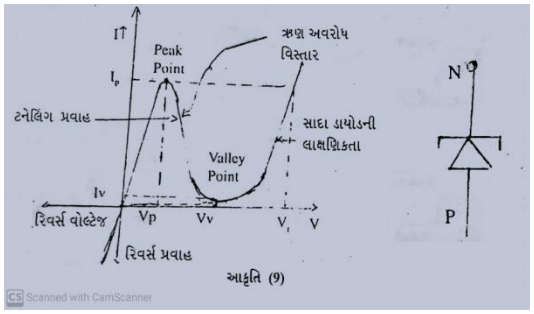
આ ડાયોડમાંવપરાતા P અને N પ્રકારના અર્ધવાહકોમાં ભારે પ્રમાણમાં અશુદ્ધિઓ ઉમેરવામાં આવે છે. સામાન્ય ડાયોડમાં Si અથવા Ge ના 10^8 ભાગમાં એક ભાગ જેટલી અશુદ્ધિ હોય છે. જયારે ટનેલડાયોડમાં si અથવા Ge ના 10^3 ભાગમાં એક ભાગ જેટલી અશુદ્ધિઓ હોય છે. પરિણામે તેમાં મોટી સંખ્યામાં વિદ્યુતભારવાહકો હોય છે. આ કારણથી PN જંકશન આગળ ડેપ્લેશન સ્તર ખૂબ જ સાંકડું બને છે. આ સ્તરની પહોળાઈ લગભગ 100 A^0 (10^{-6} cm) જેટલી હોય છે.

વાસ્તવમાં વિદ્યુતભારવાહક કણ (ઈલેક્ટ્રોન અથવા હોલ) ને બેરિયર વિસ્તારની એક બાજુથી બીજી બાજુ જવા માટે બેરિયર પોટેન્શિયલ જેટલી ઊર્જા હોવી જરૂરી છે. પરંતુ શ્રોડિન્જર સમીકરણ અનુસાર બેરિયર સ્તર સાંકડો હોય ત્યારે, ઓછી ઊર્જા ધરાવતા કણોની બેરિયરને કુદાવી જવાની સંભાવના વધારે હોય છે. આને ટનેલિંગ પ્રક્રિયા કહેવાય છે. આ ટનેલિંગઅસરને લીધે N – પ્રકારમાંથી ઇલેક્ટ્રોન, બેરિયરસ્તરને કુદાવી P પ્રકારના અર્ધવાહકમાં દાખલ થાય છે અને ડાયોડમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન થાય છે. ટનેલડાયોડની સંજ્ઞા આકૃતિ (૧) માં દર્શાવી છે.

લાક્ષણિકતા : ટનેલડાયોડની V – I લાક્ષણિકતા આકૃતિ (૭) માં દર્શાવી છે.

ટનેલડાયોડને રિવર્સ બાયસ આપતાં તે સુવાહક તરીકે વર્તે છે. તેનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ લગભગ શૂન્ય હોય છે.

ડાયોડને થોડો ફોરવર્ડ બાયસ વોલ્ટેજ (50 mV થી ઓછો) આપતાં પ્રવાહ મળે છે. વોલ્ટેજના વધારા સાથે પ્રવાહ I વધે છે. લાક્ષણિક આલેખના OA વિસ્તારમાં વિદ્યુતભાર વાહકોનું જંકશન પાસે બેરિયરસ્તરમાંથી ટનેલિંગ (Tunneling) થાય છે. આથી ઓછા ફોરવર્ડ વોલ્ટેજે પણ પ્રવાહ એકાએક વધી જાય છે.આ વિસ્તારમાં ડાયોડનો અવરોધ ઘણો ઓછો હોય છે. ફોરવર્ડ બાયસના V_P , વોલ્ટેજ માટે મહત્તમ પ્રવાહ I_P (Peak current) મળે છે. આ બિંદુ આગળ ઢાળ $\frac{dI}{dV}$ શૂન્ય થાય છે.



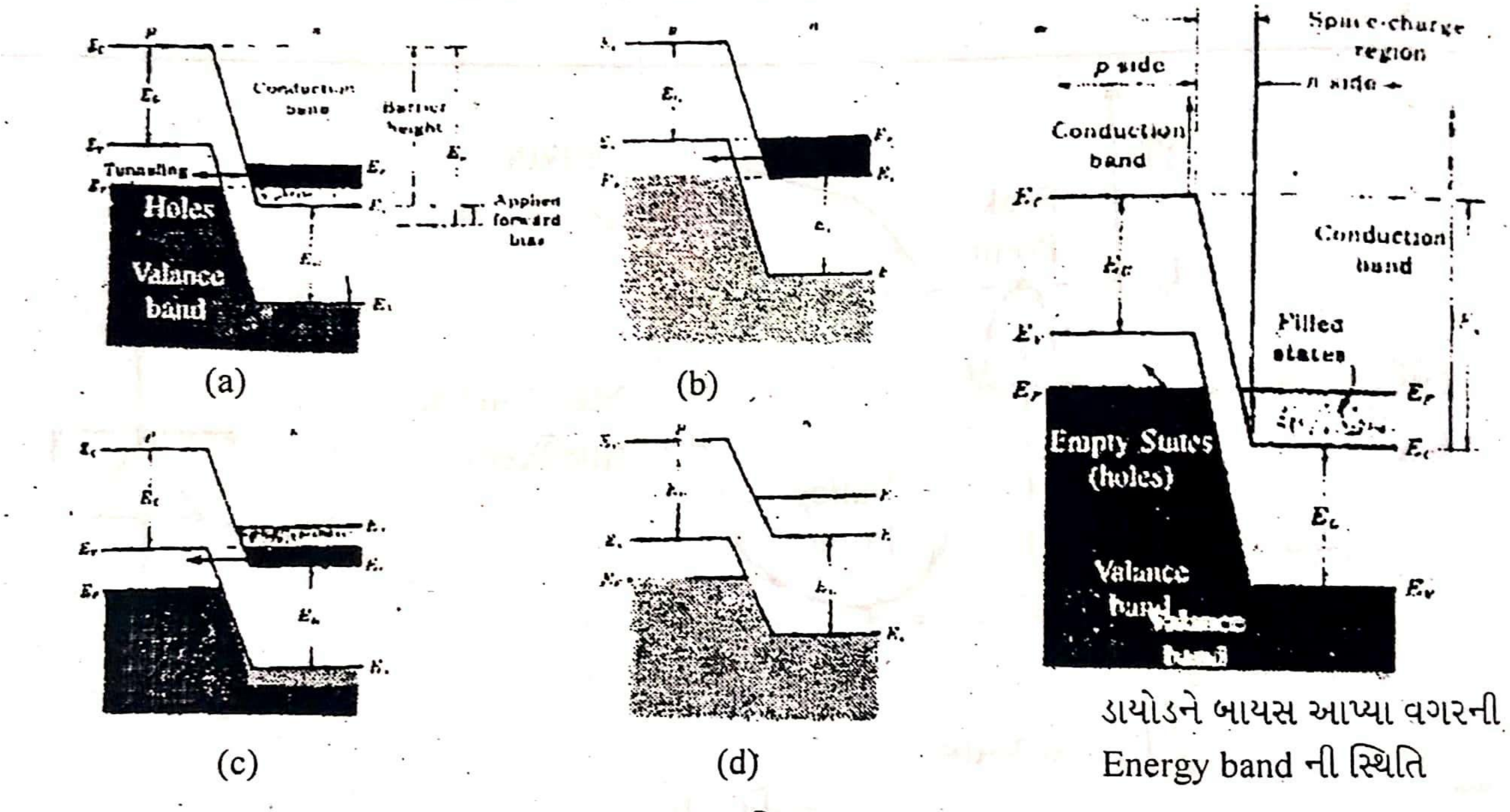
જેમ જેમ ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ વધારતા જઈએ તેમ ટનલિંગની પ્રક્રિયા ઓછી અસરકારક બને છે અને પ્રવાહ ઘટવા લાગે છે. અમુક વોલ્ટેજ V_V , આગળ પ્રવાહ ઇ I_V લઘુત્તમ બને છે. આ બિંદુ આગળ ડાયોડની વાહકતા શૂન્ય થાય છે. મહત્તમ પ્રવાહ I_P અને લઘુત્તમ પ્રવાહ I_V (Valley current) વચ્ચેના વિસ્તારને ઋણ અવરોધ વિસ્તાર (negative resistance region) કહેવામાં આવે છે.

હવે ફોરવર્ડ બાયસ વધારતાં ટનેલિંગ પ્રક્રિયા સ્થગિત થઈ જાય છે અને સાદા ડાયોડમાં પ્રવાહ મળે છે, તેવી રીતે પ્રવાહ મળે છે. એટલે કે , આ વિસ્તારમાં લાક્ષણિકતા સાદા ડાયોડ જેવી મળે છે.

સમજૂતી :

ટનેલ ડાયોડના રિવર્સ લાક્ષણિક આલેખ ઝેનર અસરની મદદથી સમજી શકાય છે. ઝેનર ડાયોડમાં અશુધ્ધિનું પ્રમાણ ઘણું મોટું હોવાથી તેમાં રિવર્સ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ લગભગ 2V થી 6V ની વચ્ચે મળે છે. ટનેલ ડાયોડમાં ડેપ્લેશન સ્તર ઘણું પાતળું હોવાથી તેમાં રિવર્સ બ્લોકિંગ વિસ્તાર જોવા મળતો નથી. આથી રિવર્સ બાયસમાં તે બ્રેકડાઉન સ્થિતિમાં જ જોવા મળે છે.

ટનેલ ડાયોડમાં મળતો ફોરવર્ડ પ્રવાહ બે અસરોને લીધે જોવા મળે છે.



ડાયોડને બાયસ આપ્યા વગરની Energy band ની સ્થિતિ

આકૃતિ (10)

Scanned with CamScanner

(1) ડાયોડને બહારથી ફોરવર્ડ બાયસ આપતાં બેરિયર પોટેન્શિયલનું મૂલ્ય ઘટે છે . આથી મેજોરીટી ચાર્જ કેરિયર conduction band માં જાય છે, પરિણામે ડાયોડમાં પ્રવાહ મળે છે. આકૃતિ (9)માં આ પ્રવાહને તૂટક રેખા વડે દર્શાવેલ છે.

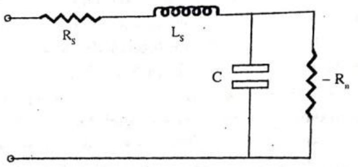
(2) બીજા પ્રકારનો પ્રવાહ ટનલિંગ પ્રક્રિયાને લીધે મળે છે. ડાયોડમાં થતી Quantum - mechanical ટનેલિંગની ક્રિયા આકૃતિ (10) માં દર્શાવેલ energy band પરથી સમજી શકાય છે.

(i) ડાયોડને જ્યારે કોઇપણ પ્રકારનો બાયસ આપેલ ન હોય ત્યારની Energy band ની સ્થિતિ આકૃતિ (10,a)માં દર્શાવી છે.

(ii) હવે P વિભાગને ગ્રાઉન્ડ કરી, N વિભાગ પર ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ આપતાં, બેરિયરનું પોટેન્શિયલ ઘટે છે એટલે કે N વિભાગનો Energy band ઉપરની તરફ ખસે છે. આકૃતિ (10,b) અહીં N વિભાગના conduction band માં રહેલા ઇલેક્ટ્રોનમાં જેટલી ઊર્જા હોય તેટલી જ ઊર્જા P વિભાગના valance band માં રહેલ હોલ્સમાં હોવાથી ઇલેક્ટ્રોન N વિભાગમાંથી P વિભાગમાં ટનલ થાય છે અને આ સ્થિતિમાં પ્રવાહનું મૂલ્ય વધે છે.

(iii) N વિભાગ પર ફોરવર્ડ બાયસ વધારતાં આકૃતિ (10,c) માં બતાવ્યા મુજબ N વિભાગના Energy band વધારે ઉપરની તરફ ધકેલાય છે. આથી વધારે અને વધારે ઇલેક્ટ્રોન P વિભાગમાં ટનેલ થાય છે અને લાક્ષણિક આલેખમાં મહત્તમ પ્રવાહ I_P મળે છે.

(iv) N વિભાગ પર ફોરવર્ડ બાયસ વધારતાં આકૃતિ (10,d) માં દર્શાવ્યા મુજબ ટનેલિંગ પ્રવાહ શૂન્ય થઈ જાય છે. ત્યારબાદ ફોરવર્ડ બાયસ વોલ્ટેજ વધારતાં સામાન્ય ડાયોડ જેવી લાક્ષણિકતા મળે છે.



આકૃતિ (11)

નાના સિગ્નલો માટે ટનેલડાયોડનો સમતુલ્ય પરિપથ આકૃતિ (11) માં દર્શાવેલ છે.

જ્યાં , $-R_n$ = I_P અને I_V વિસ્તાર વચ્ચેનો ઋણ અવરોધ.

R_g = ટર્મિનલનો ઓહમીક અવરોધ

L_s = ટર્મિનલની ભૌતિક ગોઠવણીને લીધે મળતું ઇન્ડક્ટન્સ

C = જંકશન કેપેસીટન્સ, જેનું મૂલ્ય બાયસ વોલ્ટેજ પર આધાર રાખે છે.

	Ge	GaAs	Si
I_P/I_V	8	15	3.5
V_P (વોલ્ટ)	0.055	0.15	0.065
V_V (વોલ્ટ)	0.35	0.5	0.42
V_F (વોલ્ટ)	0.5	1.1	0.7

CS Scanned with CamScanner

બાજુના કોઠામાં જુદાજુદા દ્રવ્યમાંથી બનાવેલ ટનેલ ડાયોડના ડેટા આપ્યા છે. ગૅલિયમ આર્સેનાઇડ (GaAs) પ્રકારના ટનેલ ડાયોડમાં I_P/I_V નું મૂલ્ય તેમજ $V_F - V_P$ નું મૂલ્ય મહત્તમ હોય છે, જ્યારે si પ્રકારના ટનેલ ડાયોડમાં I_P/I_V નું મૂલ્ય ઓછું હોવાથી તેમાંથી ટનેલ ડાયોડ બનાવવામાં આવતા નથી.

ઉપયોગ :

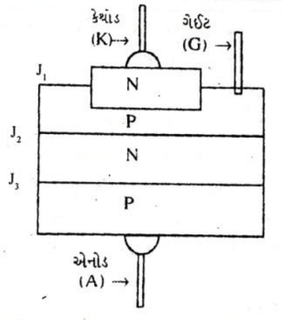
ટનેલ ડાયોડમાં પ્રવાહ I_P અને I_V માટે વોલ્ટેજનાં ત્રણ જુદાં જુદાં મૂલ્યો મળે છે જેને લીધે તેનો ઉપયોગ digital circuit તથા computer માં થાય છે. આ ડાયોડના ઋણ અવરોધના વિસ્તારનો ઉપયોગ કરી ઉચ્ચ આવૃત્તિ (માઈક્રોવેવ તરંગો) ઉત્પન્ન કરવા માટેના ઑસ્ટિલેટર પરિપથ તૈયાર કરી શકાય છે.

3. સિલિકોન કંટ્રોલ રેક્ટિફાયર (SCR) (Silicon Controlled Rectifier) :

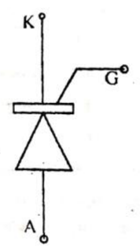
આ ઉપકરણ એ ચાર સ્તરવાળું PNPN ઉપકરણ છે. તેની રચના આકૃતિ (I) માં દર્શાવી છે. આ પ્રકારના ઉપકરણને બે સ્થાયી સ્થિતિ હોય છે. એક સ્થાયી સ્થિતિ જેમાં તેનો અવરોધ ખૂબ જ ઓછો હોય છે અને બીજી સ્થાયી સ્થિતિ જેમાં અવરોધ ખૂબ જ વધારે હોય છે. પહેલી સ્થિતિને વાહક સ્થિતિ કહી શકાય અને બીજી સ્થિતિને અવાહક સ્થિતિ કહી શકાય. આ જાતના ઉપકરણને અવાહક સ્થિતિમાંથી વાહક સ્થિતિમાં ખૂબ જ ઝડપથી ફેરવી શકાય છે અને આ જાતની સ્થિતિના ફેરફાર માટે ખૂબ જ થોડી ઊર્જાની જરૂર પડે છે. થાયરેટ્રોન વાલ્વમાં પણ આ પ્રકારની સ્થિતિ ફેરફારથી મેળવી શકાય છે. એટલે આવી જાતના સાધનને **થાયરીસ્ટર** પણ કહેવામાં આવે છે. Si ધાતુ ઊંચા તાપમાને પણ મહત્તમ ઊર્જાનો વ્યય કરવાની ક્ષમતા ધરાવતી હોવાથી આ ઉપકરણ si માંથી બનાવવામાં આવે છે. આ ઉપકરણ એક રેક્ટિફાયર તરીકે વર્તે છે, પરંતુ તેમાં વહેતા પ્રવાહને નિયંત્રિત કરી શકાતો હોવાથી તેને સિલિકોન કંટ્રોલ રેટિફાયર અથવા ટૂંકમાં SCR કહેવામાં આવે છે.

રચના :

આકૃતિ (I) માં દર્શાવ્યા મુજબ SCR એ ચાર સ્તરવાળું PNPN ઉપકરણ



આકૃતિ (1)



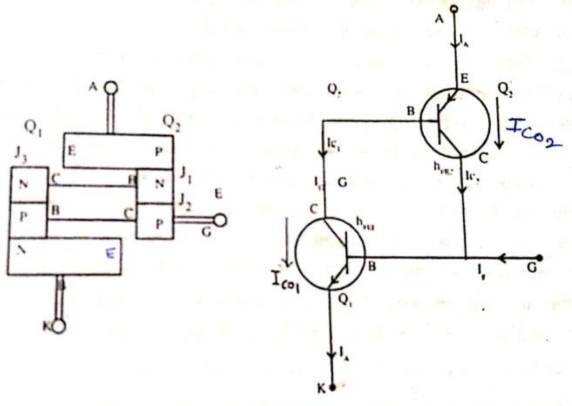
આકૃતિ (2)

CS Scanned with CamScanner

છે. આ ઉપકરણમાં J_1 , J_2 અને J_3 એમ ત્રણ PN જંક્શનો હોય છે. J_1 અને J_3 જંક્શનને ફોરવર્ડ બાયસ આપવામાં આવે છે જયારે J_2 જંક્શનને રિવર્સ બાયસ આપવામાં આવે છે. SCR ને ત્રણ ટર્મિનલ હોય છે એક એનોડ, બીજો કેથોડ અને ત્રીજો ગેઇટ. એનોડ અને કેથોડ એ મુખ્ય ટર્મિનલ છે. ગેઈટ એ નિયંત્રણ કરનાર ટર્મિનલ છે. કેથોડ ટર્મિનલ N વિભાગ સાથે જોડેલ હોય છે. તેનો થોડો ભાગ P વિભાગ પર સંપાત થાય છે. આ P વિભાગ સાથે ગેઇટનો ટર્મિનલ જોડવામાં આવે છે. આ પ્રકારના બંધારણને લીધે SCR માં સ્વીચીંગની ક્રિયા ઝડપી બને છે. SCR ની સંજ્ઞા આકૃતિ (2) માં દર્શાવી છે.

કાર્ય :

આકૃતિ(3)માં દર્શાવ્યા મુજબ SCRને NPN અનેPNP ટ્રાન્ઝીસ્ટરના જોડકા તરીકે દર્શાવી શકાય. આકૃતિ પરથી સ્પષ્ટ છે કે J_2 જંક્શન એ કલેક્ટર જંક્શન દર્શાવે છે જે બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટર માટે કૉમન છે. જ્યારે J_1 અને J_3 જંક્શનો અનુક્રમે PNP અનેNPN ટ્રાન્ઝીસ્ટરનાં એમીટર જંક્શનો દર્શાવે છે.



આકૃતિ (3)

CS Scanned with CamScanner

જયાં સુધી J_2 જંક્શન રિવર્સ બાયસ હોય છે ત્યાં સુધી SCR, એનોડ – કેથોડની વચ્ચે ખુલ્લા પરિપથની જેમ વર્તે છે, એટલે કે તેનો અવરોધ ઘણો મોટો હોય છે.

જ્યારે ગેઈટ ટર્મિનલ દ્વારા પ્રવાહ સ્પંદ (current pulse) દાખલ કરવામાં આવે છે ત્યારે J_2 જંક્શન ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે અને SCR એ Short circuit તરીકે વર્તે છે. એટલે કે તેનો અવરોધ ઘણો ઓછો થાય છે.

જયારે ગેઇટ પ્રવાહ I_G = 0 હોય તથા એનોડ પર ધન વોલ્ટેજ અને કેથોડ પર ઋણ વોલ્ટેજ આપેલ હોય ત્યારે બંને ટ્રાન્ઝિસ્ટરના એમીટર જંક્શન ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિમાં આવે છે. પરંતુ J_2 જંક્શન રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં હોવાથી બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટરમાંથી ફક્ત લીકેજ પ્રવાહ (I_{co1}અને I_{co2}) વહે છે. આથી SCR એ ઑફ સ્થિતિમાં રહે છે. જેમ જેમ એનોડ અને કેથોડ વચ્ચેના વોલ્ટેજ વધારીએ (ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ વધારીએ) અને આ ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ અમુક વોલ્ટેજ કરતાં વધે છે ત્યારે SCR , ઑન સ્થિતિમાં આવે છે અને SCR માંથી એકાએક પ્રવાહ વહે છે. આ વોલ્ટેજને ફોરવર્ડ બ્રેકઓવર વોલ્ટેજ V_{BO} કહેવામાં આવે છે. જુઓ આકૃતિ (4). ઑન સ્થિતિમાં વહેતા પ્રવાહને ફક્ત લગાડેલ વોલ્ટેજ અને SCRની શ્રેણીમાં મૂકેલા અવરોધથી સિમિત કરી શકાય છે. આકૃતિ (4)માં બ્રેકડાઉન પછીની લાક્ષણિકતા તૂટક રેખાથી દર્શાવી છે કારણ કે આ પ્રક્રિયા અસ્થિર અને ઝડપથી થાય છે. SCR ઑન થયા પછી તેની પરનો (એનોડ–કેથોડ પરનો) વોલ્ટેજ ઘટી જાય છે. આ વોલ્ટેજને holding voltage V_H કહેવામાં આવે છે.

ગેઇટ ટર્મિનલ પર ધન વોલ્ટેજ આપતાં Q_1 ટ્રાન્ઝીસ્ટરનો (NPN ટ્રાન્ઝીસ્ટરનો) બેઝ–એમિટર જંક્શન ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે અને તેમાંથી મોટા પ્રમાણમાં કલેક્ટર પ્રવાહ I_{C1} વહે છે. પરંતુ I_{C1}પ્રવાહ Q_2 ટ્રાન્ઝીસ્ટર માટે બેઝ પ્રવાહ બનતો હોવાથી તે છે, ટ્રાન્ઝીસ્ટરને ઑન કરે છે અને તેમાંથી પણ મોટા પ્રમાણમાં કલેક્ટર પ્રવાહ I_{c2} વહે છે. હવે I_{c2} પ્રવાહ Q_1 માટે બેઝ પ્રવાહ હોવાથી તે Q_1 ટ્રાન્ઝીસ્ટરને ઑન સ્થિતિમાં રાખે છે. આમ Q_2 ટ્રાન્ઝીસ્ટર Q_1 ને ઑન સ્થિતિમાં રાખે છે અને Q_1 ટ્રાન્ઝીસ્ટર Q_2 ને ઑનસ્થિતિમાં રાખે છે. આ પ્રક્રિયા સતત ચાલ્યા કરે છે. આથી બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટર સંતૃપ્ત સ્થિતિ (saturation state) માં રહે છે અને SCR એ ઑન સ્થિતિ (બ્રેકડાઉન સ્થિતિ) માં આવે છે. આ સ્થિતિમાં SCR માં એનોડથી કેથોડ તરફ પ્રવાહ વહે છે. ઑન સ્થિતિ પ્રાપ્ત થયા પછી SCR પરનો વોલ્ટેજ ઘટીને V_H જેટલો થઈ જાય છે. એક વખત SCR, ઑન થયા પછી ગેઈટ તેના પરનું નિયંત્રણ ગુમાવે છે એટલે કે I_G = 0 કરવા છતાં પણ SCR ને ઑફ સ્થિતિમાં પાછો લાવી શકાતો નથી. SCRને ઑફ સ્થિતિમાં બે રીતે લાવી શકાય.

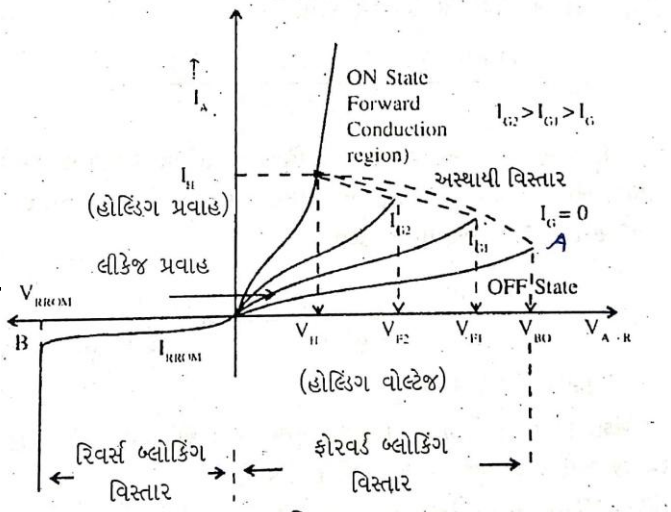
(i) એનોડ કેથોડ વચ્ચેના વોલ્ટેજ V_{AK} ને holding વોલ્ટેજ V_H કરતાં ઓછો કરવામાં આવે અથવા

(ii) SCR ના બહારના પરિપથમાં રહેલા અવરોધનું મૂલ્ય વધારી, SCR માંથી વહેતા પ્રવાહનું મૂલ્ય holding પ્રવાહ I_H કરતાં ઓછું કરવામાં આવે.

ગેઈટ પ્રવાહ I_G નું મૂલ્ય વધારવાથી ફોરવર્ડ બ્રેકઓવર વોલ્ટેજનું મૂલ્ય ઘટે છે.

લાક્ષણિકતા :

SCR ની વોલ્ટ-એમ્પિયર લાક્ષણિકતા આકૃતિ (4)માં દર્શાવી છે. જયારે એનોડ–કેથોડ વચ્ચે રિવર્સ વોલ્ટેજ આપવામાં આવે ત્યારે બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટરમાંથી ફક્ત લીકેજ પ્રવાહ વહે છે. (જુઓ આકૃતિમાં OB વિસ્તાર) આ રિવર્સ વોલ્ટેજ વધારતાં, કોઈ એક રિવર્સ વોલ્ટેજ આગળSCR બ્રેકડાઉન સ્થિતિમાં આવે છે. આ વોલ્ટેજ ને V_{RROM} (PRV) (Repetitive peak reverse voltage with open gate) અહી મળતી બ્રેકડાઉન સ્થિતિ એવલેન્ચ અસરને લીધે થાય છે.



આકૃતિ (4)

CS Scanned with CamScanner

જ્યારે I_G = 0 હોય અને SCR ને ફોરવર્ડ બાયસ વોલ્ટેજ છે V_{AK} લાગુ પાડતાં તેમાંથી ફક્ત લીકેજ પ્રવાહ પસાર થાય છે.(જુઓ OA વિસ્તાર) જયારે $V_{AK} = V_{Bo}$થાય છે ત્યારે SCR, ઑન થાય છે અને તેમાંથી પ્રવાહ I_A વહે છે. આથી SCR ના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજ ઘટીને holding voltage જેટલો થાય છે. V_{Bo} વોલ્ટેજને ફોરવર્ડ બ્રેક ઓવર વોલ્ટેજ (જયારે ગેઇટ ઓપન હોય ત્યારે) કહેવામાં આવે છે.

OA વિસ્તારને ફોરવર્ડ બ્લોકીંગ વિસ્તાર અને OB ને રિવર્સ બ્લોકીંગ વિસ્તાર કહે છે કારણ કે, આ વિસ્તારમાં SCR પ્રવાહને બ્લોક કરી રાખે છે. I_G ના ઊંચા મૂલ્ય માટે SCR માં બ્રેક ડાઉન સ્થિતિ ઝડપથી આવે છે. આકૃતિ (4) માં દર્શાવ્યા મુજબ I_{G1} , અને I_{G2} પ્રવાહ માટે, બ્રેકડાઉનવોલ્ટેજ અનુક્રમે V_{F1} અને V_{F2} મળે છે. અહીં $I_G < I_{G1} < I_{G2}$ છે અને $V_{BO} > V_{F1} > V_{F2}$ છે.)

SCR ને ઑન સ્થિતિમાં રાખવા માટે તેમાંથી લઘુત્તમ પ્રવાહ I_H પસાર કરવો જરૂરી છે જેને holding current કહેવામાં આવે છે. જો SCR માંથી વહેતો પ્રવાહ I_A, I_H કરતાં ઓછો થાય ત્યારે તે ઑફ સ્થિતિમાં આવે છે.

SCR ના કાર્યનું વિશ્લેષણ :

SCR નું કાર્ય સમજવા માટે આકૃતિ (3) ધ્યાનમાં લો. SCR નો એનોડ ટર્મિનલ કેથોડની સાપેક્ષ ધન હોય અને I_G = 0 હોય ત્યારે SCR માંથી વહેતો લીકેજ પ્રવાહ બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટરના લીકેજ પ્રવાહોના સરવાળા બરાબર હોય છે. એટલે કે

$$I_C = I_{CO1} + I_{CO2}$$

CE પરિપથ માટે, ટ્રાન્ઝીસ્ટરમાંથી વહેતો કલેક્ટર પ્રવાહ નીચે મુજબ આપી શકાય.

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CO}$$

$$= \beta(I_B + I_{co}) + I_{co}$$

$$I_C = h_{FE}(I_B + I_{co}) + I_{co} \quad \text{-----(1)}$$

Q_1 ટ્રાન્ઝીસ્ટર માટે બેઝ પ્રવાહ I_{C2} થાય છે અને Q_2 ટ્રાન્ઝીસ્ટર માટે બેઝ પ્રવાહ I_{C1} થાય છે. આથી બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટર માટેના કલેક્ટર પ્રવાહ સ.ક. (1) ના આધારે નીચે મુજબ લખી શકાય.

$$I_{C1} = h_{FE1}(I_{C2} + I_{co1}) + I_{co1} \quad \text{-----(2)}$$

$$I_{C2} = h_{FE2}(I_{C1} + I_{co2}) + I_{co2} \quad \text{-----(3)}$$

SCRમાંથી વહેતો એનોડ પ્રવાહ

$$I_A = I_{C1} + I_{C2}$$

સ.ક.(2),(3) અને (4) નો ઉપયોગ કરતાં,

$$I_A = \frac{(1+h_{FE\,1})(1+h_{FE\,2})(I_{co\,1}+I_{co\,2})}{1-h_{FE\,1}\times h_{FE\,2}} \quad \text{-----(5)}$$

SCR માં Q_1 અને Q_2 ટ્રાન્ઝીસ્ટરના બેઝ વિભાગ પહોળા રાખવામાં આવે છે. આથી જયારે $I_G = 0$ હોય ત્યારે બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટરના h_{FE} ના મૂલ્યો એક કરતાં ઘણાં નાનાં હોય છે. એટલે કે $h_{FE1} = h_{FE2} = 0^+$ સમી. (5) માં આ મૂલ્યો મૂકતાં,

$$I_A = (1+0^+)(1+0^+)(I_{co\,1} + I_{co\,2}) \;/ 1 - 0^+ \times 0^+$$

$$I_A = I_{C01} + I_{C02}$$

(અહીં 0^+ સંજ્ઞા દર્શાવે છે કે h_{FE} નાં મૂલ્યો શૂન્ય કરતાં થોડે ઘણે અંશે મોટા છે.) અહીં SCR એ ઑફ સ્થિતિમાં રહે છે અને તેનો અવરોધ ઘણો મોટો હોય છે.

જયારે ગેઇટ ટર્મિનલને ધન વોલ્ટેજ આપવામાં આવે ત્યારે કલેક્ટર પ્રવાહ I_C ઝડપથી વધે છે, પરિણામે બંને ટ્રાન્ઝીસ્ટરના h_{FE} લગભગ એક જેટલા થાય છે.

$$h_{FE1} = h_{FE2} = 1^-$$

(1^- સંજ્ઞા દર્શાવે છે કે h_{FE} નું મૂલ્ય એક કરતાં થોડું ઓછું છે)

સમી. (5) પરથી,

$$I_A = (1+1^-)(1+1^-)(I_{co\,1} + I_{co\,2}) \;/ 1 - 1^- \times 1^-$$

$$I_A = \infty$$

અહીં એનોડ પ્રવાહ અનંત થતો નથી પરંતુ મહત્તમ થાય છે. એટલે કે SCR ઑન સ્થિતિમાં આવે છે અને તેનો અવરોધ ઘણો ઓછો થાય છે.

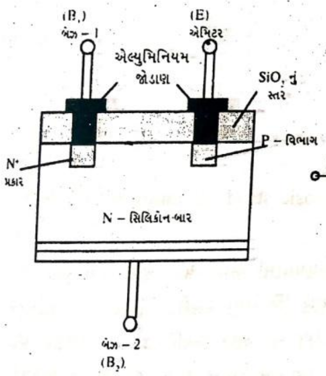
ઉપયોગ :

SCR નો બહોળો ઉપયોગ રેક્ટિફાયર પરિપથોમાં થાય છે. સાદા રેક્ટિફાયરમાં લોડને મળતી ઊર્જાને નિયંત્રિત કરી શકતી નથી. જયારે SCR દ્વારા લોડને મળતી ઉર્જા નિયંત્રિત કરી શકાય છે. SCR નો ઉપયોગ કરી અર્ધતરંગ, પૂર્ણ તરંગ અને બ્રિજ રેક્ટીફાયર જેવા પરિપથો તૈયાર કરી શકાય છે. આ પરિપથોનો ઉપયોગ ઔદ્યોગિક સાધનો બનાવવામાં થાય છે. આ ઉપરાંત SCR નો ઉપયોગ રીલે - કંટ્રોલ , હીટર કંટ્રોલ , ફેઝ કંટ્રોલ, Time - delay પરિપથ, રેગ્યુલેટેડ પાવર સપ્લાય, બેટરીચાર્જર, ડી.સી. મોટર, સ્પીડ કંટ્રોલ વગેરે જેવા પરિપથોમાં થાય છે.

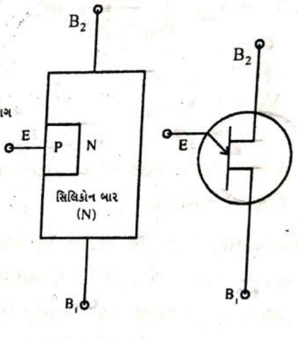
4. યુની-જંકશન ટ્રાન્ઝીસ્ટર (UJT) (Uni-Junction Transistor) :

આ પ્રકારના ટ્રાન્ઝીસ્ટરની રચના આકૃતિ (5) માં દર્શાવી છે. આ ટ્રાન્ઝીસ્ટરને ત્રણ ટર્મિનલો હોય છે. એમિટરબેઝ–1 અને બેઝ–2. પરંતુ તેમાં ફક્ત એક જ PN જંકશન હોય છે. આથી તેને યુની જંકશન ટ્રાન્ઝીસ્ટર (UJT) તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

ઓછી અશુદ્ધિઓ ઉમેરેલો એ પ્રકારનો સિલિકોન બાર બનાવવામાં આવે છે. અને તેના બંને છેડે જોડાણ માટે બે ટર્મિનલ બનાવવામાં આવે છે. આ બાર (bar) ને બેઇઝ કહેવામાં આવે છે અને તેના બંને જોડાણને બેઝ-1 અને બેઝ–2 કહેવામાં આવે છે.

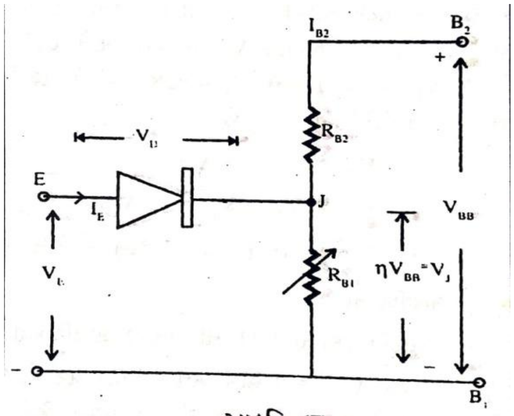


આકૃતિ (5)



આકૃતિ (6)

Scanned with CamScanner



આકૃતિ (7)

Scanned with CamScanner

બેઝની નજીક P પ્રકારનું અર્ધવાહક દ્રવ્ય વાપરી PN જંકશન બનાવવામાં આવે છે. આ PN જંકશન ટર્મિનલને એમિટર E કહેવામાં આવે છે. PN જંકશનનો P પ્રદેશ પ્રમાણમાં ઘણો નાનો હોય છે. N પ્રકારના બેઝમાં ઓછી અશુદ્ધિ ઉમેરેલી હોવાથી તેનો અવરોધ પ્રમાણમાં મોટો હોય છે. આકૃતિ (6) માં UJT ની સંજ્ઞા દર્શાવેલી છે. સંજ્ઞામાં દર્શાવેલ તીર, PN જંકશન જ્યારે ફોરવર્ડ બાયસ હોય ત્યારે તેમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા દર્શાવે છે.

કાર્ય :

UJT ના બેઝ -2 ટર્મિનલને બેઝ-1 ને અનુલક્ષીને ધન બનાવવામાં આવે છે. બેઝ-1 અને બેઝ-2 વચ્ચેનો અસરકારક અવરોધ R_{BB} છે જેને આંતર–બેઝ અવરોધ કહે છે. બેઝમાં અશુદ્ધિઓનું પ્રમાણ ઓછું હોવાથી તેનો અવરોધ ઘણો મોટો હોય છે.

આકૃતિ (7) માં દર્શાવેલા સમતુલ્ય પરિપથમાં આ અવરોધ, શ્રેણીમાંડેલા બે અવરોધ R_{B1}, ને ચલ અવરોધ તરીકે દર્શાવેલ છે, કારણ કે તેનો અવરોધ એમિટર પ્રવાહ સાથે બદલાતો હોય છે. I_E નું મૂલ્ય 0 થી 50 μA જેટલું બદલાય ત્યારે R_{B1} નો અવરોધ 5 KΩ થી ઘટીને 50 Ω જેટલો થાય છે. જ્યારે $I_E = 0$ હોય ત્યારે આંતરબેઝ R_{BB} નું મૂલ્ય લગભગ 4 K Ω થી 10 K Ω વચ્ચે હોય છે.

બેઝ-1 અને બેઝ-2 ની વચ્ચે V_{BB} વોલ્ટેજલગાડતાં, R_{B1}, અવરોધ પર મળતો વોલ્ટેજ,

$$V_J = V_{BB}\frac{R_{B1}}{R_{B1}+R_{B2}}$$

$$V_J = \eta V_{BB} \qquad \text{જયાં } \eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1}+R_{B2}}$$

અહીં η ને આંતર સ્ટેન્ડ ઑફ ગુણોત્તર (intrinsic stand off ratio) કહેવામાં આવે છે, જેનું મૂલ્ય લગભગ 0.5 થી 0.8 ની વચ્ચે હોય છે.

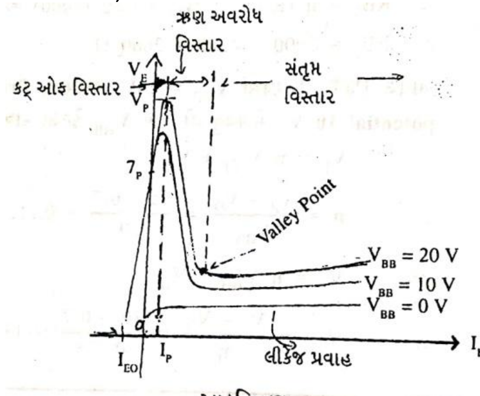
હવે જયારે એમિટર E ને ધન વોલ્ટેજ V_E આપવામાં આવે ત્યારે જયાં સુધી આ વોલ્ટેજ, V_J કરતાં ઓછો હશે ત્યાં સુધી એમિટર ડાયોડ D રિવર્સ બાયસ સ્થિતિમાં રહેશે. આથી કોઇ એમિટર પ્રવાહ (બહુ જ ઓછો લીકેજ પ્રવાહ I_{EO}) વહેતો નથી. આને UJT ની ઑફ સ્થિતિ કહે છે. જયારે $V_E > V_J$, થાય ત્યારે ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે અને એમિટર પ્રવાહનું વહન થાય છે. ડાયોડ ફોરવર્ડ બાયસ થતાં, એમિટરમાંથી બેઝ-1 તરફ હોલ ગતિ કરે છે અને બેઝ-1 પ્રદેશમાંથી એમિટર તરફ ઇલેક્ટ્રોન ગતિ કરે છે. આમ એમિટર બેઝ-1 વચ્ચે થતી વાહકોની ગતિને લીધે R_{B1} અવરોધનું મૂલ્ય ઘટે છે. એમિટર વોલ્ટેજના આ મૂલ્યને peak voltage V_P કહે છે, આને UJTની ઑન સ્થિતિ કહે છે. વાસ્તવમાં જયારે એમિટર વોલ્ટેજ $V_E(\approx V_P)$ અને V_J વોલ્ટેજ વચ્ચેનો તફાવત ડાયોડના કટ્ઇન વોલ્ટેજ V_J જેટલો થાય ત્યારે UJT, ઑન સ્થિતિમાં આવે છે.

$$V_p - V_J = V_D$$

$$V_p = V_J + V_D = \eta V_{BB} + V_D.$$

અહી V_p ને firing voltage પણ કહેવામાં આવે છે.

લાક્ષણિકતા :



આકૃતિ (8)

Scanned with CamScanner

આકૃતિ(8) માં UJT ની ઇનપુટ લાક્ષણિકતા (એમિટર લાક્ષણિકતા) દર્શાવી છે.

જયારે V_{BB}= 0 હોય અને એમિટર પર વોલ્ટેજ V_{EB1} આપતાં, ડાયોડ D ફોરવર્ડ બાયસ થાય છે પરિણામે મળતી લાક્ષણિકતા PN જંકશન ડાયોડ જેવી જ હોય છે. લાક્ષણિકતા PN જંકશન ડાયોડ જેવી જ હોય છે.

જયારે V_{BB} = 10 V હોય અને $V_{EB1} < V_p$ હોય ત્યારે બેઝ-2 થી એમિટર વિસ્તાર તરફ લીકેજ પ્રવાહ I_{CO} વહે છે. તે ટ્રાન્ઝીસ્ટરમાં વહેતા લીકેજ પ્રવાહ I_{CO} જેવો જ હોય છે અને વિસ્તાર તેનું મૂલ્ય માઈક્રોએમ્પિયરના ક્રમનું હોય છે. લાક્ષણિક આલેખના આ વિસ્તારને કટ્ઓફ વિસ્તાર કહે છે. V_{EB1} નું મૂલ્ય વધારતાં લીકેજ પ્રવાહ I_{EO} નું મૂલ્ય ઘટે છે. આલેખમાં દર્શાવ્યા મુજબ V_{EB1} = 7 V આગળ લીકેજ પ્રવાહ શૂન્ય થઈ જાય છે અને ત્યારબાદ UJT માં એમિટર પ્રવાહ I_E લીકેજ પ્રવાહ કરતાં વિરુદ્ધ દિશામાં વહે છે. જ્યારે $V_{EB1} = V_P$ થાય છે ત્યારે એમિટર પ્રવાહ I_E માં એકાએક વધારો થાય છે અને એમિટર વોલ્ટેજ V_E માં ઘટાડો થાય છે. લાક્ષણિક આલેખના આ વિસ્તારને ઋણ અવરોધ (negative resistance) વિસ્તાર કહેવામાં આવે છે. UJT ની આ સ્થિતિ અસ્થાયી હોય છે. V_{EB1} (= V_P) ના આ મૂલ્યને firing potential અથવા peake voltage કહેવામાં આવે છે. V_P નું મૂલ્ય, UJT ના આંતર સ્ટેન્ડ ઑફ ગુણોત્તર η પર આધારિત હોય છે. જયારે એમિટર વોલ્ટેજ, ગર્તબિંદુ(Valley point) સુધી પહોંચે છે અને ત્યારબાદ તેમાં વધારો કરતાં, એમિટર I_E પ્રવાહ વધે છે. લાક્ષણિક આલેખના આ વિસ્તારને સંતૃપ્ત વિસ્તાર કહે છે.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ V_{BB} નું મૂલ્ય વધારવાથી firing potential V_P નું મૂલ્ય વધે છે.

ઉપયોગ :

UJT માં ઋણ અવરોધવાળો વિસ્તાર મળતો હોવાથી તેનો ઉપયોગ રિલેક્સેશન ઑસીલેટર (Relaxation oscilator) તરીકે થાય છે. જેનાથી દાંતા (Sawtooth) આકારનાં તરંગો ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. UJT નો ઉપયોગ SCR ને trigger કરવા (એટલે કે SCR ને ઑન સ્થિતિમાં લાવવા) માટે વ્યાપક પ્રમાણમાં થાય છે. UJT ની મદદથી ફેઝ કંટ્રોલ તેમજ ટાઇમર પરિપથો પણ તૈયાર કરી શકાય છે.

ઉદાહરણો

1. આપેલા UIT નો આંતરબેઝ અવરોધ 7 KΩ છે અને તેનો આંતર સ્ટેન્ડ ઓફ ગુણોત્તર 0.62 છે. તેના અવરોધો R_{B1}, અને R_{B2} ની ગણતરી કરો.

   $\eta = 0.62$; $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2} = 7\ K\Omega$

   હવે, $\eta = \frac{R_{B1}}{R_{B1} + R_{B2}}$

   $R_{B1} = \eta(R_{B1} + R_{B2}) = 0.62\ (7000) = 4340\ \Omega$

2. આપેલ UJT પરિપથમાં $V_{BB} = 20$ V આપતાં, firing potential 15 V મળે છે. જો firing potential 10 V મેળવવું હોય તો જે V_{BB} કેટલો રાખવો પડે? અહીં $V_O = 0.7$ V લો.

   $V_p = \eta V_{BB} + V_D$

   $\eta = \frac{V_p - V_D}{V_{BB}} = \frac{15-0.7}{20} = 0.715$

   હવે, $V_p = \eta V_{BB} + V_D$

   $V_{BB} = \frac{V_p - V_D}{\eta} = \frac{10 - 0.7}{0.715} = 13$ V

સ્વાધ્યાય

1. સિલિકોન કંટ્રોલ રેક્ટિફાયર (SCR) અર્ધવાહક રચનાનું કાર્ય અને રચના સમજાવો.
2. SCR ની લાક્ષણિકતાઓ દોરીનેસમજાવો, અને તેના ઉપયોગ લખો.
3. યુનિ-જંકશન ટ્રાન્ઝીસ્ટર (UJT) ની રચના અને કાર્ય પદ્ધતિ વર્ણવો. તેની લાક્ષણિકતાઓ દોરો. તેના ઉપયોગ લખો.
4. ટનેલ ડાયોડની લાક્ષણિકતાઓ આલેખ દોરીને સમજાવો.
5. ટનેલ ડાયોડમાં ટનેલિંગની પ્રક્રિયા કેવી રીતે થાય છે તે સમજાવો. તેના ઉપયોગ લખો.