E-Content

Instructional Media Centre
Maulana Azad National Urdu University
Gachibowli, Hyderabad - 32
T.S. India

Subject / Course – Physics

Paper : Electronics

Module Name/Title : PN Junction Diode and Zener Diode

DEVELOPMENT TEAM	
CONTENT	Dr. M.K. Moinuddin
PRESENTATION	Dr. M.K. Moinuddin
PRODUCER	Rafiq-ur-Rahaman

IMC MANUU
Instructional Media Centre
Maulana Azad National Urdu University
Gachibowli, Hyderabad - 32
T.S. India
//imcmanuu

اکائی 2 پی ین جنکشن ڈائی ووڈ اور ٹرانزسٹر

The PN Junction : Diodes and Transistors

ساخت

2.1 مقاصد

2.2 تمہید

2.3 پی۔ین جنکشن

2.4 ڈائی ووڈ معہ میلان (Bias)

2.5 ایک جنکشن ڈائی ووڈ کی خصوصیات

2.6 نقاطی تماس والا ڈائی ووڈ

2.7 ذینر ڈائی ووڈ

2.8 دو قطبی بائی پولار (Bipolar) جنکشن ٹرانسسٹر

2.9 بائی پولار جنکشن ٹرانزسٹر برقی رو۔

2.10 خلاصہ

2.11 نمونہ امتحانی سوالات

2.1 مقاصد

یہ اکائی پی ین جنکشن کی خصوصیات ، مختلف قسم کے ٹرانزسٹر کے طرز عمل اور دو قطبی جنکشن ٹرانسسٹر کی کارکردگی کو سمجھاتی ہے ۔

اس اکائی کو مکمل کرلینے کے بعد آپ اس قابل ہو جائیں گے کہ ۔

1 اصطلاحات ڈپلیشن پرت (depletion layer) اور تماسی قوت کو سمجھا سکیں۔

2 ڈائی ووڈ میلانیت کا طرز عمل اور بریک ڈاون کی مختلف قسم کی میکانیت (mechanism) کو سمجھا سکیں۔

3 زینر ڈائی ووڈ کے طرز عمل کو سمجھا سکیں۔

2.2 تمہید

مختلف اقسام کے آلات کی بناوٹ میں پی۔ین جنکشن، ایک سنگ بنیاد کی حیثیت رکھتا ہے۔ نیم موصل ڈائی ووڈ سے متعارف ہونے کے ساتھ ہی ہم نیم موصل سے بنے ہوئے آلات کے مطالعہ کا آغاز کرتے ہیں۔ گر کوئی نیم موصل کی بنیادی طبعیات سمجھ سکے تو اس کے لیے ان آلات کے خواص اور ان کے طرز عمل کے بارے میں پیشن گوئی کرنا آسان ہوجاتا ہے۔ برقی ادوار میں ڈائی ووڈ کے مختلف اور متعدد دلچسپ اطلاقات ہیں۔ برقی ادوار جیسے پاور سپلائی، الکٹرانک ہم آہنگی (electronic tuning)، وولٹیج کی باقاعدگی اور وولٹیج کی حفاظت وغیرہ ہیں اس کے استعمال کی وجہ سے پہلے اس کے بارے میں معلومات حاصل کرنا چاہئیے۔ لفظوں ٹرانسفر Transfer انتقال اور مزاحم (resistor) کے ملاپ سے اصطلاح ٹرانزسسٹر بنائی گئی ہے اور ٹرانزسٹر نیم موصلوں پر مبنی دیگر آلات کی حیرت انگیز ترقی نے نت نئے اطلاقات بالخصوص الکٹرانک دوریت Circuitry میں ان کے استعمال کی راہیں کھول دیں۔

2.3 پی۔ین جنکشن

ڈپلیشن منطقہ اور تماس کی وجہ سے قوہ (خالی خولی منطقہ تماسی قوہ)

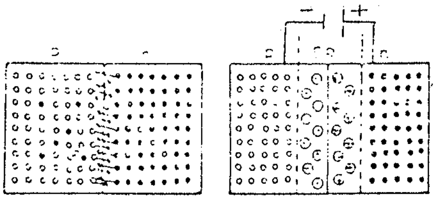
جنکشن بنانے کی غرض سے جب پی۔ین ٹائپ اور ین ٹائپ نیم موصلوں کو باہم ایک دوسرے کے قریب لایا جاتا ہے تو ہمیں ایک نیم موصلوں پر مبنی ایک انتہائی اہم آلہ حاصل ہوتا ہے جس کو ڈائی ووڈ کہا جاتا ہے ہم آگے چل کر یہ دیکھیں گے کہ، پی ین جنکشن، نیم موصلوں سے بنائے گئے مختلف النوع آلات کا ایک ضروری تعمیری جز ہے۔

تشکیل شدہ جنکشن کی ایک جانب (ین کی جانب) الکٹران کی بہتات ہوتی ہے دوسری جانب (پی کی جانب) سوراخوں (holes) کی کثرت ہوتی ہے ین جانب کے الکٹران جنکشن کے اس پار پی p کی جانب نفوذ کرتے ہیں تو پی (P) جانب کے سوراخ جنکشن کے اس پار ین کی جانب نفوذ کرتے ہیں جیسا کہ شکل (2.1) (a) میں بتلایا گیا ہے انھیں تماس میں لائے جانے سے قبل دونوں جانبین برقی طور پر تعدیلی حالت میں رہتے ہیں۔ نفوذ کے نتیجے کے طور پر ین جانب ایک خالص مثبت بار رونما ہوتا ہے اور پی کی جانب ایک خالص منفی بار رونما ہوتا ہے درحقیقت یہ فرق اس وجہ سے ہوتا

INSTRUCTIONAL MEDIA CENTRE MANUU IMC LIBRARY Hyderabad-34.

ہے کہ ین کی جانب کا مادہ الکٹران کھوتا) ہے اور سوراخوں کو حاصل کرتا ہے جب کہ پی کی جانب میں سوراخوں کا نقصان اور الکٹرانک کی افزائش ہوتی ہے ۔ اس کے باوجود ڈائی ووڈ سالمہ برقی طور پر تعدیل رہتا ہے ۔ ڈائی ووڈ جوں کہ تعدیلی بھی ہے ، اس لیے ین کی جانب کا خالص مثبت بار ، پی کی جانب کے خالص منفی بار اور ین کی جانب کا مثبت بار حرکت کرنے کے لئے آزاد نہیں ہوتے ۔ یہ مقیم ہوتے ہیں کیوں کہ کرسٹل کے روانوں کی وجہ سے یہ وجود میں آتے ہیں ۔ ین جانب کو خالص منفی بار اُن معطی مرکزاوں (donor nuclei) سے حاصل ہوتا ہے جو پانچواں الکٹران کھوچکے ہوتے ہیں ۔

جنکشن کے آر پار حاملین بار کے نفوذ کا یہ عمل اس وقت تک جاری رہتا ہے جب تک کہ توازن قائم نہ ہوجائے ، جب ایک بار توازن قائم ہوجاتا ہے تو حاملان بار میں اتنی زائد توانائی نہیں ہوتی کہ یہ بار کی اس جدید تقسیم کی وجہ سے جنکشن پر قائم ہونے برقی میلان پر غالب آسکیں ۔ شکل 2.1 (b) میں اُسی موقف کو دکھایا گیا ہے ین جانب کے مثبت طور پر برقائے مطعی رواں سوراخوں کو دفع کرتے ہیں ، جب کہ پی ۔ جانب کے منفی برقائے ہوئے قبول کنندہ (acceptor) الکٹران کو دفع کرتے ہیں جنکشن کے ہر دو جانب کا علاقہ جہاں مقیم بار ظاہر ہوتے ہیں ، ڈپلیشن منطقہ کہلاتا ہے ۔ اس علاقے کو اس طرح کا نام دینے کی وجہ سے یہ ہے کہ یہ منطقہ متحرک حاملین بار سے خالی رہتا ہے یہ علاقہ اسپیس چارج (space_charge) منطقہ بھی کہلاتا ہے ۔



شکل 2.1 ڈپلیشن پرت کی تشکیل (a) حاملان کا نفوذ (b) توازن کی حالت

DR = ڈپلیشن منطقہ

P = پی جانب

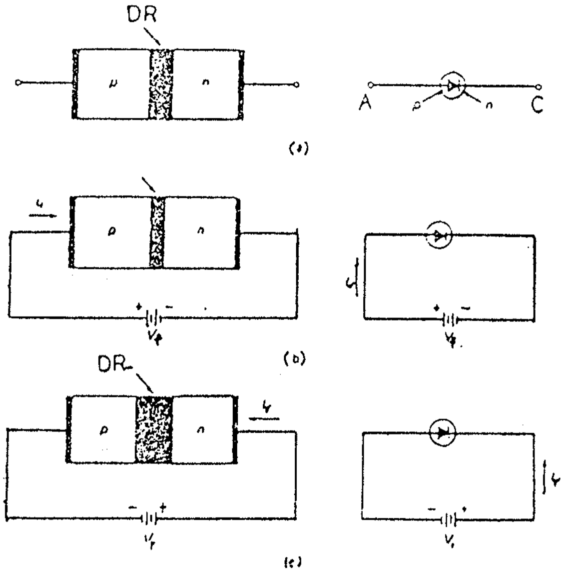
N = ین جانب

Vo = تماسی قوہ یا تماس کی وجہ سے قوہ

ڈپلیشن پرت کی چوڑائی کے ساتھ عمل پیرا برقی میدان ، پی اور ین منطقوں کے درمیان ایک تفاوت قوہ کا موجب ہوتا ہے قوہ کے اس تفاوت کو عموماً قوہ بوجہ تماس (contact potential) کہا جاتا ہے قوہ بوجہ تماس کا انحصار نہ صرف ین اور پی منطقوں میں ڈوپنگ (ملاوٹ) کے ارتکاز پر ہوتا ہے بلکہ مستعملہ نیم موصل کے مادے کی قسم (جرمینیم یا سلیکان) پر بھی اس کا دارومدار ہے ۔

2.4 ڈائی ووڈ معہ میلان Diode with bias

ایک ڈائی ووڈ کو اس کی توانائی حالت ، جب کہ اس پر کوئی بیرونی وولٹیج عاید نہیں کیا گیا ہے ، شکل 2.2 (a) میں اس کے برقی دور کے نمونے کے بتلایا گیا ہے ۔ جب اس پر کوئی بیرونی میدان عائد کیا جاتا ہے تو کہا جاتا ہے کہ ڈائی ووڈ میلان کی حالت (biased) میں ہے ۔ اب ڈائی ووڈ کی ایسی حالت پر ہم غور کریں گے ، اگر بیاٹری کے مثبت برقیرے کو پی ٹائپ (جس کو اینوڈ کہا جاتا ہے) سے اور منفی برقیرے کو ین ۔ ٹائپ سے (جس کو کیتھوڈ کہا جاتا ہے) جوڑ دیا ۔



DR = Depletion Region;
A = Anode; C = Cathode
V_f = Forward voltage;
I_f = firward cyrrebt;
V_r = Reverse voltage;
I_r = Reverse current

شکل 2.2 (a) بغیر کسی میلان کے (a) پیش میلان (b) معکوس میلان

DR = ڈپلیشن منطقہ

A = اینوڈ C = کیتھوڈ Vf = پیش وولٹیج

If = پیش کرنٹ Vv = معکوس وولٹیج Ir = معکوس کرنٹ

جاے تو دور سے کافی طاقتور رو بہتی ہے ۔ اس حالت میں کہا جاتا ہے کہ ڈائی ووڈ پیش میلان میں ہے (جیسا کہ شکل 2.2 (b) میں بتلایا گیا ہے) اور کرنٹ بھی پیش کرنٹ کہلاتا ہے۔ ۔ اگر بیاٹری کی قطبتیوں کو سکوس کردیں یعنی منفی برقیرے کو پی۔ٹائپ اور مثبت برقیرے کو ین ۔ ٹائپ سے جوڑ دیا جائے تو ایک کمزور رو بہتی ہوئی نظر آے گی ۔ اس رو کو معکوس کرنٹ کہا جاتا ہے اور ڈائی ووڈ کے بارے میں کہا جاتا ہے کہ یہ معکوس میلان کے تحت ہے ۔ جیسا کہ شکل 2.2 (c) میں دکھایا گیا ہے ۔۔

جب ڈائی ووڈ فارورڈ میلان میں ہوتا ہے تو بیرونی عائد کردہ وولٹیج ،تماس وولٹیج کی مخالفت کرتا ہے اور اس کی وجہ سے جنکشن پر ڈپلیشن پرت کی دبازت میں کمی ہو جاتی ہے ۔ طبعی نقطہ نظر سے ،الکٹران کیتھوڈ برقیرے کے ذریعہ ین۔ٹائپ میں داخل ہوتے ہیں اور بطور ملین بار کے ین ۔ٹائپ سے، یہ جنکشن کی طرف (drift) سرک جاتے ہیں ۔ فارورڈ بیاس کی وجہ سے جنکشن پر چونکہ قوہ کی باڑھ (potential barrier) گھٹ جاتی ہے اس لئے الکٹران جنکشن کو عبور کر جاتے ہیں اور بطور اقلیتی حاملین بار کے پی ۔ جانب میں اینوڈ برقیرے کی طرف نفوذ کرتے ہیں ۔ اسی وقت اینوڈ برقیرے میں الکٹران کے آزاد ہو جانے سے جو سوراخ پیدا ہو جاتے ہیں، وہ پی ۔ ٹائپ سے سرکتے ہوئے جنکشن کو عبور کر جاتے ہیں اور بطور اقلیتی حاملین برقی بار کے ین ۔ ٹائپ میں کیتھوڈ برقیرے کی طرف نفوذ کرتے ہیں شکل 2.2 (b) میں الکٹران کی حرکت بائیں سے دایں جانب اور سوراخوں کی حرکت دائیں سے بائیں جانب ہوتی ہے لیکن ہمیں یہ یاد رہنا چاہیے کہ الکٹران اور سوراخ مخالف نوعیت کے بار کے حامل ہوتے ہیں ۔

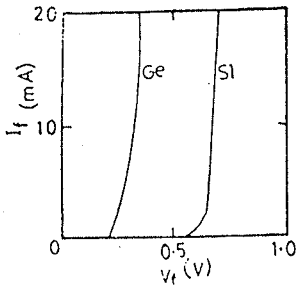
لہذا مخالف سمتوں میں ان کی حرکت، روایتی رووں کے جمع کیے جانے کا موجب بن جاتی ہے ۔ رو کا خالص بہاؤ سوراخوں کی رو (hole current) کی سمت میں ہوتا ہے ۔ ڈائی ووڈ کے پیش میلان کی حالت میں حاصل ہونے والی اونچی رو ،اکثریتی حاملین بار کی حرکت کا نتیجہ ہے تعریف کی رو سے بھی تعداد میں یہ کثیر ہوتے ہیں اس طرح یہ حاملین ایک اونچی رو کو پیدا کرتے ہیں ۔ ڈائی ووڈ کی فارورڈ بیاسنگ کے نتیجے کے طور پر ڈپلیشن منطقہ ،خصوصیت کے ساتھ تنگ ہو جاتا ہے جیسا کہ شکل 2.2 (b) میں ظاہر کیا گیا ہے ۔

ڈائی ووڈ جب معکوس میلان کے ساتھ رہتا ہے تو عائد کردہ بیرونی وولٹیج کی سمت وہی ہوتی ہے جو کہ قوت تماس (contact potential) کی ہے اسی صورت میں ڈپلیشن منطقے میں قوۃ کی باڑھ (potential barrier) میں اضافہ ہو جاتا ہے اس کی بدولت ڈپلیشن پرت کی چوڑائی بڑھ جاتی ہے شکل 2.2 (c) بیرونی وولٹیج کی وجہ سے ،ین منطقے کے سوراخوں اور پی منطقے کے الکٹران میں جنکشن کی سمت میں حرکت پیدا ہوتی ہے ۔ تاہم یہ حاملین بھرن لازمی طور پر اقلیتی حاملین بار ہیں (ان کی تعداد کم ہوتی ہے) اس لیے حاصل ہونے والی رو کمزور ہو جاتی ہے ۔

شکل A to C میں تیروں کی سمت ،روایتی رو (conventional current) کی سمت(یعنی مثبت سے منفی کی جانب)کو ظاہر کرتی ہے ۔

2.5 یک جنکشن ڈائی ووڈ کی خصوصیات

شکل (2.3) جرمنیم اور سلیکان ڈائی ووڈس امتیازی فارورڈ خصوصیات کو دکھایا گیا ہے ۔

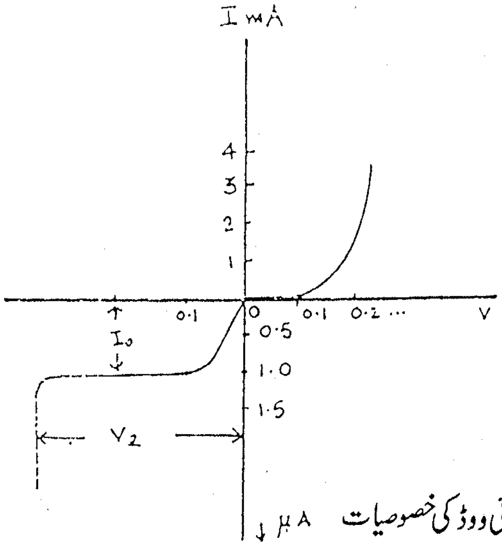


شکل (2.3) جرمنیم اور سلیکان ڈائی ووڈس کی خصوصیات کا تقابل

Vf = فارورڈ وولٹیج (پیش وولٹیج)

If = فارورڈ رو (پیش رو)

شکل 2.4 میں پیش میلان اور معکوس میلان کے لیے کسی بھی ڈائی ووڈ کی وولٹیج کرنٹ خصوصیات (سہولتا VI خصوصیات کو بتلایا گیا) ہے



V شکل

شکل(2.4) ایک خاص قسم کی ڈائی ووڈ کی خصوصیات

فارورڈ سمت میں ایک خفیف سے وولٹیج سے نمایاں رَو یعنی کرنٹ حاصل ہوتا جب کہ معکوس سمت میں ایک خاص وولٹیج کے پہو نچنے تک رو یعنی کرنٹ بہت ہی کم رہتا ہے خصوصی منحنی پر اس وولٹیج کو VB سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس کو عموماً بریک ڈاؤن وولٹیج (Break down voltage) کہا جاتا ہے VB سے زاید مثبت وولٹیجس کے لئے ذیل کی مساوات سے ڈائی ووڈ خصوصیات حاصل ہوتی ہیں اس مساوات کو ڈائی ووڈ مساوات کہا جاتا ہے۔

$$I = I_0 \left(\exp \frac{qV}{kT} - 1\right) = I_0 \left[\exp (V/V_t) - 1\right] \qquad \dots (2.1)$$

جہاں عائد کردہ بیرونی وولٹیج V سے حاصل ہونے والا ڈائی ووڈ کرنٹ I ہے اور Io ایک مستقل ہے $V_t = \frac{kT}{q}$ تپش کا وولٹیج معادل ہے اس کی قیمت کمرہ کی تپش پر 0.025v ہوتی ہے) مختلف ڈائی ووڈس کے لئے معکوس سیر شدہ کرنٹ مختلف ہوتا ہے۔ کمرہ کی تپش پر Io کی قیمت کا تعین کرنے والے اجزا ہیں (a) مادے کی قسم (جرمینیم ہے یا سلیکان) (b) ین اور پی منطقوں میں ڈوپنگ کا لیول حد (load) (c) جنکشن کی جیومیٹری وغیرہ۔

نیم موصل جرمینیم اور سلیکان سے بنائے ہوئے ڈائی ووڈس میں حاملین بھرن کی حرکت پذیری اور توانائی کے وقفوں میں فرق ہونے کی وجہ سے ان کی معکوس سیر شد کرنٹ میں اختلاف پایا جاتا ہے۔ عام طور پر جرمینیم ڈائی ووڈس میں معکوس سیر شدہ کرنٹ کا رتبہ، مائکرو ایمپیر کے رینج (Range) (10^{-6} ایمپیرس) میں ہوتا ہے جب کہ سلیکان ڈائی ووڈس میں یہی رو نیا نوایمپیرس (10^{-9} ایمپیرس) کے رینج کا رتبہ رکھتی ہے معکوس سیر شدہ رو کی تعداد میں تپش بہت ہی اہم حصہ ادا کرتی ہے جیسے جیسے تپش میں اضافہ ہوتا ہے ہم گرفتہ بندشوں کی ایک بڑی تعداد ٹوٹتی ہے اور ایصال کے لئے حاملین بار کی ایک بڑی تعداد ہمدست ہوتی ہے۔ لہذا ان سے بنے ہوئے آلات کی ایک بڑی تعداد تپشوں کے لئے بہت حساس ہوتی ہے۔

معکوس میلان کی حالت میں جوں جوں وولٹیج میں اضافہ ہوتا ہے ڈائی ووڈ کرنٹ میں سیر شدگی بہت تیزی کے ساتھ آ جاتی ہے۔ تا ہم معکوس سمت میں وولٹیج کو لا متناہی حد تک نہیں بڑھایا جاسکتا۔ کسی فاصل وولٹیج Vb پر اس کی خفیف سے تبدیلیوں سے ڈائی ووڈ کرنٹ میں بڑی بڑی تبدیلیاں واقع ہوتی ہیں جیسا کہ اس سے قبل ذکر کیا جاچکا ہے۔ (دیکھیے شکل 2.4) وولٹیج Vb جس پر ایسا واقع ہوتا ہے، بریک ڈاون وولٹیج (Break down voltage) کہا جاتا ہے۔ معکوس کرنٹ کے تحت اضافے کو سمجھانے کے دو طریقے ہیں پہلا طریقہ زینر بریک ڈاؤن (Zener Break down) کہلاتا ہے اور دوسرا اَوالانچ بریک ڈاون (Avalanche Break down) کہلاتا ہے۔

زینر بریک ڈاؤن Zener breakdown

جب عائد کردہ معکوس وولٹیج، ڈپلیشن پرت میں ایک برقی میلان قائم کرتا ہے تو یہ (breakdown) وقوع میں آتا ہے یہ میلان ہم گرفتی بندشوں کو توڑنے کے لئے کافی ہے۔ ہم گرفتی بندشوں اس طرح کی رخنہ اندازی سے اقلیتی حاملین بار کی ایک بڑی تعداد پیدا ہوتی ہے یہ تعداد، اس سے کہیں زیادہ ہوتی ہے جو معکوس سیر شدہ رو قائم کر چکی تھی۔ اقلیتی حاملین بار کی اس بڑی تعداد کی وجہ سے ہم دیکھتے ہیں کہ معکوس کرنٹ میں یک لخت اضافہ عمل میں آتا ہے۔

اوالانچ بریک ڈاؤن Avalanche Breakdown

بریک ڈاؤن کے اس طریقے میں ڈپلیشن پرت میں موجودہ مقیم روانوں سے ضروری طور پر پیدا شدہ حاملان بھرن مقصادم ہو جاتے ہیں۔ ان تیز رفتار حاملان بھرن کی ٹکراؤ کی وجہ سے ہم گرفتی ابندشیں ٹوٹتی جاتی ہیں۔ اس طرح یہ تصادم مزید حاملین بھرن کے آزاد ہونے کا باعث بن جاتے ہیں۔ یہ حاملین بھرن ڈپلیشن منطقے میں موجود طاقتور برقی میلان کی وجہ سے شروع ہو کر بھرن کے مزید حاملین کو ٹکراؤ کے ذریعہ آزاد کراتے ہیں۔ یہ مجموعی اثر تند اور کثیر آلا افزائش میکانیات (Avalanche mechanism) کہلاتا ہے۔ برقی بار کے حاملوں کی یہ بے ہنگم افزائش معکوس کرنٹ میں ایک بے قاعدہ اضافے کا موجب ہوتی ہے۔

تقریباً ایک وولٹ تا چند سو وولٹس کا معکوس بریک ڈاؤن وولٹیج (reverse breakdown voltage) بتلانے والے ڈائیووڈس تجارتی اغراض کے لیے مل سکتے ہیں۔ زمیز ترکیب کی مدد سے سمجھائے جانے والی ڈائی ووڈس ایسے ہوئے ہیں جن کا بریک ڈاؤن وولٹیج 5v وولٹ سے کم ہوتا ہے جبکہ تند اور کثیر الافزائش میکانیت کے ذریعہ سمجھائے جانے والے ڈائی ووڈس کا بریک ڈاؤن وولٹیجس 8v وولٹ سے اونچا رہتا ہے۔

2.6 نقاطی تماس والا ڈائی ووڈ The Point Contact Diode

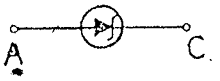
نقاطی والا ڈائی ووڈ راست گیر دھات نیم موصل (metal_to_semiconductor) جنکشن ڈائی ووڈ ہوتا ہے۔ متعدد دھاتوں بشمول سونا، ٹنگسٹن، مال بڈینم، کرومیم، نکل، ٹائی ٹینیم، اور ایلومینیم کو سلیکان کے پی ٹائپ یا این ٹائپ کے ساتھ جوڑ دیا جاتا ہے، سوراخوں کے مقابلے میں الکٹران کی حرکت پذیری چوں کہ زیادہ ہوتی ہے اس لیے عموماً این۔ ٹائپ سلیکان کو اکثر بطور نیم موصل کے استعمال کیا جاتا ہے کیوں کہ اونچے تعددوں پر اس کی عمدہ کارکردگی کا تیقن رہتا ہے۔ ۔ ان ڈائی ووڈس میں رو کا بہاؤ۔ روایتی پی این جنکشن ڈائی ووڈ سے مختلف رہتا ہے اول

الذکر اقلیتی حاملان بھرن (ین ٹائپ نیم موصل میں سوراخ) اس عمل کے حصے دار نہیں ہوتے اس میں بھرن کے ذخیرہ سے مرتب ہونے والے اثرات کو غائب کرنے کی صلاحیت ہوتی ہے یہ اس قابل ہوتا ہے کہ رو کے سلسلے کو 0.1 نیا نو سکنڈ (10^{-9} سکنڈ) سے کم وقت میں توڑ اور جوڑ سکے اسی وجہ سے نقطوی تماس والے ڈائی ووڈس کو مائیکرویو موجی تعددوں (microwave frequencies) پر استعمال کیا جاسکتا ہے ۔

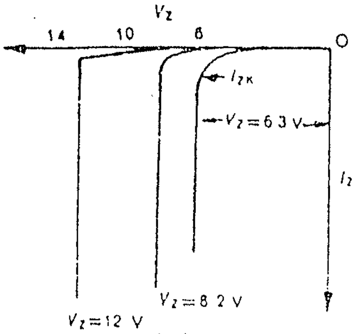
2.7 زینر ڈائی ووڈ The Zener Diode

اگر ایک پی ۔ ین جنکشن کو معکوس میلان میں رکھیں تو اکثریتی حاملین بھرن یعنی پی منطقے میں سوراخ اور ین منطقے میں الکٹران) جنکشن کے منطقے سے پرے حرکت کرتے ہیں (دیکھیے سکشن 2.2) ڈپلیشن برت دبیز ہو جاتی ہے ۔ برقی بار کے حاملین کی عدم موجودگی ایک اونچی مزاحمت والے سطقے کے روپ میں ظاہر ہوتی ہے جس سے کرنٹ کی منتقلی بہت مشکل بن جاتی ہے۔ باڑھ والے منطقے (barrier region) میں اقلیتی حاملین بھرن کی موجودگی اور الکٹران ۔ سوراخ ترتیب، کمزور رساؤ کرنٹ (Leakage current) کے وجود کا باعث بن جاتے ہیں ۔ایک خاص قیمت تک کے تمام معکوس وولٹیجوں کے لیے یہ رساؤ کرنٹ کی قیمت کم ہی ہوتی ہے ۔ایک مرتبہ جب اس قیمت سے تجاوز کیا جاتا ہے تو معکوس کرنٹ میں یک لخت غیر معمولی اضافہ ہوجاتا ہے ۔ اس وولٹیج کو جس پر کرنٹ میں ایسا اضافہ وقوع پذیر ہوتا ہے بریک ڈاؤن وولٹیج (breakdown voltage) کہا جاتا ہے دیکھیے سکشن (2.3) ۔ بریک ڈاؤن ایک معکوس عمل ہے جیسا کہ اس سے قبل بیان کیا جاچکا ہے اس قسم کے بریک ڈاؤن زیادہ تر دو قسم کے ہوتے ہیں ایک کو زینر بریک ڈاؤن کہتے ہیں جو آٹھ (8) وولٹ کے اندر ہی واقع ہو جاتا ہے ۔اور دوسرا اوالانچ بریک ڈاون کہلاتا ہے جو اونچے ولٹیجس پر وقوع پذیر ہوتا ہے شاید ایک ہی ڈائی ووڈ میں دونوں میکانیزم کے موجود ہونے کے امکانات میں کوئی امر مانع نہیں ہے ۔

زینر ڈائی ووڈ، دوسروں والا ایک نیم موصل آلہ ہے یہ معمولی ڈائی ووڈ کے مانند ہے لیکن اس کو اس طرح بنایا جاتا ہے کے معکوس سمت میں ایک خاص وولٹیج پر یہ بریک ڈاؤن کو ظاہر کرے ۔ بریک ڈاؤن کی اس خاصیت کی بناء پر ڈائی ووڈ کو اسی مقصد کے لیے زیادہ تر استعمال کیا جاتا ہے شکل 2.5 میں زینر ڈائی ووڈ سرکٹ (circuit) کے نمونے اور 6.3 ولٹ بریک ڈاون کے ایک زمینر ڈائی ووڈ کی اُلٹی خصوصیات کو دکھایا گیا ہے۔



(a)



(b)

Fig. 2.5 (a) Circuit symbol of Zener diode
A = Anode, C = Cathode
(b) Typical reverse breakdown
characteristics

شکل 2.5

(a) زینر ڈائی ووڈ کے سرکٹ کا نمونہ a = اینوڈ c = کیتھوڈ

(b) امتیازی معکوس بریک ڈاؤن خصوصیات۔

(6.3v) کا بریک ڈاؤن، ایک ڈھیلے گھٹنے Soft knee کی صفت سے متصف ہوتا ہے تو اوالانچ بریک ڈاؤن چست گھٹنے hard knee کی صفت کو ظاہر کرتا ہے ان دو اقسام کے ڈائی ووڈس کی ایک خاص صفت تپش کے ساتھ ان کی حساسیت ہے ان دو میکانزم (زینر میکانزم اور اوالانچ میکانزم) کے مابین ایک اہم فرق یہ ہے کہ زینر میکانیزم کی تپشی شرح منفی ہوتی ہے جب کہ اوالانچ میکانزم کے وولٹیج کی تپش شرح مثبت ہوتی ہے۔ زینر ڈائی ووڈ کے وولٹیج کا استقلال، بہت سارے اطلاقات کے لیے اس کو کارآمد بناتا ہے۔

5% تا 20% فی صد قوت برداشت (Tolerance) والے زینر ڈائی ووڈ آج کل دستیاب ہیں۔

اس کے اطلاقات کا دائرہ کافی وسیع ہے۔ انھیں بطور حد سے زائد وولٹیج کی حفاظت کرنے والے آلوں، کلیپرس Clippers لیمینٹرس Laminaters مربع موج کو پیدا کرنے والے آلے (square wave generator) کے وغیرہ میں استعمال کیا جاتا ہے۔

2.8 دو قطبی جنکشن ٹرانزسٹر
The Bipolar junction Transistor

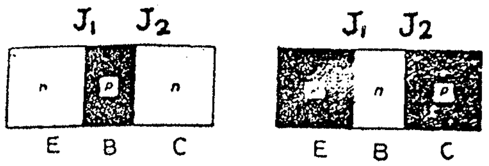
دو قطبی جنکشن ٹرانزسٹر (BJT) تین سروں والا آلہ ہے یہ دو پی۔ین جنکشنوں پر مشتمل ہوتا ہے (شکل

2.6 (a) اور (b) میں دکھایا گیا ہے) ان تینوں سروں (terminals) کے نام ان کے افعال کے مطابق رکھے گئے ہیں۔ خارج کنندہ (emitter) قاعدے (base) کی جانب بھرن برقی تار کے حاملین کو خارج کرتا ہے۔
قاعدے کے منطقے میں ان حاملین کو قابو میں لایا جاتا ہے۔ آخر کار یہ حاملین ایک منطقے میں جمع کیے جاتے ہیں جس کو کلکٹر (collector) کہا جاتا ہے، ابتدا میں ٹرانسسٹر کچھ دھات کی طور پر بنایا گیا تھا جس میں خارج کنندہ اور محصل کے منطقوں کے لیے زیادہ تعداد میں ملاوٹ (dope) کیے ہوئے نیم موصل مادے کو استعمال کیا گیا تھا۔ یہ نمونہ بطور قاعدے کے کام کیا اور اس منطقہ کو قاعدہ (base) کا نام دیا گیا اور آج تک اس کا یہی نام برقرار ہے۔

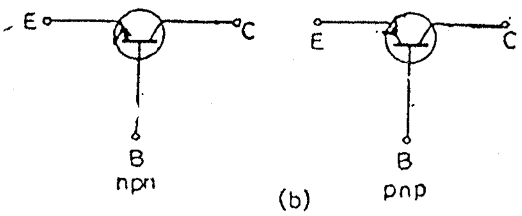
قاعدے کا منطقہ خارج کنندہ اور کلکٹر کے منطقوں کے درمیان واقع ہوتا ہے کلکٹر اور خارج کنندہ کے منطقوں میں ایک ہی قسم کی ڈوپنگ (ملاوٹ) سے دو ڈائی ووڈس تشکیل پاتے ہیں (خارج کنندہ میں محصل کے مقابلے میں زیادہ ڈوپنگ کی جاتی ہے) خارج کنندہ اور محصل کے مقابلے میں قاعدہ کو ہمیشہ مخالف طریقہ سے ڈوپ کیا جاتا ہے۔ اس کے نتیجہ کے طور پر ہمیں دو قسم کے بی جے ٹیز (BJTs) حاصل ہوتے ہیں۔ ان کی ایک قسم میں **قاعدہ پی ٹائپ کا اور کلکٹر اور خارج** کنندہ ین ٹائپ کے ہوتے ہیں تو دوسری قسم میں قاعدہ، ین ٹائپ کا اور محصل اور خارج کنندہ پی ٹائپ کے ہوتے ہیں۔ ان دونوں ٹائپ کے ٹرانزسٹروں کو علی الترتیب ین پی ین (npn) اور پی ین پی (pnp) ٹرانزسٹرس کہتے ہیں۔

2.9 دو قطبی جنکشن ٹرانزسٹر میں برقی رو

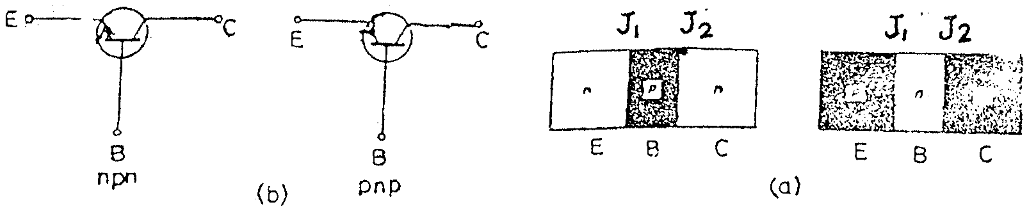
دو قسموں کے ٹرانزسٹر (ین پی ین اور پی ین پی) کے خاکوں اور برقی دور میں ان کے نمونوں کی شکل 2.6 میں بتلایا گیا ہے۔



(a)



(b)



شکل 2.6

(a) ین پی ین اور پی ین پی ٹرانزسٹرس

(b) خاکہ (c) دور کے نمونے ۔

دور کے نمونے کو یاد رکھنے کا ایک روایتی اور آسان طریقہ یہ ہے کہ خارج کنندہ پر لگائے گئے تیر کے نشان کی سمت کو دیکھا جائے ۔ اگر تیر کا نشان ، باہر کی طرف رخ کیے ہوئے ہو تو یہ ایک ین پی ین ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے اور رخ اندر کی جانب ہو تو یہ پی ین پی ٹرانزسٹر کو ظاہر کرتا ہے ۔

اب ہم یہ دیکھیں گے کہ ایک بی جے ٹی (BJT) کس طرح کام کرتا ہے ایک خاص معین مقدار کی برقی رو کو بی جے ٹی سے گزارا جاتا ہے اور قاعدے پر اس رو کے کنٹرول یعنی اس کے بڑھانے یا گھٹانے کے عمل کو کہا جاتا ہے ۔ پہلی مثال کے طور پر ہم ایک ین پی ین ٹرانزسٹر کو منتخب کریں گے اور ان ہی دلائل کو پی ین پی ٹرانزسٹرس کے لیے بھی استعمال کیا جاتا ہے۔

ایک ین پی ین ٹرانزسٹر کے خارج کنندہ میں الکٹران ، اکثریتی حاملین برقی چارج ہوتے ہیں ان الکٹران کو قاعدہ ۔ خارج کنندہ جنکشن کو عبور کروانے اور انھیں قاعدے کے منطقے میں داخل کرانے کے لیے ، قاعدے اور خارج کنندہ کے سروں کے درمیان ایک بیرونی وولٹیج عائد کیا جاتا ہے ۔ قاعدہ اور خارج کنندہ منطقہ ایک پی ین جنکشن (ڈائی ووڈ) بناتے ہیں جس کو پیش بایاس رہنا چاہیے تاکہ اکثریتی حاملان بھرن (ین ۔ ٹائپ کے خارج کنندے میں الکٹران) جنکشن کو عبور کر سکیں الکٹران جب ایک مرتبہ ین ۔ ٹائپ قاعدے میں داخل ہوتے ہیں ، تو قاعدے سے ان کا نفوذ عمل میں آتا ہے اور ان میں کے چند قاعدے کے سرے تک پہنچ کر اس سے باہر چلے جاتے ہیں اور بعض محصل ۔ قاعدہ جنکشن تک پہنچ جاتے ہیں ۔ ان الکٹران کو موصل ۔ قاعدے جنکشن عبور کرواتے ہیں قاعدے سے ین ٹائپ محصل گزرنے کے لئے محصل اور قاعدے کے سروں کے درمیان ایک معکوس میلان پیدا کرنے والے وولٹیج کو عائد کرنا ہوگا ۔ اس طریقہ سے خارج کنندہ سے شروع ہونے والے کلکٹر پر ختم ہونے والے الکٹران اصل Main رو کی تشکیل کرتے ہیں جب کہ قاعدے سے باہر چلے جانے والے الکٹران ایک چھوٹے کنٹرولنگ کرنٹ (small controlling current) کو بناتے

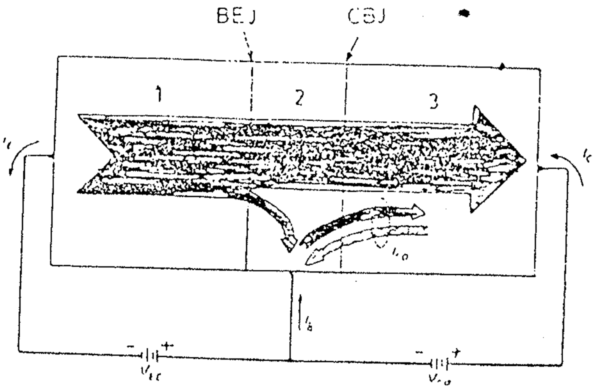
3. NO. 084

ہیں۔ تاہم بی جے ٹی کی تمام رووں (کرنٹ) پر ہم نے غور نہیں کیا۔ قاعدہ خارج کنندہ جنکشن کے پیش میلان ہونے کی وجہ سے ہم متوقع ہیں کہ قاعدے میں نہ صرف الکٹران ہی کا دخول ہوگا بلکہ سوراخ بھی قاعدے سے خارج کنندہ میں داخل ہوں گے۔ ہمیں اس کو بھی ملحوظ رکھنا چاہئیے۔ اگرچہ سوراخ بھی داخل ہوتے ہیں لیکن ٹرانزسٹر کے خالص خارج کنندہ کرنٹ کے [illegible] کا اثر قابل نظر انداز ہوتا ہے کیوں کہ ڈوپنگ قاعدے میں ہلکی اور خارج کنندہ میں بھاری ہوتی ہے۔ بی جے ٹی ([illegible]) کو قصداً اس انداز سے ہی بنایا جاتا ہے اس طرح جب جنکشن پیش میلان میں ہوتا ہے تو بہت موثر طریقے سے بھاری ڈوپنگ والا ین ٹائپ خارج کنندہ ایصال کے لیے الکٹران کی ایک معینہ تعداد پیدا کرتا ہے لیکن ہلکی ڈوپنگ والا پی۔ ٹائپ قاعدے کے پاس اس کو دینے کے لیے سوراخوں کی تعداد بہت کم ہوتی ہے۔ اس لئے ایک ین پی ین ٹرانزسٹر میں قاعدے۔ خارج کنندہ جنکشن سے گزرنے والا کرنٹ لازمی طور پر الکٹران کے بہاو کا نتیجہ ہوتا ہے۔

محصل۔ قاعدے جنکشن پر موجود معکوس میلان، نہ صرف الکٹران کو قاعدے سے محصل میں منتقل کرتا ہے بلکہ محصل قاعدہ جنکشن سے ایک دوسری رو کے بہاؤ کا بھی موجب ہوتا ہے محصل اور قاعدے کے منطقوں میں یہ کرنٹ اقلیتی حاملین برقی چارج پر مشتمل ہوتی ہے یعنی پی ٹائپ قاعدے سے الکٹران اور ین ٹائپ محصل سے سوراخ۔ اس طریقہ سے موصل قاعدے جنکشن پر اقلیتی حاملین برقی چارج سے حاصل ہونے والے کرنٹ کا یہ جز بہت چھوٹا ہوتا ہے۔ اس کو محصل قاعدہ۔ معکوس سیر شدہ رو (collector_base reverse saturation current) یا محصل کٹ آف کرنٹ LOBO۔ (collector cut_off current) کہا جاتا ہے اور کرنٹ سیر شدہ ہونے کی وجہ سے یہ تپش کے لیے بہت حساس ہوتا ہے۔

ٹرانزسٹر کے اندر کرنٹ کے ان اجزاء کی پیمائیش کا کوئی ذریعہ نہیں ہے۔ خارج کنندہ کو مہیا کیے گئے اور قاعدے کی طرف بہنے والے یہ الکٹران، خارج کنندہ سے باہر کی جانب بہنے والے روایتی کرنٹ کے متناظر ہیں فرض کیجئے کہ اس کرنٹ کو خارج کنندہ کے کرنٹ I_E (emitter current) سے تعبیر کیا جاتا ہے۔ اسی طرح سے قاعدے اور محصل سے باہر بہنے والے الکٹران خالص سروں کے کرنٹ (net terminal current) کے متناظر ہیں جنھیں علی الترتیب I_B اور Ic سے تعبیر کیا جاتا ہے شکل (2.7) میں ان رووں کو حاملین برقی چارج کی اندرونی حرکات کے ساتھ بتایا گیا ہے۔

B. NO. 084

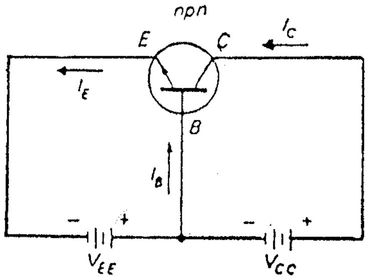


شکل (2.7)

ایک ین پی ین ٹرانزسٹر میں برقی چارج کی حرکت

1 ین ٹائپ خارج کنندہ   2 پی ۔ ٹائپ قاعدہ   3 ین ۔ ٹائپ کلکٹر BEJ قاعدہ ۔ خارج کنندہ جنکشن CBJ۔ کلکٹر قاعدہ جنکشن ۔

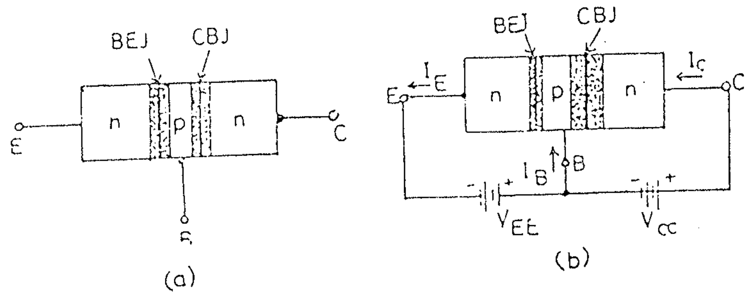
شکل 2.8 میں ایک ین پی ین ٹرانزسٹر کی برقی دور کے عمومی خاکہ کو بتایا گیا ہے ۔ اس ٹرانزسٹر کا قاعدہ خارج کنندہ ڈائی ووڈ پیش میلان میں ہے اور محصل ۔ قاعدہ ڈائی ووڈ معکوس میلان میں ہے ۔



شکل (2.8) ایک ین پی ین ٹرانزسٹر کے عمومی آپریشن کے لیے درکار میلان بہ مع حاصلہ سروں کی برقی رووں کی قاعدہ مشترکہ ترتیب میں ہے ۔

بیرونی وولٹیجوں کے عائد کرنے کی وجہ سے محصل ۔ قاعدہ جنکشن پر ڈپلیشن منطقہ چوڑا اور قاعدہ ۔ خارج کنندہ جنکشن پر ڈپلیشن منطقہ تنگ ہوتا جاتا ہے جیسا کہ شکل 2.9 میں دکھایا گیا ہے ۔

INSTRUCTIONAL MEDIA CENTRE * MANUU
IMC LIBRARY
Hyderabad-34.



شکل (2.9) ایک ین پی ین ٹرانزسٹر کے اندر ڈیپلیشن منطقے شکل (2.8) سے ہمیں معلوم ہوتا ہے کے ٹرانزسٹر میں داخل ہونے والا خالص کرنٹ برقی رووں I_C اور I_B کا مجموعہ ہے اور ٹرانزسٹر کو چھوڑنے والی مجموعی رو I_E ہے۔

$$I_E = I_B + I_C \qquad \ldots(2.2)$$

محض خارج کنندہ سے شروع ہونے والے الکٹران کی وجہ سے کلکٹر میں اُس کی رو (Collector Current) کی تشکیل ہوتی ہے۔ اس کو معکوس سیرشدہ رو I_{CBO} کے ساتھ INC جیسا (lables) لیبل کیا گیا ہے۔

$$I_C = I_{\alpha c} + I_{CBO} \qquad \ldots(2.3)$$

محصل کے الکٹران کرنٹ Inc اور خارج کنندہ کی مجموعی کرنٹ I_E میں پائی جانے والی نسبت کو الفا (alpha) سے تعبیر کیا جاتا ہے یہ نسبت دو قطبی جنکشن ٹرانزسٹر کی ایک اہم مقدار ہے α کی تعریف یوں کی جاتی ہے کہ

$$a = \frac{I_{\alpha c}}{I_E} \qquad \ldots(2.4)$$

ہم پہلے ہی یہ دیکھ چکے ہیں کہ خارج کنندہ سے شروع ہونے والے چند الکٹران قاعدے میں گم ہوجاتے ہیں لہذا Ine ہمیشہ I_E سے کم ہوتی ہے۔ اس طرح α ہمیشہ اکائی سے کم ہوتی ہے پھر بھی یہ ایک کے بہت قریب ہوتی ہے اور اس کی قیمت خصوصیت کے ساتھ 0.98 اور 0.9995 کے مابین بدلتی رہتی ہے۔ α کی اہمیت یہ ہے کہ یہ مشترکہ قاعدہ ترتیب میں ڈی سی شارٹ سرکٹ کرنے والی رو کی افزائش ہے۔

α کے لیے مساوات قائم کرنے کے لئے اگر ہم مساوات (3۔) کو استعمال کریں تو

$$\alpha = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_E} \qquad ...(2.5)$$

مساوات کو Ic کے لئے حل کرنے پر BJT کے لئے رو کی ایک اہم مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$\alpha I_E = I_C - I_{CBO}$$

or

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \qquad ...(2.6)$$

پی این پی ٹرانزسٹر کی کارکردگی بالکل این پی این ٹرانزسٹر کے مماثل ہے۔قاعدہ۔خارج کنندہ کے پیش میلان کی وجہ سے پی۔ ٹائپ خارج کنندہ کے اکثریتی حاملان بھرن (اس صورت میں سوراخ) ین ٹائپ قاعدے میں داخل کرائے جاتے ہیں۔ مزید سوراخوں کو قاعدے سے منتقل کیا جاتا ہے اور محصل۔ قاعدے جنکشن پر معکوس میلان کی مدد سے ان میں کے چند کو کلکٹر جمع کر لیتا ہے۔ کارکردگی کے باقی تفصیلات ین پی ین ٹرانزسٹر کے مانند ہی ہیں۔ اس فرق کے لیے پی (p) کے بجائے ین اور (n) ین کے بجائے (p) اورالکٹران کے بجائے سوراخ درج کرنا ہوگا۔

دونوں ین پی ین اور پن ین پی ٹرانسسٹروں کے چند مشترکہ پہلو بھی ہیں۔ بلالحاظ ٹائپ کے قاعدہ۔خارج کنندہ جنکشن پیشی میلان میں رہتا ہے اور کلکٹر قاعدہ جنکشن معکوس میلان میں رہتے ہیں اور مساوات 2.2 یہ بتلاتی ہے کہ دونوں Ic اور IB کے سمتیں I_E کے مخالف ہوتی ہے۔

مساواتوں (2.2) اور (2.6) کو استعمال کرتے ہوئے ہم لکھ سکتے ہیں کہ۔

$$I_C = \alpha \ (I_C + I_B) + I_{CBO} \qquad ...(2.7)$$

Ic کے لئے حل کرنے پر ہمیں حاصل ہوتا ہے۔

$$I_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \frac{1}{1-\alpha} I_{CBO} \qquad ...(2.8)$$

اب ہم β یعنی مشترکہ خارج کنندہ ترتیب کا ڈی سی شارٹ سرکٹ کرنے والی رو کی افزائش کی تعریف یوں کرتے ہیں کہ۔

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \qquad ...(2.9)$$

INSTRUCTIONAL MEDIA CENTRE * MANUU * Hyderabad-34. * IMC LIBRARY

اب مساوات (2.8) لکھی جاسکتی ہے ۔

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1)\, I_{CBO} \qquad \ldots(2.10)$$

β, (or h_{fe}) یعنی کرنٹ یعنی افزائش (gain) یا افزوں گری (amplification) کو اکائی 2 میں سمجھایا گیا ہے۔

2.10 خلاصہ

پی این جنکشن کے ہر ایک جانب بھرن کے حاملوں کے نفوذ سے ایک منطقہ وجود میں آتا ہے جس کو ، نفوذ کا منطقہ (diffusion region) کہا جاتا ہے۔ پی این جنکشن ، رو کو ایک ہی سمت میں گزرنے کی اجازت دیتا ہے اور اس کی مخالف سمت کے لیے یہ بہت بڑی مزاحمت پیش کرتا ہے اس طرح اس سے راست گر کے عمل کا اظہار ہوتا ہے ۔

2.11 نمونہ امتحانی سوالات

I ذیل کے سوال کا جواب تفصیل سے لکھیے۔

1 پی این جنکشن کس طرح تشکیل پاتا ہے اور اس کے خواص بیان کیجیے ۔

2 ایک جنکشن ڈائی ووڈ کی میلان کاری (biasing) پر بحث کیجیے اور اس کی خصوصیات کو سمجھائیے۔

3 پی این پی اور این پی این ٹرانزسٹر کی عملی کام (functioning) کو سمجھائیے۔

4 ایک بی جے ٹی (BJT) کی شرط $I_c - \beta I_b + (\beta + I)\, I_{CBC}$ کو اخذ کیجیے اور β کے مفہوم کو سمجھائیے ۔

II ذیل کے ہر سوال کا جواب مختصر طور پر لکھیے۔

1 ڈپلیشن منطقے (Deplection region) کی بناوٹ کی حرکیات کو بیان کیجیے۔

2 ایک ڈائی ووڈ میں ڈپلیشن منطقے پر معکوس میلان کا کیا اثر ہوتا ہے؟ سمجھائیے۔

3 معکوس ڈائی ووڈ کی خصوصیات کیا ہوتی ہیں؟

INSTRUCTIONAL MEDIA CENTRE LIBRARY
Accn. No. BS-032
Date 17.08.2015
MANUU ★ HYDERABAD ★