



S265CH14

باب چودہ

نیم موصل الکٹرانیات: مادے، آلات اور سادہ سرکٹ

(SEMICONDUCTOR ELECTRONICS: MATERIALS, DEVICES AND SIMPLE CIRCUITS)

14.1 تعارف (INTRODUCTION)

وہ آلات جن میں الکٹرانوں کا قابو شدہ بہاؤ حاصل کیا جاسکتا ہے، تمام الکٹرانک سرکٹوں کے بنیادی اجزاء ترکیبی ہیں۔ 1948ء میں ٹرانسیستر کی ایجاد سے پہلے، ایسے آلات، زیادہ تر خلائی نلیاں (vacuum tubes) تھیں [جو والوں (valves) بھی کہلاتی تھیں] جیسے خلائی ڈایوڈ، جس میں دو بر قیروں ہوتے ہیں، یعنی کہ، منیگر (جسے اکثر پلیٹ بھی کہا جاتا ہے) اور منفیر، ٹریوڈ، جس میں تین بر قیروں ہوتے ہیں — منفیر، پلیٹ اور گراؤ، ٹیزروڈ اور پینٹوڈ (بالترتیب 4 اور 5 بر قیروں پر مشتمل)۔ ایک خلائی نلی میں ایک گرم کیے گئے منفیر کے ذریعے الکٹران مہیا کیے جاتے ہیں اور ان الکٹرانوں کا خلا میں قابو شدہ بہاؤ، اس کے مختلف بر قیروں کے درمیان ولٹیج تبدیل کر کے حاصل کیا جاتا ہے۔ بر قیروں کی درمیانی جگہ میں خلا چاہیے ہوتا ہے، ورنہ حرکت کرتے ہوئے الکٹران اپنے رستے میں آنے والے ہوا کے مالکیوں سے تصادم کر کے اپنی توانائی ضائع کر سکتے ہیں۔ ان آلات میں، الکٹران صرف منفیر سے منیگر تک بہہ سکتے ہیں (یعنی کہ صرف ایک سمٹ میں)۔ اسی لیے ایسے آلات کو عام طور سے والوں بھی کہا جاتا ہے۔ یہ خلائی نلی آلات، زیادہ جگہ گھیرنے والے ہوتے ہیں، زیادہ پاور استعمال کرتے ہیں، عام طور سے اوپھی ولٹیجوں (~100 V) پر کام کرتے ہیں اور ان کی زندگی مختصر ہوتی ہے اور زیادہ قابل بھروسہ بھی نہیں ہوتے۔ جدید ٹھوس۔ حالت نیم موصل

الکٹرانیات کی بنیاد 1930 میں پڑی، جب پہلی مرتبہ یہ احساس ہوا کہ کچھ ٹھوس۔ حالت نیم موصل اور ان کے جتناش ان میں سے گزر رہے چارج برداروں (Charge carriers) کی تعداد اور ان کے بہاؤ کی سمت کو کنٹرول کر سکنے کا امکان مہیا کرتے ہیں۔ سادے اشتغال گر جیسے روشنی، حرارت یا خفیف اطلاقی دلیل وغیرہ ایک نیم موصل میں متھک چارجوں کی تعداد تبدیل کر سکتے ہیں۔ نوٹ کریں کہ نیم موصل آلات میں چارج برداروں کی فراہمی اور چارج کا بہاؤ خود ٹھوس کے اندر ہی ہوتا ہے، جب کہ پرانی خلائیوں / والوں میں متھک الکٹران ایک گرم کیے گئے منفیرہ سے حاصل کیے جاتے تھے اور انھیں ایک خلا کی گئی جگہ یا خلامیں سے بھایا جاتا تھا۔ نیم موصل آلات کے لیے باہر سے حرارت مہیا کرنے یا خلا کی گئی بڑی جگہ فراہم کرنے کی ضرورت نہیں پیش آتی۔ یہ سائز میں چھوٹے ہوتے ہیں، مقابلًا بہت کم پاور استعمال کرتے ہیں، ادنیٰ دلیل پر کام کرتے ہیں اور ان کی زندگی لمبی ہوتی ہے اور زیادہ قابل بھروسہ ہوتے ہیں۔ ٹیلی ویژن اور کمپیوٹر مانیٹروں میں استعمال کی جانے والی منفیرہ کرن ٹلیاں (کیتوڈرے ٹوبز CRT) کو بھی، جو خلائی نیلوں کے اصول پر کام کرتی ہیں، رقیق کر شل نمائش (LCD) (liquid crystal display) مانیٹروں سے، مدگار ٹھوس حالت الکٹرانیات کے ساتھ تبدیل کیا جا رہا ہے۔ نیم موصل آلات کی باقاعدہ اہمیت کا احساس کیے جانے سے بہت پہلے ہی، ایک قدرتی طور پر پائے جانے والے کرستل گلبینا (galena) (لیڈ سلفاٹد PbS) سے ایک دھاتی نقطہ نہاس فسلک کر کے اسے ریڈ یوہروں کو شناخت کرنے کے لیے استعمال کیا گیا تھا۔ مندرجہ ذیل حصوں میں ہم نیم موصل طبیعت کے بنیادی تصورات کا تعارف پیش کریں گے اور کچھ نیم موصل آلات، جیسے جتناش ڈائیوڈ (ایک 2-بر قیرہ آلہ) اور دو طبقی جتناش ٹرانسیستر (ایک 3-بر قیرہ آلہ)، سے بحث کریں گے۔ ان کے اطلاق کیوضاحت کرنے والے چند سرکٹ بھی بیان کیے جائیں گے۔

14.2 دھاتوں، موصلوں اور نیم موصلوں کی درجہ بندی OF METALS, CONDUCTORS AND SEMICONDUCTORS)

ایصالیت کی بنیاد پر:

$$\text{برقی ایصالیت } (\sigma) \text{ یا مزاحمت } = \frac{1}{\rho} \left(\Omega^{-1} \right) \text{ کی نسبتی قدریوں کی بنیاد پر ٹھوس اشیا کی موٹے طور پر درجہ بندی کی جاسکتی ہے:}$$

(i) دھاتیں (Metals): ان کی مزاحمت بہت کم ہوتی ہے۔ (یا ایصالیت زیادہ ہوتی ہے)

$$\rho \sim 10^{-2} - 10^{-8} \Omega m$$

$$\sigma \sim 10^2 - 10^8 S m^{-1}$$

(ii) نیم موصل (Semiconductors): ان کی مزاحمت یا ایصالیت، دھاتوں اور حاجزوں کے درمیان ہوتی ہے۔

$$\rho \sim 10^{-5} - 10^{+6} \Omega m$$

$$\sigma \sim 10^5 - 10^{-6} S m^{-1}$$

(iii) حاجز (Insulators): ان کی مزاحمت بہت زیادہ ہوتی ہے (یا ایصالیت بہت کم ہوتی ہے)

$$\rho \sim 10^{11} - 10^{19} \Omega m$$

$$\sigma \sim 10^{-11} - 10^{-19} S m^{-1}$$

σ اور ρ کی مندرجہ بالا قدریں صرف ان کی عددی قدر کی نشان دہی کرتی ہیں اور کچھ اشیا کے لیے ان کی قدر دی ہوئی سعیت کے باہر بھی ہو سکتی ہے۔ مزاحیت کی نسبتی مقداریں ہی صرف دھاتوں، حاجزوں اور نیم موصلوں میں امتیاز کرنے کا واحد معیار نہیں ہیں۔ کچھ دیگر فرق بھی ہیں، جو اس باب میں آگے بڑھنے کے ساتھ واضح ہوتے جائیں گے۔ اس باب میں ہماری دلچسپی ان نیم موصلوں کے مطالعے سے ہے جو ہو سکتے ہیں!

غصری نیم موصل: (i) Ge اور Si

مرکب نیم موصل: (ii) مثالیں ہیں:

- غیر نامیاتی (inorganic): CdS, GaAs, CdSe, InP, وغیرہ
- نامیاتی (organic): پتھر اسین، آمیزش شدہ (doped) پتھر اوسیانا ننس وغیرہ
- نامیاتی پولیمر: پولی ایٹی رول، پولی ایٹی لائن، پولی تھائی فین وغیرہ

آج کل جو نیم موصل دستیاب ہیں، ان میں سے زیادہ تر غصری نیم موصل Si یا Ge اور مرکب غیر نامیاتی نیم موصل ہیں۔ لیکن 1990 کے بعد سے چند ایسے نیم موصل آلات تیار کیے گئے ہیں جن میں نامیاتی موصل اور نیم ایصالی پولیمر استعمال کیے گئے ہیں اور اس طرح پولیمر الیکٹرانیات اور مالکیوی الیکٹرانیات کی شروعات ہوئی ہے جو مستقبل کی شیکنا لو جی کی نشان دہی کرتی ہیں۔ اس باب میں ہم غیر نامیاتی نیم موصل، خاص طور پر غصری نیم موصل Si یا Ge کے مطالعے تک محدود رہیں گے۔ یہاں غصری نیم موصلوں سے بحث کرنے کے لیے متعارف کرائے گئے عمومی تصورات کا اطلاق بڑی حد تک زیادہ تر مرکب نیم موصلوں پر بھی ہوتا ہے۔

تو انکی بینڈس کی بنیاد پر: (On the basis of energy bands)

بوہرا ایٹھی ماؤل کے مطابق، ایک جدا ایٹھ میں، اس کے کسی بھی الیکٹران کی تو انکی اس مدار سے متعین ہوتی ہے جس میں وہ طواف کرتا ہے۔ لیکن جب ایک دوسرے کے ساتھ مل کر ٹھوں شے تشکیل کرتے ہیں تو وہ ایک دوسرے کے بہت نزدیک ہوتے ہیں۔ اس لیے پڑوں ایٹھوں کے باہری مدار ایک دوسرے کے بہت زیادہ نزدیک ہو جاتے ہیں، یہاں تک کہ وہ ہم پوش (overlapping) بھی ہو سکتے ہیں۔ اس طرح ایک ٹھوں شے میں الیکٹران کی حرکت، ایک جدا ایٹھ میں الیکٹران کی حرکت سے بہت مختلف ہو جاتی ہے۔

ایک کریسل کے اندر ہر الیکٹران کا ایک یکتا (unique) مقام ہوتا ہے اور کن ہی دو الیکٹرانوں کے اردو گرد چار جوں کا یکساں نمونہ نہیں پایا جاتا۔ اس وجہ سے، ہر الیکٹران کی مختلف تو انکی منزل ہوتی ہے۔ وہ تو انکی منازل، جن میں تو انکی کی مسلسل تبدیلی پائی جاتی ہے، تو انکی بینڈ تشکیل دیتے ہیں۔ وہ تو انکی بینڈ جس میں گرفت الیکٹرانوں (valence electrons) کی تو انکی منازل شامل ہوتی ہیں، گرفت بینڈ کہلاتے ہیں۔ گرفت بینڈ کے اوپر کا تو انکی بینڈ، ایصالی بینڈ (conduction band) کہلاتا ہے۔ اگر کوئی خارجی تو انکی مہیانہ ہو تو تمام گرفت الیکٹران، گرفت بینڈ میں رہیں گے۔ اگر ایصالی بینڈ کی

نیم موصل الکٹر انیات: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ

پھر تین منزل، گرفت بینڈ کی سب سے اوپری منزل سے نیچے ہو تو گرفت بینڈ کے الکٹران با آسانی ایصال بینڈ میں جاسکتے ہیں۔ عام طور سے ایصال بینڈ خالی ہوتا ہے۔ لیکن جب وہ گرفت بینڈ سے ہم پوش ہوتا ہے تو الکٹران با آسانی اس میں داخل ہو سکتے ہیں۔ دھاتی موصلوں میں یہی صورت ہوتی ہے۔

اگر ایصال بینڈ اور گرفت بینڈ کے درمیان کچھ فاصلہ (Drifted gap) ہو تو گرفت بینڈ کے تمام الکٹران بند ہے رہتے ہیں اور ایصال بینڈ میں کوئی آزاد الکٹران نہیں دستیاب ہوتا۔ اس طرح وہ مادی شے حاجب بن جاتی ہے۔ لیکن گرفت بینڈ کے کچھ الکٹران اتنی خارجی تو انائی حاصل کر سکتے ہیں کہ ایصال بینڈ اور گرفت بینڈ کے درمیانی فاصلے کو پار کر سکیں۔ تب یہ الکٹران ایصال بینڈ میں داخل ہو جائیں گے۔ اور اسی کے ساتھ ساتھ وہ گرفت بینڈ میں خالی تو انائی منازل پیدا کر دیں گے جہاں دوسرے گرفت الکٹران آسکتے ہیں۔ اس طرح اس عمل سے ایصال بینڈ میں الکٹرانوں کے ذریعے اور گرفت بینڈ میں خلو (vacancy) کے ذریعے ایصال کے امکانات پیدا ہو جاتے ہیں۔

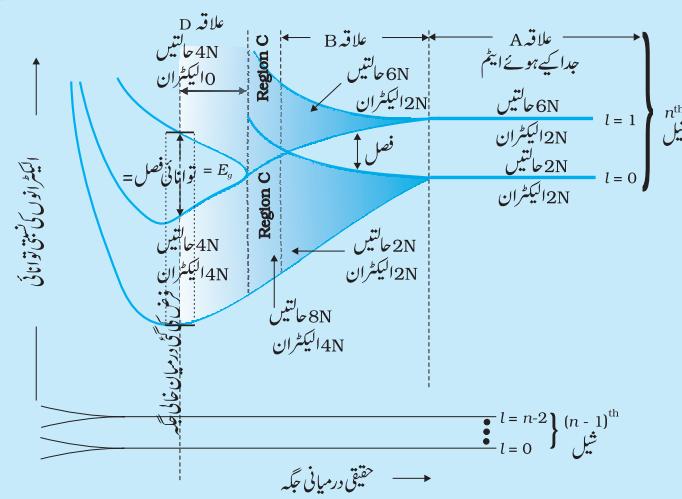
آئیے دیکھیں کہ N ایٹموں کے ایک GeSi کرٹل میں کیا ہوتا ہے۔ Si کے لیے سب سے باہری مدار تیسرا مدار ($n=3$) ہے جب کہ Ge کے لیے یہ چوتھا مدار ($n=4$) ہے۔ سب سے باہری مدار میں الکٹرانوں کی تعداد 4 ہے ($2s+6p$)۔ اس لیے $4N$ گرفت الکٹرانوں کے لیے $8N$ دستیاب تو انائی حاجتیں ہیں۔ یہ $8N$ مجرد تو انائی منازل یا تو ایک مسلسل بینڈ تشکیل دے سکتے ہیں یا مختلف بینڈوں میں ان کے گروپ ہو سکتے ہیں، جس کا انحصار کرٹل میں ایٹموں کے درمیانی فاصلے پر ہے (ٹھوس اشیا کے بینڈ نظریہ پر باکس دیکھیے)۔

اوپر Ge کی کرٹل جائی (کرٹل لیٹس crystal lattice) میں ایٹموں کے درمیانی فاصلے پر ان $8N$ حالتوں کے تو انائی بینڈ و حصوں میں علاحدہ ہو جاتے ہیں، جن کے درمیان تو انائی فصل E_g ہوتی ہے (شکل 14.1)۔ نچلا بینڈ جو مطلق صفر درجہ حرارت پر $4N$ گرفت الکٹرانوں کے ذریعے مکمل طور پر گھرا ہوتا ہے، گرفت بینڈ ہے۔ دوسرا بینڈ، جو $4N$ تو انائی حالتوں پر مشتمل ہوتا ہے اور ایصال بینڈ کھلاتا ہے، مطلق صفر پر پوری طرح خالی ہوتا ہے۔

ٹھوس اشیا کا بینڈ نظریہ

(BAND THEORY OF SOLIDS)

مان لیجیے کہ GeSi کرٹل میں N ایٹم ہیں۔ ہر ایٹم کے الکٹرانوں کی مختلف مداروں میں مجرد تو انائیں ہوں گی۔ اگر تمام ایٹم جد اجادا ہوں، یعنی ایک دوسرے سے طویل فاصلے پر ہوں تو الکٹران تو انائی کیساں ہو گی۔ لیکن ایک کرٹل میں، ایٹم ایک دوسرے کے نزدیک ہوتے ہیں (2\AA یا 3\AA فاصلہ) اس لیے الکٹران ایک دوسرے سے اور پڑوسی ایٹمی قالبوں سے باہم عمل کرتے ہیں۔ یہ ہم پوش (overlap) ہے (or interaction)۔ وہ الکٹران زیادہ محصور کرتے ہیں جو سب سے باہری مدار میں ہوتے ہیں، جب کہ اندرومنی مداروں یا قالب کے الکٹرانوں کی تو انائیں غیر متاثر رہ سکتی ہیں۔ اس لیے GeSi کرٹل



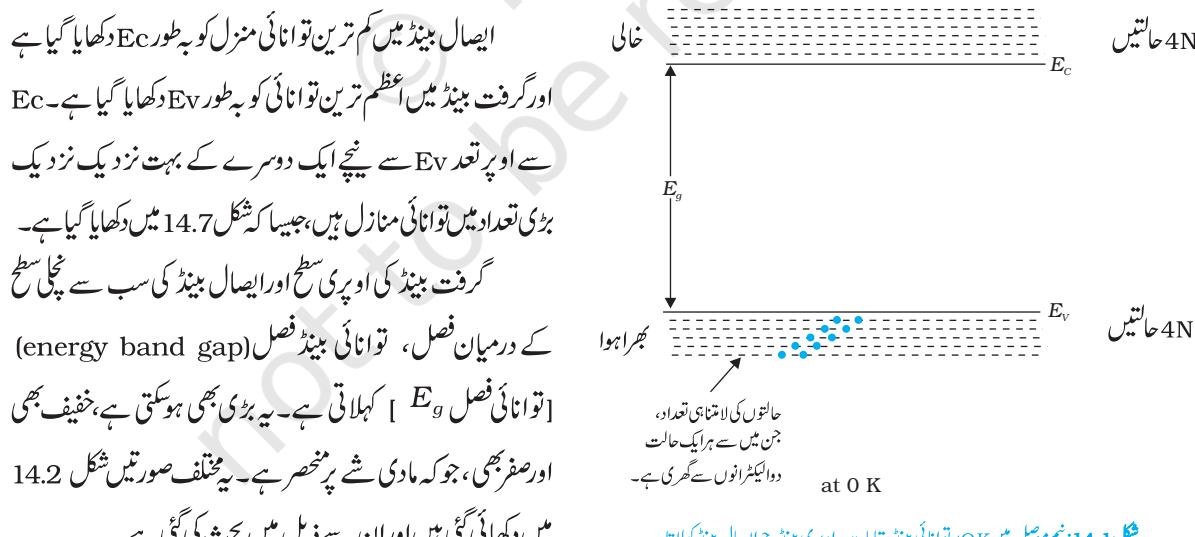
میں الیکٹران تو انائیوں کو سمجھنے کے لیے تمیں صرف سب سے باہری مدار کے الیکٹرانوں کی تو انائیوں میں ہونے والی تبدیلیوں کو، ہی دیکھنے کی ضرورت ہے۔ Si کے لیے سب سے باہری مدار، تیسرا مدار ہے ($n=3$)، جب کہ Ge کے لیے یہ چوتھا مدار ہے ($n=4$)۔ سب سے باہری مدار میں الیکٹرانوں کی تعداد 4 ہے (2s اور 2p الیکٹران) اس لیے کرٹھ میں باہری الیکٹرانوں کی کل تعداد $N=4$ ہے۔ ایک مدار میں باہری الیکٹرانوں کی از جد ممکنہ تعداد 8 ہے۔ (2s+6p الیکٹران)۔ اس لیے $N=4$ الیکٹرانوں میں سے $2N=8$ الیکٹران، $2N=8$ حالتوں میں دستیاب ہیں۔ ظاہر ہے کہ کچھ p-الیکٹران حالتیں خالی ہیں، جیسا کہ شکل کے بالکل دائیں حصے میں دکھایا گیا ہے۔ یہ ایک دوسرے سے بخوبی الگ یا جدا ایٹھوں کی صورت ہے [شکل کا علاقہ A]۔

فرض کیجیے کہ یہاں ایک ٹھوس شے تشکیل کرنے کے لیے ایک دوسرے کے نزدیک آنا شروع کر دیتے ہیں۔ سب سے باہری مدار میں ان الیکٹرانوں کی تو انائیاں تبدیل ہو سکتی ہیں (بڑھ بھی ہو سکتی ہیں)، جس کی وجہ مختلف ایٹھوں کے الیکٹرانوں کے مابین باہمی عمل ہے۔ $E=1$ کے لیے $N=6$ حالتیں، جن کی آغازی شکل میں، جدا ایٹھوں میں تساوی تو انائیاں تھیں، پھر جاتی ہیں اور ایک تو انائی بینڈ تشکیل دیتی ہیں (شکل میں علاقہ B)۔ اسی طرح $E=2$ کے لیے $N=2$ حالتیں، جن کی جدائیٹھوں میں تساوی تو انائیاں تھیں، ایک دوسرے بینڈ میں شامل ہو جاتی ہیں۔ (دھیان سے شکل کا علاقہ B دیکھیے)، جو کہ پہلے بینڈ سے ایک تو انائی فصل کے ذریعے علاحدہ ہوتا ہے۔

اس سے بھی کم درمیانی فاصلے پر، پھر بھی ایک ایسا علاقہ ہوتا ہے، جس میں بینڈ ایک دوسرے میں ختم (merge) ہو جاتے ہیں۔ کم ترین تو انائی حالت جو اپری ایٹھی منزل سے علاحدہ ہوئی ہوتی ہے، مقابلاً چلی ایٹھی منزل کی بالائی حالت کے نیچے آ جاتی ہے۔ اس علاقے میں (شکل میں علاقہ C)، ایسی کوئی تو انائی فصل نہیں ہوتی اور یہاں اپری اور چلی تو انائی حالتیں ایک دوسرے میں مل جاتی ہیں۔

آخر میں، اگر ایٹھوں کا درمیانی فاصلہ مزید کم ہو جائے تو تو انائی بینڈ پھر ایک دوسرے سے الگ ہو جاتے ہیں اور ان کے درمیان تو انائی فصل E_g آ جاتی ہے (شکل میں علاقہ D)۔ دستیاب تو انائی حالتوں کی کل تعداد $N=8$ ، دونوں بینڈوں کے درمیان دوبارہ تقسیم ہو جاتی ہے (نچلے اور اپری تو انائی بینڈوں میں سے ہر ایک میں $N=4$ حالتیں)۔ یہاں اہم نکتہ یہ ہے کہ نچلے بینڈ میں قطعی درست طور پر اتنی ہی حالتیں ہوتی ہیں ($4N$)، جتنے ایٹھوں سے دستیاب گرفت الیکٹران ہوتے ہیں ($4N$)۔

اس لیے، یہ بینڈ (جو گرفت بینڈ کہلاتا ہے) مکمل طور پر خالی ہوتا ہے، جب کہ اپری بینڈ مکمل طور پر خالی ہوتا ہے۔ یہ اپری بینڈ ایصال بینڈ کہلاتا ہے۔



فہل 14.1: نئی موصل میں OK پر تو انائی بینڈ مقامات۔ اپری بینڈ، جو ایصال بینڈ کہلاتا

ہے، ایک دوسرے کے قریب قریب تو انائی حالتوں کی لامتناہی تعداد پر مشتمل ہوتا

ہے۔ نچلا بینڈ، جو گرفت بینڈ کہلاتا ہے، ایک دوسرے کے قریب قریب مکمل طور پر بھری

ہوئی تو انائی حالتوں پر مشتمل ہوتا ہے۔

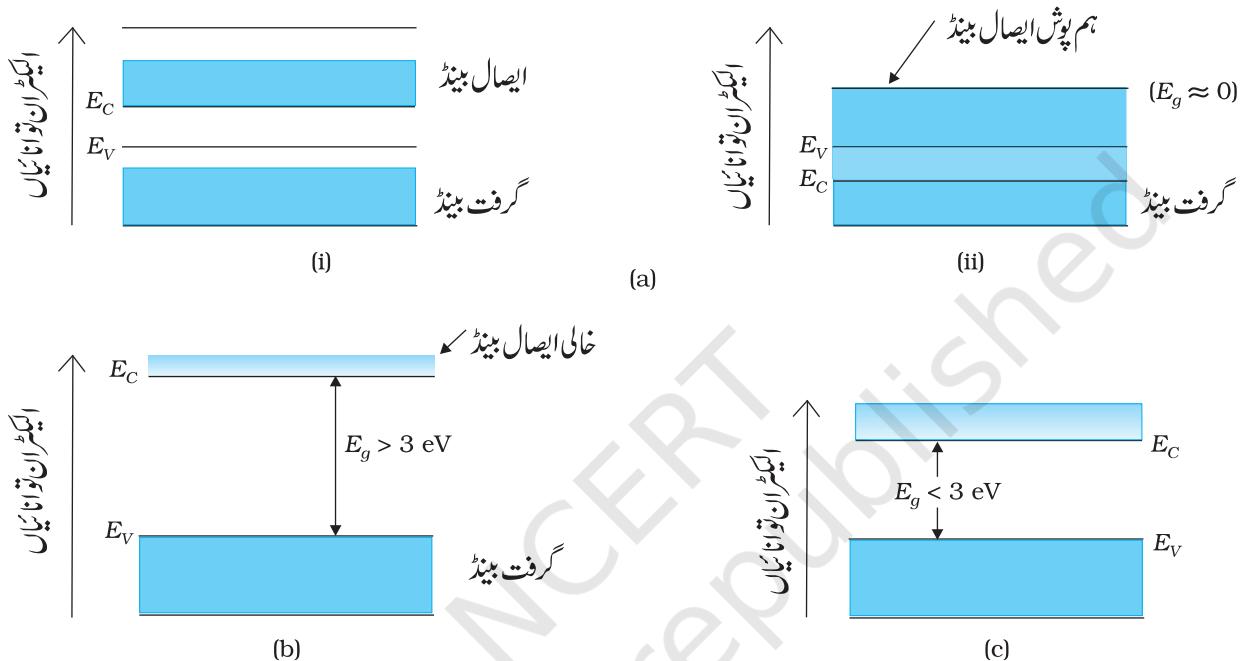
صورت 1: یہ وہ صورت ہے جو شکل (a) 14.2 میں دکھائی گئی ہے۔

ہمیں ایک دھات اس وقت حاصل ہو سکتی ہے جب یا تو ایصال بینڈ

جزوی طور پر بھرا ہوا ہو اور گرفت بینڈ جزوی طور پر خالی ہو یا ایصال

نیم موصول الکٹرانیات: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ

بینڈ اور گرفت بینڈ ہم پوش ہوں۔ جب ہم پوشی پائی جاتی ہے تو گرفت بینڈ سے الکٹران با آسانی ایصال بینڈ میں جاسکتے ہیں۔ اس صورت میں برقی ایصال کے لیے الکٹرانوں کی ایک بڑی تعداد ہمیا ہو جاتی ہے۔ جب گرفت بینڈ جزوی طور پر خالی ہوتا ہے تو اس کی نچلی منزل سے الکٹران مقابتاً اور پری منزل میں جاسکتے ہیں اور اس طرح ایصال ممکن ہو جاتا ہے۔ اس لیے ایسی مادی اشیاء کی مزاجمت کم ہوتی ہے اور ایصالیت کی قدر اعلیٰ ہوتی ہے۔



شکل 14.2: (a) دھاتوں (b) حا جزوں (c) نیم موصلوں کے تو انی بینڈوں کے درمیان فرق

صورت II: اس صورت میں، جیسا کہ شکل 14.2(b) میں دکھایا گیا ہے، ایک طویل بینڈ فصل E_g پائی جاتی ہے، ($E_g > 3 \text{ eV}$)۔ ایصال بینڈ میں کوئی الکٹران نہیں ہوتا اور اس لیے ایصال بالکل ممکن نہیں ہوتا۔ نوٹ کریں کہ تو انی اتنی بڑی ہے کہ الکٹرانوں کو حرارتی اشتغال کے ذریعے گرفت بینڈ سے ایصال بینڈ میں مشتعل نہیں کیا جاتا سکتا۔ یہ حا جزوں کی صورت ہے۔

صورت III: یہ صورت شکل 14.2(c) میں دکھائی گئی ہے۔ یہاں ایک تناہی لیکن خفیف فصل پائی جاتی ہے ($E_g < 3 \text{ eV}$)۔ خفیف بینڈ فصل کی وجہ سے، کمرہ درجہ حرارت پر گرفت بینڈ کے کچھ الکٹران اتنی تو انی حاصل کر سکتے ہیں جو تو انی فصل کو عبور کرنے کے لیے کافی ہو اور ایصال بینڈ میں داخل ہو سکتے ہیں۔ یہ الکٹران (حالانکہ ان کی تعداد کم ہوتی ہے) ایصالی بینڈ میں آسکتے ہیں۔ اس لیے، نیم موصلوں کی مزاجمت اتنی زیادہ نہیں ہوتی جتنی حا جزوں کی ہوتی ہے۔ اس حصہ میں ہم نے دھاتوں، موصلوں اور نیم موصلوں کی موٹے طور پر درجہ بندی کی ہے۔ اگلے حصے میں آپ نیم موصلوں میں ہونے والے ایصالی عمل کے بارے میں سمجھیں گے۔

14.3 ذاتی نیم موصل (INTRINSIC SEMICONDUCTOR)

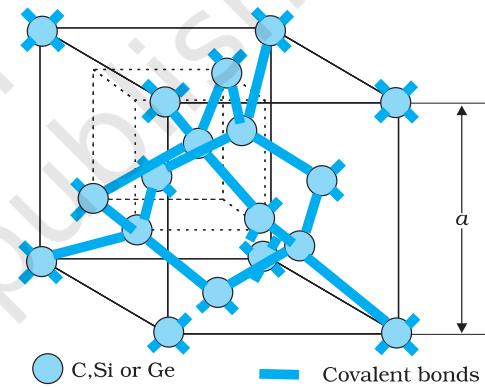
ہم Si اور Ge کی صورت لیتے ہیں، جو عام ترین صورت ہے اور جن کی لیٹس ساخت شکل 14.3 میں دکھائی گئی ہے۔ یہ ساختیں، ہیرے جیسی ساختیں کہلاتی ہیں۔ ہر ایٹم چار قریب ترین پڑوسیوں سے گھرا ہوتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ Si اور Ge میں 4 گرفت الیکٹران ہوتے ہیں۔ اس کی قلمی ساخت میں اس کا ہر ایٹم اپنے چاروں پڑوتوں ایٹموں میں سے ہر ایک کو اپنے چاروں گرفت الیکٹرانوں میں سے ایک ایک الیکٹران بانٹتا ہے اور ہر پڑو تو ایٹم سے ایک ایک الیکٹران کا حصہ لیتا ہے۔ یہ ساجھائیے ہوئے الیکٹران جوڑے ایک شریک گرفت بند بتاتے ہیں۔ سادہ طور پر اسے گرفت بند بھی کہتے ہیں۔ دونوں بانٹے گئے الیکٹرانوں کو مانا جاسکتا ہے کہ وہ جن ایٹموں سے نسلک ہیں ان میں ایک سے دوسرے ایٹم پر آتے جاتے رہتے ہیں اور اس طرح انھیں مضبوطی سے باندھے رکھتے ہیں۔ شکل 14.4 میں شکل 14.3 میں دکھائی گئی ہے۔ یہ ساخت کا 2-ابعادی اظہار دکھایا گیا ہے، جو شریک گرفت بند کو ضرورت سے زیادہ پر زد طریقے سے پیش کرتی ہے۔ اس میں ایک مثالی تصویر دکھائی گئی ہے، جس میں کوئی بندلوٹا نہیں ہے (اور تمام بند اپنی جگہ موجود ہیں)۔ ایسی صورت نیچلے درجات حرارت پر پیدا ہوتی ہے۔ جیسے جیسے درجہ حرارت میں اضافہ ہوتا جاتا ہے، ان الیکٹرانوں کو حرارتی توانائی مہیا ہوتی ہے اور ان میں سے کچھ الیکٹران ٹوٹ کر باہر جاسکتے ہیں (آزاد الیکٹران بن سکتے ہیں اور ایصال میں حصہ لے سکتے ہیں)۔ حرارتی توانائی موثر طور پر قلمی لیٹس میں چند ایٹموں کی ہی آئن سازی کرتی ہے اور بند میں ایک خلو (vacancy) پیدا کرتی ہے، جیسا کہ شکل 14.5(a) میں دکھایا گیا ہے۔ وہ پڑوں (آس پاس کام مقام) جہاں سے آزاد الیکٹران (جس کا چارج $-q$ ہے) باہر آیا ہے ایک خلو چوڑتا ہے جس کا موثر چارج $(+q)$ ہے۔ یہ موثر ثابت الیکٹرانی چارج والا خلو، سوراخ (hole) کہلاتا ہے۔ سوراخ اس طرح برداشت کرتا ہے جیسے کہ وہ موثر ثابت چارج کا باطھر آزاد رہ رہے۔

ذاتی نیم موصلوں میں، آزاد الیکٹرانوں کی تعداد n_e ، سوراخوں کی تعداد n_h کے مساوی ہوتی ہے۔ یعنی کہ

$$n_e = n_h = n_i \quad (14.1)$$

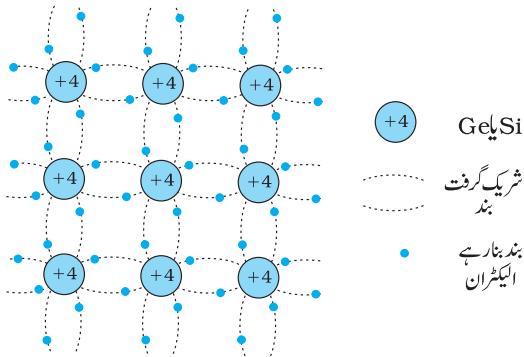
جہاں n_i ذاتی حامل ارتکاز (intrinsic carrier concentration) کہلاتی ہے۔

نیم موصلوں کی ایک یکتا نا صیحت یہ ہے کہ ان میں الیکٹرانوں کے علاوہ، سوراخ بھی حرکت کرتے ہیں۔ فرض کیجیے کہ مقام پر ایک سوراخ ہے، جیسا کہ شکل 14.5(a) میں دکھایا گیا ہے۔ سوراخوں کی حرکت کا تصور ہم اس طور پر سکتے ہیں، جیسا کہ شکل 14.5(b) میں دکھایا گیا ہے۔ مقام 2 پر ایک شریک گرفت بند سے ایک الیکٹران خالی مقام 1 (سوراخ



شکل 14.3: کاربن، سلی کون یا جنمیم کے لیے سہ-ابعادی ہیرے۔ جیسی کرشل ساخت جس میں مطابق لیٹس درمیانی خالی جگہ $3.56, 5.43$ اور \AA ہے۔

نیم موصل الکٹر انیات: ماڈے، آلات اور سادہ سر کٹ

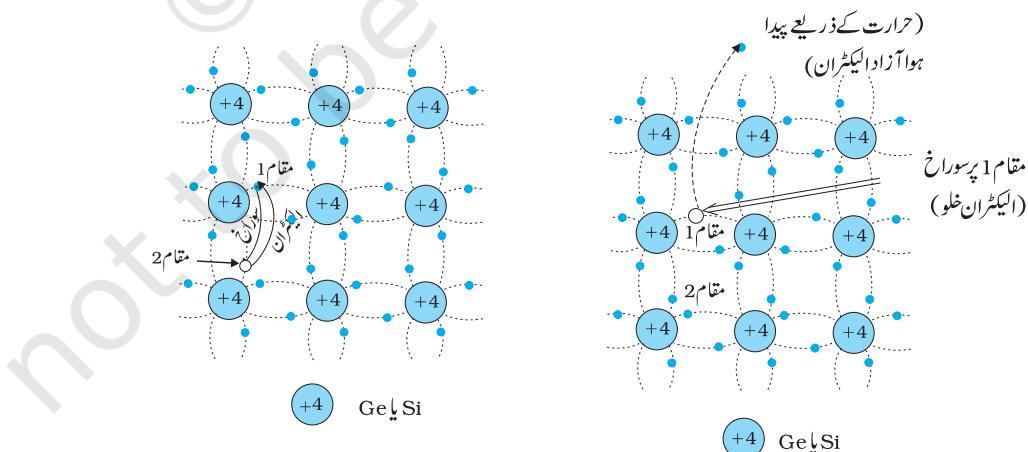


شکل 14.4: Ge_{0.5}Si_{0.5} کی ساخت کا دو بعدی اظہار، جس میں نچلے درجہ حرارت پر شریک گرفت بند دکھائے گئے ہیں (تمام بند برقرار ہیں)۔ علامت +4 Ge_{0.5}Si_{0.5} کے اندر ہونی قابوں کی نشان دہی کرتی ہے۔

پر کوکر پہنچ سکتا ہے۔ اس طرح کی چھلانگ کے بعد اب مقام 2 پر ایک سوراخ ہے اور مقام 1 پر اب ایک الکٹران ہے۔ اس لیے، بظاہر، سوراخ مقام 1 سے حرکت کر کے مقام 2 پر پہنچ گیا ہے۔ نوٹ کریں کہ آغاز میں آزاد ہوا الکٹران [شکل (a) 14.5] سوراخ کی حرکت کے اس عمل میں شامل نہیں ہے۔ آزاد الکٹران، ایصال الکٹران کے بطور مکمل طور پر آزادانہ حرکت کرتا ہے اور ایک الکٹران کرنٹ I_e ، ایک لگائے گئے برقی میدان کے تخت، پیدا کرتا ہے۔ یاد رکھیں کہ جب کرٹل میں کہیں بھی کوئی خالی بند ہو تو سوراخ کی حرکت صرف بند ہے ہوئے الکٹرانوں کی اصل حرکت کو بیان کرنے کا ایک سہل طریقہ ہے۔ ایک برقی میدان کے زیرِ عمل یہ سوراخ منفی مضمون کی جانب حرکت کرتے ہیں اور سوراخ کرنٹ I_h دیتے ہیں۔ اس لیے کل کرنٹ I ، الکٹران کرنٹ I_e اور سوراخ کرنٹ I_h کا حاصل جمع ہے:

$$I = I_e + I_h \quad (14.2)$$

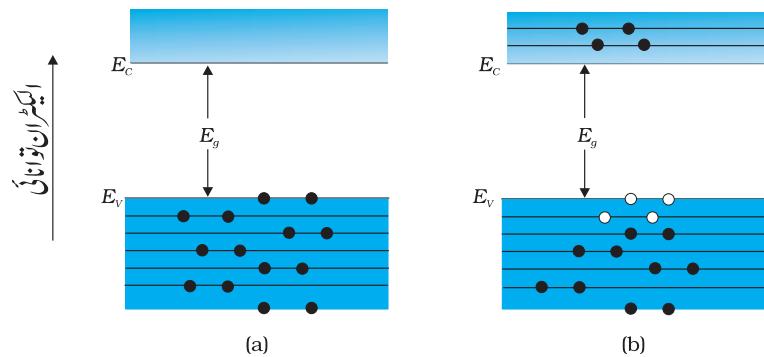
نوٹ کیا جاسکتا ہے کہ ایصال الکٹرانوں اور سوراخوں کے پیدا ہونے کے عمل کے علاوہ ایک ہمہ وقتی عمل ”بازترکیب“ (Re-Combination) بھی ہوتا ہے جس میں الکٹران، سوراخ کے ساتھ دوبارہ مل جاتا ہے۔ حالات توازن میں، چارچ حاملوں کی پیدا ہونے کی شرح، بازترکیب کی شرح کے مساوی ہوتی ہے۔ بازترکیب، ایک الکٹران کے ایک سوراخ سے تصادم کرنے کی وجہ سے ہوتی ہے۔



شکل 14.5(a): درمیانی درجات حرارت پر حرارتی توانائی کی وجہ سے مقام 1 پر سوراخ اور ایصال الکٹران بننے کا خاکہ
ماؤل (b): ایک سوراخ کی مانند حرارتی حرارت کا سادہ کیا ہوا اظہار۔ پہلی باری میں جانب کے شریک گرفت بند (مقام 2) سے الکٹران پہنچلے سوراخ مقام 1 پر جاتا ہے، اور اپنے مقام پر ایک سوراخ چھوڑ دیتا ہے جو مقام 1 سے مقام 2 پر سوراخ کی طاہرہ حرکت کی نشان دہی کرتا ہے۔

ایک ذاتی نیم موصل، $T=OK$ پر ایک حاجز کی طرح بر تاؤ کرتا ہے، جیسا کہ شکل (a) 14.6 میں دکھایا گیا ہے۔ اعلا درجات حرارت پر ($T > OK$) حرارتی توانائی ہی ہے جو کچھ الیکٹرانوں کو گرفت بینڈ سے ایصال بینڈ میں منتقل کرتی ہے۔ یہ حرارتی طور پر مشتعل الیکٹران، $T > OK$ پر، ایصال بند کو جزوی طور پر بھرتے ہیں۔ اس لیے ایک ذاتی نیم موصل کی توانائی۔ بند ڈائیگرام شکل 14.6 (b) میں دکھائی گئی ڈائیگرام ہوگی۔ یہاں، ایصال

بینڈ میں کچھ الیکٹران دکھائے گئے ہیں۔ یہ گرفت بینڈ سے آئے ہیں اور وہاں مساوی تعداد میں سوراخ چھوڑ آئے ہیں۔



شکل (a) $T=OK$ پر ایک ذاتی نیم موصل، حاجز کی طرح بر تاؤ کرتا ہے۔ (b) $T > OK$ پر، چار حرارتی طریقے سے بنے چار الیکٹران۔ بھرے ہوئے دائرے (●) الیکٹرانوں کی اور خالی دائرے (○) سوراخوں کی نمائندگی کرتے ہیں۔

مثال 14.1: Ge, Si, C کی لیٹس ساخت یکساں ہے۔ پھر C حاجز کیوں ہے، جب کہ Ge اور Si

ذاتی نیم موصل ہیں؟

حل: Ge, Si, C کے 4 بندش الیکٹران، حسب ترتیب، دوسرے، تیسرا اور چوتھے مدار میں ہوتے ہیں۔ اس لیے ان ایمیوں سے ایک الیکٹران باہر کانے کے لیے درکار توانائی (یعنی کہ، آئن کاری توانائی E_g Ge کے لیے سب سے کم ہوگی، اس کے بعد Si کے لیے اور C کے لیے سب سے زیادہ ہوگی۔ اس لیے Ge اور Si میں ایصال کے لیے دستیاب آزاد الیکٹرانوں کی تعداد قابل لحاظ ہوتی ہے جب کہ C میں قابل نظر انداز حد تک خفیف ہوتی ہے۔

14.1
پہلے

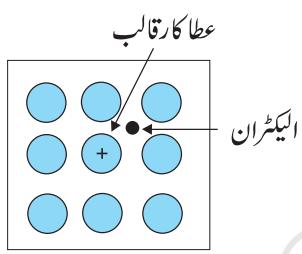
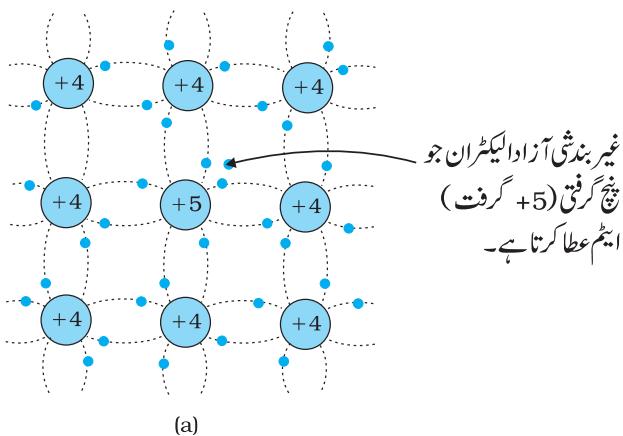
(EXTRINSIC SEMICONDUCTOR) 14.4 بیرونی نیم موصل

ایک ذاتی نیم موصل کی ایصالیت اس کے درجہ حرارت کے تابع ہوتی ہے، لیکن کم رہ درجہ حرارت پر اس کی ایصالیت بہت ادنی ہوتی ہے۔ اس لیے ان نیم موصلوں کو براؤ راست استعمال کر کے کوئی اہم الیکٹران اک آلات نہیں تیار کیے جاسکتے۔ اس لیے ان کی ایصالیت میں اضافہ کرنے کی ضرورت پیش آتی ہے۔ یہ ملاوٹوں (impurities) کو استعمال کر کے کیا جاسکتا ہے۔ جب ایک مناسب ملاوٹ کی بہت خفیف مقدار، فرض کیجیے فی دس لاکھ میں چند حصے، ایک خالص نیم موصل میں ملاوٹ جاتی ہے تو نیم موصل کی ایصالیت میں کئی گناہ اضافہ ہو جاتا ہے۔ ایسے نیم موصلوں کو بیرونی نیم موصل یا ملاوٹ نیم موصل کہتے ہیں۔ ایک پسندیدہ ملاوٹ کا جان بوجھ کر ملایا جانا ”ڈوپنگ“ (doping) (لفظی معنی: نشہ ملانا) کہلاتا ہے اور ملاوٹ کے ایمیں ڈوپنگ کار (Dopants) کہلاتے ہیں۔ ایسی مادی شے کو ڈوپ شدہ نیم موصل

نیم موصل الکٹر انیات: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ

بھی کہتے ہیں۔ ڈوپنگ کا روایا ہونا چاہیے کہ وہ بنیادی اصلی نیم موصل لیٹس کو بگاڑنے نہیں۔ یہ کریل میں بنیادی نیم موصل کے ایٹموں کے بہت ہی کم مقامات کو گھیرتا ہے۔ ایسی صورت حاصل کرنے کے لیے ایک لازمی شرط یہ ہے کہ ڈوپ کا اور نیم موصل کے ایٹموں کے سائز تقریباً یکساں ہونے چاہئیں۔

چوگرفتہ (tetravalent) Ge یا Si میں ڈوپنگ کے لیے دو قسم کے ڈوپنگ کا استعمال کیے جاتے ہیں:



شکل (a) 14.7: چوگرفتہ Ge یا Si کے لیے ڈوپ کیا گیا چوگرفتی عطا کار ایٹم (P, Sb, As، وغیرہ)، جس سے n- قسم نیم موصل حاصل ہوتا ہے۔ اور (b) n- قسم مادی شے کا عام طور سے استعمال کیا جانے والا ہے۔ اظہار، جس میں صرف قائم مقام عطا کاروں کے غیر متحرک قالب ایک اضافی موثر ثبت چارج اور اس سے منسلک اضافی الکٹران کے ساتھ دکھائے گئے ہیں۔

ایسا اس لیے ہوتا ہے کیوں کہ بند بنانے میں حصہ لینے والے چاروں الکٹرانوں کو یہ پانچواں الکٹران ایٹم کے موثر قالب کے بطور لیتا ہے۔ نتیجتاً اس الکٹران کو آزاد کرنے کے لیے درکار آئن کاری تو انائی بہت خفیف ہوتی ہے اور کرہ درج حرارت پر بھی یہ الکٹران نیم موصل کی لیٹس میں حرکت کرنے کے لیے آزاد ہوتا ہے۔ مثلاً، جرمینیم کے لیے اس الکٹران کو اس سے علاحدہ کرنے کے لیے درکار تو انائی: $0.01 \text{ eV} \sim$ ہے اور سلی کون کے لیے 0.05 eV ، جب کہ اس کے مقابلے میں، ممنوع بینڈ کو عبور کرنے کے لیے درکار تو انائی (جرمینیم کے لیے تقریباً 0.72 eV) اور سلی

(i) پنج گرفت (5+) [Pentavalent]: جیسے آرسینک (As)،

ائینی منی (Sb) فوسفورس (P) وغیرہ

(ii) سه گرفت (3+) [trivalent]: جیسے انڈیم (In)، بورن (B)،

المونیم (Al) وغیرہ

اب ہم اس سے بحث کریں گے کہ ڈوپنگ کس طرح نیم موصلوں میں چارج حاملوں کی تعداد (اور اس طرح ان کی ایصالیت) تبدیل کردیتی ہے۔ یہ ڈوپنگ کا عنصر اس کے قریبی گروپ، پانچویں یا تیسرا گروپ، سے منتخب کرتے ہیں اور اس طرح اس بات کا خیال رکھتے ہیں کہ ڈوپنگ کار ایٹم کا سائز، Si یا Ge ایٹم کے سائز کے تقریباً یکساں ہو۔ دلچسپ بات یہ ہے کہ Ge یا Si میں پنج گرفت اور سہ گرفت ڈوپنگ کا رشماں کرنے سے دو بالکل مختلف قسم کے نیم موصل حاصل ہوتے ہیں، جیسا کہ ذیل میں بحث کی گئی ہے۔

- قسم نیم موصل (n-type semiconductor)

فرض کیجیے ہم Ge یا Si کو ایک پنج گرفت عنصر سے ڈوپ کرتے ہیں، جیسا کہ شکل 14.7 میں دکھایا گیا ہے۔ جب ایک 5+ گرفت والے عنصر کا ایٹم، Si کی کریل لیٹس میں ایک ایٹم کی جگہ گھیرتا ہے، تو اس کے الکٹرانوں میں سے چاراں الکٹران تو چار سلی کون پوسیوں سے بند بناتے ہیں جب کہ پانچواں الکٹران اپنے موروثی ایٹم سے کمزور طور پر بند ہمارتا ہے۔

کون کے لیے تقریباً 1.1 eV)، کمرہ درجہ حرارت پر، ذاتی نیم موصلوں میں کہیں زیادہ ہے۔ اس طرح، پیچ گرفتی ڈوبنگ کار، ایصال کے لیے ایک اضافی الیکٹران عطا کرتا ہے اور اس لیے اسے عطا کار ملاوٹ (donor impurity) کہتے ہیں۔ ڈوبنگ کار ایٹموں کے ذریعے ایصال کے لیے مہیا کیے گئے الیکٹرانوں کی تعداد، ڈوبنگ سطح کے بہت زیادہ تابع ہے اور محض درجہ حرارت میں ہونے والے کسی بھی اضافے کے غیر تابع ہے۔ دوسری طرف، Si ایٹموں سے پیدا ہوئے آزاد الیکٹرانوں کی تعداد (سوراخوں کی مساوی تعداد کے ساتھ) میں درجہ حرارت کے ساتھ معمولی سا اضافہ ہوتا ہے۔

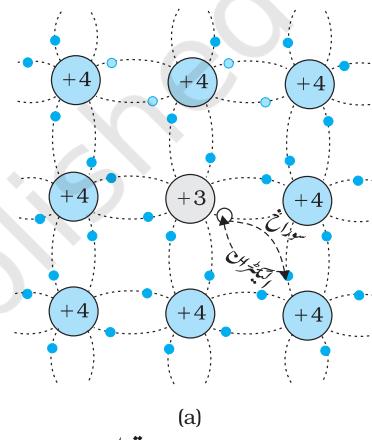
ایک ڈوبنگ شدہ نیم موصل میں ایصال الیکٹرانوں کی کل تعداد n_e ، عطا کاروں کے ذریعے مہیا کیے گئے الیکٹران اور ذاتی طور پر پیدا ہوئے الیکٹرانوں پر مشتمل ہوتی ہے جب کہ سوراخوں کی تعداد n_h صرف ذاتی ماغذہ (source) کی وجہ سے پیدا ہوئے سوراخوں پر مشتمل ہوتی ہے۔ لیکن سوراخوں کے باز اتحاد کی شرح میں، الیکٹرانوں کی تعداد میں اضافہ کی وجہ سے، اضافہ ہو جائے گا۔ نتیجتاً سوراخوں کی تعداد مزید کم ہو جائے گی۔

اس لیے، ڈوبنگ کی مناسب سطح کے ساتھ، ایصالی الیکٹرانوں کی تعداد کو سوراخوں کی تعداد سے بہت زیادہ کیا جاسکتا ہے۔ اس لیے ایک یہودی نیم موصل میں، جسے پیچ گرفتی ملاوٹ کے ساتھ ڈوب کیا گیا ہو، الیکٹران آکثریتی حامل ہو جاتے ہیں اور سوراخ اقلیتی حامل۔ اس لیے یہ نیم موصل، $n_e > n_h$ - قسم نیم موصلوں کے لیے:

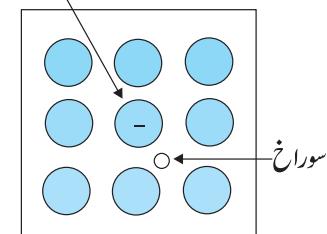
$$n_e >> n_h \quad (14.3)$$

قسم نیم موصل (p-type semiconductor) (ii)

یہ اس وقت حاصل ہوتا ہے جب Si یا Ge میں ایک سہ گرفتی ملاوٹ، جیسے Al، In، B، وغیرہ، کی ڈوبنگ کی جاتی ہے۔ ڈوبنگ کار میں Si یا Ge کے مقابلے میں ایک الیکٹران کم ہے، اس لیے یہ ایٹم اپنے تین پڑوںی Si ایٹموں سے شریک گرفت بند بنا سکتا ہے لیکن چوتھے Si ایٹم کو پیش کرنے کے لیے اس کے پاس کوئی الیکٹران نہیں ہے۔ اس لیے چوتھے پڑوںی اور سہ گرفتی ایٹم کے درمیان بند میں ایک خلوی سوراخ ہوتا ہے، جیسا کہ شکل 14.8 میں دکھایا گیا ہے۔ کیوں لپیٹس میں پڑوںی Si ایٹم کو سوراخ کی جگہ ایک الیکٹران چاہیے ہوتا ہے، اس لیے ایٹم کے باہری مدار سے ایک الیکٹران اس خلوکوپ کرنے کے لیے آسکتا ہے اور خود اپنے مقام پر ایک خلوی سوراخ چھوڑ سکتا ہے۔ اس لیے سوراخ، ایصال کے لیے دستیاب ہے۔ نوٹ کریں کہ سہ گرفتی یہودی ایٹم ہوش طور پر منفی چارج شدہ ہو جاتا ہے جب وہ چوتھا الیکٹران پڑوںی Si ایٹم سے باٹھتا ہے۔ اس لیے p- قسم مادی شے کے ڈوبنگ کار ایٹم کو ایک منفی چارج کا قالب معادس سے منسلک سوراخ، مانا جاسکتا ہے، جیسا کہ شکل (b) 14.8 میں دکھایا گیا ہے۔ یہ ظاہر ہی ہے کہ ایک قبول کار (acceptor) ایٹم ایک



(a) قبول کار قاب



(b)

شکل (a): چوچ گرفتی Si یا Ge لپیٹ میں ڈوب کیا گیا ہے گرفتی قبول کار ایٹم (In, Al, B) (p-type) قسم نیم موصل فراہم کرتا ہے۔ (b): p- قسم مادی شے کا عام طور سے استعمال ہونے والا خاکہ اظہار، جس میں صرف قائم مقام قبول کار کا غیر متحرک قاب ایک موڑ اضافی منفی چارج اور اس سے منسلک سوراخ دکھائے گئے ہیں۔

نیم موصل الکٹر انیات: مادے، آلات اور سادہ سرکٹ

سوراخ مہیا کرتا ہے۔ یہ سوراخ ان سوراخوں کے علاوہ ہیں جو ذاتی طور پر پیدا ہوتے ہیں، جب کہ ایصال الکٹرانوں کا ماخذ صرف ذاتی پیداوار ہے۔ اس لیے، اس طرح کی مادی شے کے لیے، سوراخ اکثریتی حامل ہیں اور الکٹران اقلیتی حامل ہیں۔ اس لیے سہ گرفتی ملاوٹ سے ڈوب کیے گئے بیرونی نیم موصل، p- قسم نیم موصل کھلاتے ہیں۔ p- قسم نیم موصلوں کے لیے، باز اتحاد کا عمل، ذاتی طور پر پیدا ہوئے الکٹرانوں کی تعداد n_e کو کم کر کے n_e کردیتا ہے۔ p- قسم نیم موصلوں کے لیے

$$n_h >> n_e \quad (14.4)$$

نوٹ کریں کہ کرشل مجموعی چارج معادلیت برقرار رکھتا ہے کیوں کہ اضافی چارج حاملوں کا چارج، لیپس میں آئن شدہ قالبوں کے چارج کے بالکل مساوی اور مختلف ہوتا ہے۔

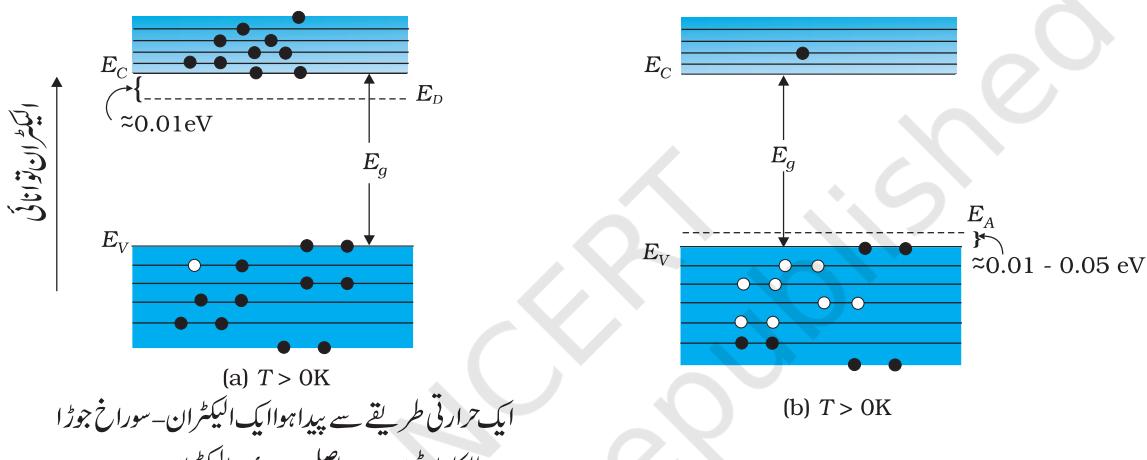
بیرونی نیم موصلوں میں، اکشیریتی کرنٹ حاملوں کی زیادتی کی وجہ سے، حری طریقے سے پیدا ہوئے اقلیتی چارج حاملوں کے لیے اکشیریتی حاملوں سے مل سکنے کا اور اس طرح فنا ہو جانے کا امکان زیادہ ہوتا ہے۔ اس لیے، ڈوبنگ کا رائیک قسم کے کرنٹ حاملوں کی ایک بڑی تعداد مہیا کر کے، جو اکشیریتی حامل بن جاتے ہیں، بالواسطہ طور پر اقلیتی حاملوں کے ذاتی ارتکاز کو کم کرنے میں مدد کرتا ہے۔

نیم موصل کی توانائی بینڈ ساخت ڈوبنگ سے متاثر ہوتی ہے۔ بیرونی نیم موصلوں کی صورت میں، عطا کار ملاوٹوں اور قبول کار ملاوٹوں کی وجہ سے اضافی توانائی حالتیں (بالترتیب، E_A اور E_D) بھی پائی جاتی ہیں۔ n- قسم Si نیم موصل کی توانائی بینڈ ڈائیگرام میں، عطا کار توانائی منزل E_D ، ایصال بینڈ کی تلی (bottom)، E_D سے ذرا سایچے ہوتی ہے اور اس منزل سے الکٹران، خفیف توانائی مہیا کیے جانے پر بھی، ایصال بینڈ میں چلے جاتے ہیں۔ کمرہ درجہ حرارت پر زیادہ تر عطا کار ایٹھوں کی آئن سازی ہو جاتی ہے۔ Si کے بہت ہی کم ایٹھوں ($\sim 10^{-12}$) کی آئن سازی ہوتی ہے۔

اس لیے ایصال بینڈ میں آنے والے زیادہ تر الکٹران عطا کار ملاوٹوں سے آتے ہیں، جیسا کہ شکل (a) 14.9 میں دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح، p- قسم نیم موصلوں کے لیے، قبول کار توانائی منزل E_A ، گرفت بینڈ کی سب سے اوپری سطح E_V سے ذرا سا اوپر ہوتی ہے، جیسا کہ شکل (b) 14.9 میں دکھایا گیا ہے۔ توانائی کی بہت خفیف مقدار فراہم کرنے پر گرفت بینڈ سے ایک الکٹران، منزل E_A پر پہنچ سکتا ہے اور قبول کار کی منفی آئن سازی کر سکتا ہے۔ (متداول طور پر، ہم یہ بھی کہہ سکتے ہیں کہ توانائی کی بہت خفیف مقدار فراہم کرنے پر، منزل E_A سے سوراخ، نیچے ڈوب کر گرفت بینڈ میں آ جاتا ہے۔ باہری توانائی حاصل کرنے پر الکٹران اوپر اٹھ جاتے ہیں اور سوراخ نیچے گرجاتے ہیں) کمرہ درجہ حرارت پر زیادہ تر قبول کار ایٹھوں کی آئن سازی ہو جاتی ہے اور اس طرح گرفت بینڈ میں سوراخ رہ جاتے ہیں۔ اس لیے، کمرہ درجہ حرارت پر، گرفت بینڈ میں سوراخوں کی کثافت، زیادہ تر بیرونی نیم موصل میں ملاوٹ کی وجہ سے ہوتی ہے۔ ایک نیم موصل میں، حرارتی توازن کی حالت میں، الکٹران اور سوراخ کے ارتکاز دیے جاتے ہیں۔

14.5

حالاں کہ مندرجہ بالا بیان بڑی حد تک تقریبی ہے اور مفروضوں پر مبنی ہے، پھر بھی اس سے دھاتوں، حا جزوں اور نیم موصلوں (بیرونی اور زانی) کے درمیان فرق کو سادہ طور پر سمجھنے میں مدد ملتی ہے۔ C، Si، Ge اور (resistivity) کی مزاحمت (resistivity) میں فرق ان کے ایصال بینڈ اور گرفت بینڈ کے درمیان تو ان کی فصل پر منحصر ہے۔ C، Si، Ge اور (ہپرا) کے لیے یہ تو ان کی فصل، بالترتیب، ہیں: Sn، 0.7 eV، 1.1 eV، 5.4 eV اور IV گروپ عضو ہے لیکن یہ ایک دھات ہے، کیون کہ اس میں تو ان کی فصل O eV ہے۔



شکل 14.9: تو انی بینڈ (a) $T > 0K$ پر - قسم نیم موصل کے قسم نیم موصل کے

مثال 2.4: فرض کیجیے ایک خالص Si کریل میں $10^{28} \text{ ایٹم } \text{ فی } \text{m}^{-3}$ ہیں۔ اسے پنج گرفتی As کے ppm ارتکاز سے ڈوب کیا گیا ہے۔ الکٹرانوں اور سوراخوں کی تعداد کا حساب لگائیے۔

$$n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$$

حل: نوٹ کریں کہ حرارتی طریقے پر پیدا ہوئے الکٹرانوں کی تعداد ($n_i \sim 10^{16} \text{ m}^{-3}$)، ڈوبنگ کے ذریعے پیدا ہوئے الکٹرانوں کی تعداد کے مقابلے میں قبل نظر انداز حد تک خفیف ہے۔ اس لیے:

$$n_e \approx N_D$$

$$n_e n_h = n_i^2$$

$$n_h = \frac{(2.25 \times 10^{32})}{(5 \times 10^{22})}$$

$$\sim 4.5 \times 10^9 \text{ m}^{-3}$$

مثال 14.2

14.5 پی-این جنکشن (p-n JUNCTION)

ایک p-n جنکشن کئی نیم موصل آلات، جیسے ڈائوڈ، ترانسیستروں اور غیرہ، کا بنیادی جز ترکیبی ہے۔ جنکشن کے بر تاؤ کا واضح فہم دیگر نیم موصل آلات کی کارکردگی کا تجزیہ کر سکنے کے لیے، بہت اہم ہے۔ اب ہم یہ سمجھنے کی کوشش کریں گے کہ ایک جنکشن کیسے تشکیل پاتا ہے اور باہری اطلاقی و دلیل (جسے میلان Bias) بھی کہتے ہیں اس کے زیرا شرائیک جنکشن کیسے بر تاؤ کرتا ہے۔

14.5.1 پی-این جنکشن کی تشکیل (p-n Junction formation)

ایک پیلا p- قسم سلی کون (p-Si) نیم موصل ورق (ویفر wafer) لیجیے۔ پچ گرفتی ملاوٹ کی ایک نہایت درست خفیف مقدار شامل کر کے، Si-p ویفر کے ایک جز کو Si-n میں تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ ایسے کئی طریقے ہیں جن کے ذریعے ایک نیم موصل تشکیل دیا جاسکتا ہے۔ ویفر میں اب ایک p-n علاقہ ہے اور ایک p-n علاقوں کے درمیان ایک فلزکاری (metallurgical) جنکشن ہے۔

ایک p-n جنکشن کی تشکیل کے دوران دو اہم عمل ہوتے ہیں: نفوذ (Diffusion) اور بادا اور دگی (Drift)۔ ہم جانتے ہیں کہ ایک n- قسم نیم موصل میں، الیکٹرونوں کا ارتکاز (الیکٹرونوں کی تعداد فی اکائی جم) سوراخوں کے ارتکاز سے زیادہ ہوتا ہے۔ اسی طرح ایک p- قسم نیم موصل میں سوراخوں کا ارتکاز الیکٹرونوں کے ارتکاز سے زیادہ ہوتا ہے۔ ایک p-n جنکشن کی تشکیل کے دوران، -p اور -n اطراف میں ارتکاز ڈھلان کی وجہ سے، سوراخ p- جانب سے n- جانب (p→n) نفوذ کرتے ہیں اور الیکٹران n- جانب سے p- جانب نفوذ کرتے ہیں (n-p)۔ چارچ حاملوں کی اس حرکت کی وجہ سے جنکشن کے سروں کے درمیان ایک نفوذ کرنٹ پیدا ہوتا ہے۔

جب ایک الیکٹران p→n نفوذ کرتا ہے تو یہ n- جانب ایک آئن شدہ عطا کار چھوڑ آتا ہے۔ یہ آئن شدہ عطا کار (ثبت چارچ) غیر متحرک ہوتا ہے۔ کیوں کہ یہ اپنے ارگرد کے ایمیوں سے بندھا ہوتا ہے۔ جیسے جیسے الیکٹران P→n نفوذ کرنا جاری رکھتے ہیں، ثبت چارچ کی ایک تہہ، (ثبت چارچ - فضاعلاقہ) جنکشن کی n- جانب بنتی جاتی ہے۔

اسی طرح جب n→p ایک سوراخ نفوذ کرتا ہے، جس کی وجہ ارتکاز ڈھلان ہے، تو یہ اپنے پیچھے ایک آئن شدہ قبول کار (منفی چارچ) چھوڑ آتا ہے جو کہ غیر متحرک ہوتا ہے۔ جیسے جیسے سوراخ نفوذ جاری رکھتے ہیں، منفی چارچ کی ایک تہہ (یا منفی چارچ - فضاعلاقہ)، جنکشن کی p- جانب بنتی جاتی ہے۔ یہ فضا - چارچ علاقہ، جو جنکشن کے دونوں جانب ہوتا ہے، مل کر عسرت علاقہ (Depletion region) کہلاتا ہے کیوں کہ جنکشن کے سروں کے درمیان آغازی حرکت میں حصہ لینے والے الیکٹران اور سوراخ اس علاقے کو اس کے آزاد چارچوں سے خالی کر دیتے ہیں (شکل 4.10)۔ عسرت علاقہ کی موٹائی ایک مائیکرومیٹر کے دسویں حصے کے درجے کی ہوتی ہے۔ جنکشن کی n- جانب ثبت فضا - چارچ علاقہ کی وجہ سے اور جنکشن کی p- جانب منفی فضا - چارچ علاقے کی وجہ سے ایک برقی میدان پیدا ہوتا

ہے جس کی سمت ثابت چارج سے منفی چارج کی جانب ہوتی ہے۔ اس میدان کی وجہ سے جتناشn کی p-جانب کا الکٹران n-جانب حرکت کرتا ہے اور جتناشn کی n-جانب کا ایک سوراخ-p جانب حرکت کرتا ہے۔ بر قی میدان کی وجہ سے چارج حاملوں کی حرکت بادآوردگی (drift) کھلاتی ہے۔ اس طرح ایک بادآوردگی کرنٹ، جو سمت میں نفوذ کرنٹ کے مقابلہ ہوتا ہے، بہنا شروع ہو جاتا ہے (شکل 14.10)۔

شروعات میں، نفوذ کرنٹ زیادہ ہوتا ہے اور بادآوردگی کرنٹ کم ہوتا ہے۔ جیسے جیسے نفوذ کا

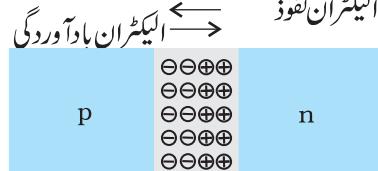
عمل جاری رہتا ہے، فضا-چارج علاقے، جتناشn کے دونوں جانب، وسیع ہوتے جاتے ہیں، جس سے بر قی میدان کی طاقت میں اضافہ ہوتا جاتا ہے اور اس لیے بادآوردگی کرنٹ بڑھتا جاتا ہے۔ عمل جاری رہتا ہے تک کہ بادآوردگی کرنٹ، نفوذ کرنٹ کے مساوی ہو جاتا ہے۔ اس طرح ایک p-n جتناشn تشکیل پاتا ہے۔ ایک p-n جتناشn میں، حالت توازن میں کوئی کرنٹ نہیں ہوتا۔

علاقے سے الکٹرانوں کا زیاب اور p-علاقے میں الکٹرانوں کے حصول کی وجہ سے دونوں علاقوں کے جتناشn کے سروں کے درمیان ایک مضمر فرق پیدا ہو جاتا ہے۔ اس مضمر کی قطبیت ایسی ہوتی ہے کہ وہ حاملوں کے مزید بہاؤ کی مخالفت کرتی ہے تاکہ ایک توازن کی حالت رہ سکے۔ شکل 14.11 میں حالت توازن میں p-n جتناشn اور جتناشn کے سروں کے درمیان مضمر دکھایا گیا ہے۔ n-مادی شے کی الکٹران ضائع کیے ہیں جب کہ p-مادی شے نے الکٹران حاصل کیے ہیں۔ اس لیے p-مادی شے کی مناسبت سے n-مادی شے ثابت ہے۔ کیوں کہ یہ مضمر n-علاقے سے p-علاقے میں الکٹرانوں کی حرکت روکنے کی کوشش کرتا ہے، اسے اکثر روک مضمر (Barrier Potential) کہتے ہیں۔

مثال 14.3: کیا ہم p-قشم نیم موصل کی ایک سل کو n-قشم نیم موصل کی ایک سل سے طبعی طور پر جوڑ کر p-n جتناشn حاصل کر سکتے ہیں؟

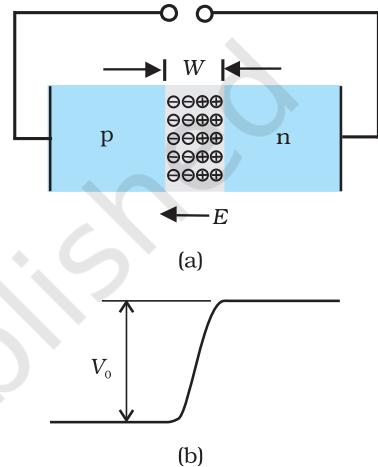
حل: نہیں! کوئی بھی سل (slab) چاہے وہ کتنی چپٹی (flat) بھی کیوں نہ ہو، اس میں کرٹسل کے ایٹموں کی درمیانی خالی جگہ (~ 2 to 3 \AA) سے زیادہ کھرد اپن ہو گا اور اس لیے ایٹمی سطح پر مستقل تماس ممکن نہیں ہے۔ بہرہ رہے چارج حاملوں کے لیے جتناشn ایک عدم تسلسل (Discontinuity) کے بطور برداشت کرے گا۔

الکٹران نفوذ



عسرت علاقے \longleftrightarrow سوراخ نفوذ
سوراخ باداوردگی \longleftrightarrow سوراخ باداوردگی

شکل 14.10: جتناشn تشکیل پانے کا عمل



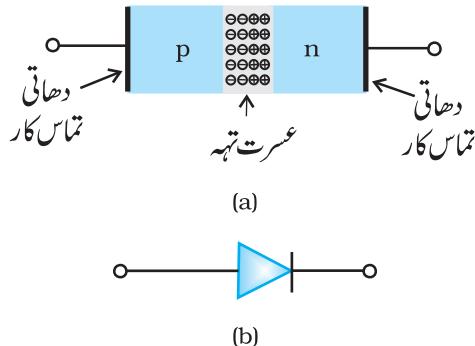
شکل 14.11: (a) حالت توازن میں (v=0) ایک ڈائوڈ (b) بغیر کسی میلان کے تحت روک مضمر

مثال 14.3

14.6 نیم موصل ڈائیوڈ (SEMICONDUCTOR DIODE)

ایک نیم موصل ڈائیوڈ [شکل (a)] 14.12 بنیادی طور پر ایک p-n جتناشn ہے جس کے سروں پر یہ ورنی و لیٹ کا اطلاق کرنے کے لیے دھاتی تماس کا رکھ لے ہوتے ہیں۔ یہ ایک دو ٹرینیل آلمہ ہے۔ ایک p-n جتناشn کو عالمتی طور پر ایسے ظاہر کرتے ہیں جیسے شکل (b) 14.12 میں دکھایا گیا ہے۔

نیم موصل الکٹریٹیٹیٹ: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ



شکل 14.12: (a) نیم موصل ڈائوڈ (b) p-n جنکشن ڈائوڈ کی علامت

تیر کے نشانوں کی سمت کرنٹ کی قرارداد کے مطابق دی جانے والی (conventional) سمت کو ظاہر کرتی ہیں (جب کہ ڈائیوڈ پیش مائل ہے)۔ حالت توازن مضمون ڈائیوڈ کے سروں کے درمیان ایک بیرونی ولٹیج V کا اطلاق کر کے تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ p-n جنکشن ڈائیوڈ کی توازن حالت (بغیر میلان کے) شکل (a) 14.11 اور (b) میں دکھائی گئی ہے۔

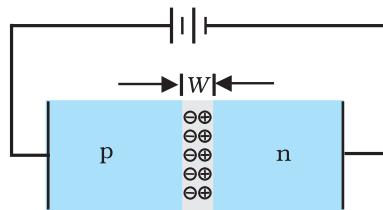
14.6.1 پیش مائل پی-این جنکشن ڈائیوڈ (p-n junction diode under forward bias)

جب ایک نیم موصل ڈائیوڈ کے سروں کے درمیان ایک بیرونی ولٹیج V کا اطلاق اس طور پر کیا جاتا ہے کہ p- علاقہ کو بیڑی کے ثابت ٹرینل سے منسلک کیا جاتا ہے اور n- جانب کو منفی ٹرینل سے (شکل (a) 14.13) تو یہ پیش مائل کہلاتا ہے۔ اطلاقی ولٹیج کا زیادہ تر حصہ عسرتی علاقے کے سروں کے درمیان ہوتا ہے اور جنکشن کے p- جانب اور n- جانب کے سروں کے درمیان یہ ولٹیج قبل نظر انداز ہوتی ہے۔ (ایسا اس لیے ہوتا ہے کیوں کہ عسرت علاقے۔ ایسا علاقہ جس میں کوئی چارج نہیں ہیں۔ کی مزاحمت، n- جانب اور p- جانب کی مزاحمت کے مقابلے میں بہت زیادہ ہوتی ہے) اطلاقی ولٹیج کی سمت، اندر قائم ہوئے مضمون V_0 کی سمت کے مقابلے میں بہت زیادہ ہوتی ہے۔ نتیجتاً، عسرت علاقے کی چوڑائی کم ہو جاتی ہے اور رکاوٹ کی اونچائی بھی کم ہو جاتی ہے [شکل (b) 14.13]۔ پیش میلان کے تحت موثر رکاوٹ اونچائی $(V_0 - V)$ ہے۔

اگر لگائی گئی ولٹیج کی قدر خفیف ہے، تو رکاوٹ مضمون بھی توازن قدر سے تھوڑا سا کم ہو گا اور مادی شے میں حاملوں کی صرف ایک خفیف تعداد۔ وہ حامل جو سب سے اوپری تو انائی منزلوں میں ہوں گے۔ کی ہی اتنی تو انائی ہو گی کہ وہ جنکشن کو عبور کر سکیں۔ اس لیے کرنٹ کی قدر بھی خفیف ہو گی۔ اگر ہم لگائی گئی ولٹیج کی قدر میں قابل لحاظ اضافہ کر دیں تو رکاوٹ اونچائی کم ہو جائے گی اور زیادہ حاملوں کی تو انائی درکار تو انائی سے زیادہ ہو جائیگی۔ اس لیے کرنٹ میں اضافہ ہو جائے گا۔ لگائی گئی ولٹیج کی وجہ سے، n- جانب سے الیکٹران، عسرت۔ علاقہ کو عبور کر لیتے ہیں اور p- جانب پہنچ جاتے ہیں (جہاں وہ اقلیتی حامل ہیں)۔ اسی طرح p- جانب سے سوراخ جنکشن کو پار کر لیتے ہیں اور n- جانب پہنچ جاتے ہیں (جہاں وہ اقلیتی حامل ہیں)۔ پیش میلان کے تحت ہونے والا یہ عمل اقلیتی حامل داخل (minority carrier injection) کہلاتا ہے۔ جنکشن حد پر (دونوں طرف)، اقلیتی حاملوں کا ارتکاز، جنکشن سے زیادہ فاصلوں کے مقامات پر ان کے ارتکاز کے مقابلے سے قابل لحاظ حد تک بڑھ جاتا ہے۔

اس ارتکاز ڈھلان کی وجہ سے، p- جانب داخل کیے گئے الیکٹرانوں کا، p- جانب کے جنکشن کنارے سے

p-جانب کے دوسرے سرے میں، نفوذ ہو جاتا ہے (شکل 14.14)۔ دونوں جانب چارج حاملوں کی اس حرکت سے کرنٹ پیدا ہوتا ہے۔ کل ڈائیوڈ پیش کرنٹ، سوراخ نفوذ کرنٹ اور الیکٹران نفوذ کی وجہ سے پیدا ہونے والے، قرارداد کے مطابق، کرنٹ کا حامل جمع ہوتا ہے۔ اس کرنٹ کی عددی قدر mA کے درج کی ہوتی ہے۔



14.6.2 پس مائل پی۔ این جنکشن ڈائیوڈ

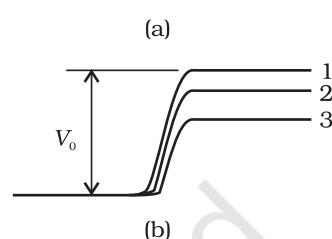
(p-n junction diode under reverse bias)

جب ایک بیروفی ولٹیج V کا اطلاق اس طرح کیا جاتا ہے کہ ڈائیوڈ کی n-p-جانب ثابت ہو اور p-جانب منفی ہوتا ہے [شکل 14.15(a)]۔ لگائی گئی ولٹیج کا زیادہ تر حصہ عصرت علاقے کے سروں کے درمیان ہوتا ہے۔ لگائی گئی ولٹیج کی سمت بھی وہی ہوتی ہے جو رکاوٹ مضمر کی سمت ہے۔ نتیجًا رکاوٹ اونچائی میں اضافہ ہو جاتا ہے اور عصرت علاقہ، برقی میدان میں تبدیلی کی وجہ سے، مزید چوڑا ہو جاتا ہے۔ پس میلان کے تحت موثر رکاوٹ اونچائی ($V_0 + V$) ہے [شکل 14.15(b)]۔ اس لیے، نفوذ کرنٹ، پیش میلان کے تحت ڈائیوڈ کے مقابلے میں بہت کم ہو جاتا ہے۔

جنکشن کے برقی میدان کی سمت اس طرح ہوتی ہے کہ اگر p-جانب پر الیکٹران یا n-p-جانب پر سوراخ، اپنی بے ترتیب حرکت کے دوران جنکشن کے قریب آئیں تو وہ اس کے اکثریتی علاقے میں دھکیل دیے جائیں۔ حاملوں کی یہ بادآور دگی کرنٹ پیدا کرتی ہے۔ بادآور دگی کرنٹ چند mA کے درجہ تک میلان کے تحت قیلیں ہے کیوں کہ یہ حاملوں کی ان کی اقلیتی۔ جانب سے اکثریتی۔ جانب کی طرف جنکشن کے سروں کے درمیان حرکت کی وجہ سے ہے۔ پیش میلان کے تحت بھی بادآور دگی کرنٹ ہوتا ہے، لیکن یہ قابل نظر انداز ہوتا ہے (μA)۔ اگر اس کا مقابلہ داخل کیے گئے حاملوں کی وجہ سے پیدا ہوئے کرنٹ سے کیا جائے جو mA میں ہوتا ہے۔

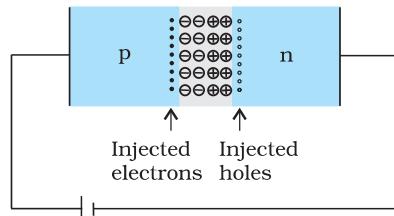
ڈائیوڈ پس کرنٹ، لگائی گئی ولٹیج کے بہت زیادہ تابع نہیں ہوتا۔ بہت قلیل ولٹیج بھی اقلیتی حاملوں کو جنکشن کی ایک جانب سے جنکشن کی دوسری جانب دھکلنے کے لیے کافی ہوتی ہے۔ کرنٹ، لگائی گئی ولٹیج کی عددی قدر سے محروم نہیں ہوتا بلکہ جنکشن کے دونوں جانب اقلیتی حاملوں کے ارتکاز سے محدود ہوتا ہے۔

پس میلان کے تحت کرنٹ بنیادی طور پر، ایک فاصل پس میلان ولٹیج تک، ولٹیج کے غیر تابع ہوتا ہے، جو تطبی ولٹیج (Breakdown Voltage) V_{br} کہلاتی ہے۔ جب $V = V_{br}$ تو ڈائیوڈ پس کرنٹ بہت تیزی سے بڑھتا ہے۔ میلان ولٹیج میں ذرا سا اضافہ بھی کرنٹ میں بڑی تبدیلی پیدا کرتا ہے۔ اگر پس کرنٹ کی قدر کو شمارشہ قدر (Rated Value) (Rating Value) (بنانے والے کے ذریعے معین کی گئی) سے نیچے ایک بیروفی سرکٹ کے ذریعے محدود نہ رکھا جائے تو p-n-p جنکشن خراب ہو جائے گا۔ جب یہ اپنی شمارشہ قدر سے زیادہ ہو جاتا ہے تو زیادہ گرم ہو جانے کی وجہ سے ڈائیوڈ خراب ہو جاتا ہے۔ ایسا پیش میلان کے تحت بھی ہو سکتا ہے اگر پیش کرنٹ اپنی شمارشہ قدر سے زیادہ ہو جائے۔

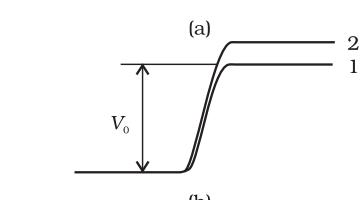
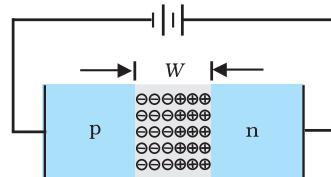


شکل 14.13: (a) پیش میلان کے تحت جنکشن (b) رکاوٹ مضمر (i) بیڑی کے بغیر (ii) قلیل بیڑی ولٹیج (iii) اعلا بیڑی ولٹیج

داخل کیے گئے سوراخ داخل کیے گئے الیکٹران

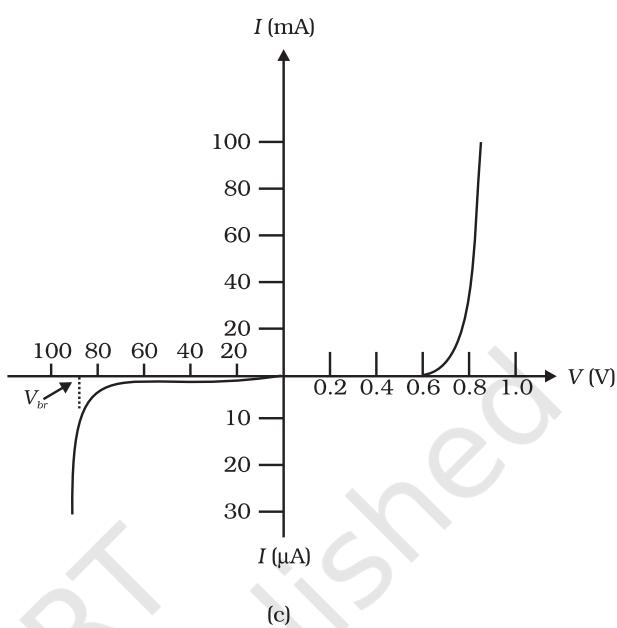
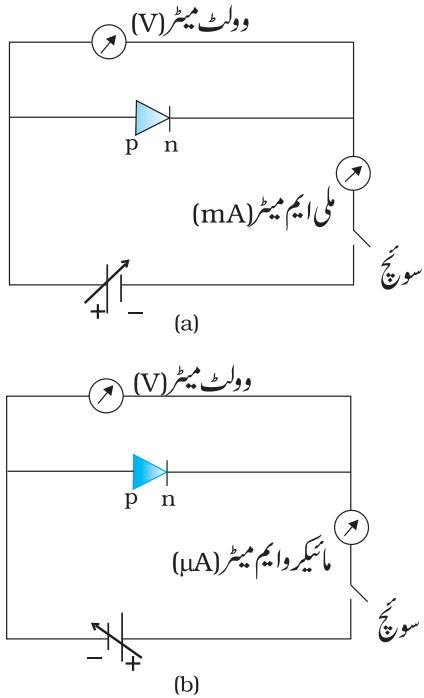


شکل 14.4: پیش میلان اقلیتی حامل داخل



شکل 14.15: (a) پس میلان کے تحت (b) پس میلان کے تحت رکاوٹ مضمر

نیم موصل الکٹر انیات: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ



شکل 14.16: ایک p-n جنکشن ڈائوڈ کے مخصوص خم کا مطالعہ کرنے کے تجرباتی سرکٹ کی ترتیب

(a) پیش میلان میں (b) پس میلان میں (c) ایک سلی کون ڈائوڈ کا خاص مخصوص خم

ایک ڈائوڈ کے $I-V$ مخصوص خم (یعنی کہ، کرنٹ کی تبدیلی بطور قابل اطلاعی و لٹچ) کا مطالعہ کرنے کے لیے سرکٹ ترتیب شکل (a) اور (b) 14.16 میں دکھائی گئی ہے۔ بیٹری کو ڈائوڈ سے ایک پوٹیشنیو میٹر (یار ہیو سٹیٹ) کے ذریعے منسلک کیا گیا ہے تاکہ ڈائوڈ پر لگائی گئی وولٹیج کو تبدیل کیا جاسکے۔ وولٹیج کی مختلف قدروں کے لیے، کرنٹ کی قدر ریس نوٹ کی جاتی ہیں۔ V اور I کے درمیان ایک گراف حاصل ہوتا ہے، جیسا کہ شکل (c) 14.16 میں دکھایا گیا ہے۔ نوٹ کریں کہ پیش میلان پیائش میں ہم ایک ملی ایم میٹر استعمال کرتے ہیں کیوں کہ کرنٹ کی موقع قدر زیادہ ہوتی ہے (جیسا کہ پچھلے حصے میں وضاحت کی جا چکی ہے)، جب کہ پس میلان میں کرنٹ کی پیائش کے لیے ایک مائیکرو میٹر استعمال کیا جاتا ہے۔ آپ شکل (c) 14.6 میں دیکھ سکتے ہیں کہ پیش میلان میں کرنٹ پہلے بہت آہستہ بڑھتا ہے، تقریباً قابل نظر انداز حد تک، جب تک کہ ڈائوڈ کے سروں کے درمیان لگائی گئی وولٹیج ایک مخصوص قدر سے زیادہ نہیں ہو جاتی۔ اس مخصوص وولٹیج کے بعد، ڈائوڈ کرنٹ میں قابل لحاظ اضافہ (قوت نمائی طور پر) ہوتا ہے، چاہے ڈائوڈ میلان وولٹیج میں بہت خفیف اضافہ بھی کیا جائے۔ اس وولٹیج کو ڈیز وولٹیج یا قاطع وولٹیج بھی کہتے ہیں۔ (0.2V ~ جنمیم ڈائوڈ کے لیے اور $0.7V$ ~ سلی کون ڈائوڈ کے لیے)۔

جب ڈائوڈ پس میلان میں ہوتا ہے تو کرنٹ بہت خفیف ہوتا ہے ($\sim \mu\text{A}$) اور میلان میں تبدیلی کے ساتھ تقریباً مستقلہ رہتا ہے۔ اسے پس سیر شدگی کرنٹ (reverse saturation current) کہتے ہیں۔ لیکن، کچھ خاص

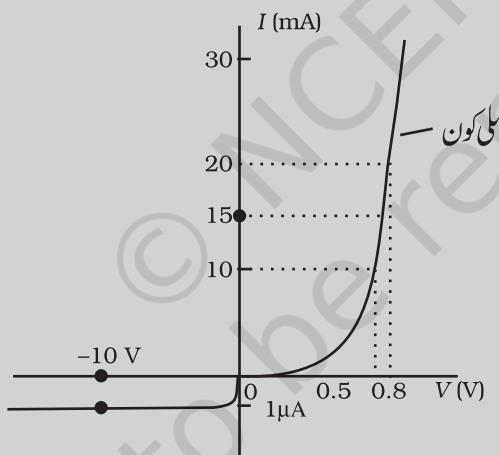
صورتوں میں، بہت زیادہ پس میلان پر (تعطلی و لٹچ)، کرنٹ میں اچانک اضافہ ہوتا ہے۔ ڈائیوڈ کے اس خاص عمل سے آگے حصہ 14.8 میں بحث کی گئی ہے۔ عام مقاصد کے لیے استعمال کیے جانے والے ڈائیوڈ، پس سیر شدگی کرنٹ علاقے سے باہر نہیں استعمال کیے جاتے۔

مندرجہ بالا بحث سے یہ واضح ہو جاتا ہے کہ p-n جنکشن ڈائیوڈ، بنیادی طور پر، ایک ہی سمت میں کرنٹ کا بہاؤ ہونے دیتا ہے (پیش میلان)۔ پس میلان مزاحمت کے مقابلے میں پیش میلان مزاحمت کی قدر کم ہوتی ہے۔ یہ خاصیت ac ولٹیجوں کی سمت کاری (Rectification) میں استعمال کی جاتی ہے، جیسا کہ اگلے حصے میں بیان کیا گیا ہے۔ ہم ڈائیوڈ کے لیے ایک مقدار، جو حکم مزاحمت کھلاتی ہے، کی تعریف اس طرح کرتے ہیں کہ یہ ولٹچ میں خفیف تبدیلی ΔV کی کرنٹ میں خفیف تبدیلی ΔI سے نسبت ہے:

$$r_d = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad (14.6)$$

مثال 14.4: ایک سلی کون ڈائیوڈ کا $I-V$ مخصوص خم شکل 14.17 میں دکھایا گیا ہے۔ ڈائیوڈ کی مزاحمت

تحسیب کیجیے: (a) $I_D = 15 \text{ mA}$ پر (b) $V_D = -10 \text{ V}$ پر



شکل 14.17

حل: ڈائیوڈ مخصوص خم کو $I = 20 \text{ mA}$ سے $I = 10 \text{ mA}$ کے درمیان، مبدلے سے گذرتا ہوا ایک مستقیم

خط مانتے ہوئے، ہم اوم کا قانون استعمال کر کے مزاحمت تحسیب کر سکتے ہیں:

(a) $I = 20 \text{ mA}, V = 0.8 \text{ V}; I = 10 \text{ mA}, V = 0.7 \text{ V}$:

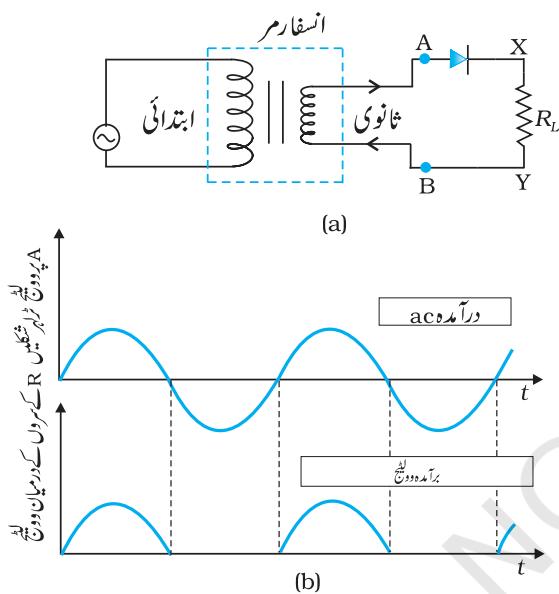
$$r_{fb} = \frac{\Delta V}{\Delta I} = \frac{0.1 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 10 \Omega$$

(b) $I = 1 \mu\text{A}, V = -10 \text{ V}$ پر اس لیے

$$r_{rb} = \frac{10 \text{ V}}{1 \mu\text{A}} = 1.0 \times 10^7 \Omega$$

14.7 جنکشن ڈائیوڈ کا بطور سمت کار استعمال (APPLICATION OF JUNCTION DIODE AS A RECTIFIER)

جنکشن ڈائیوڈ کے $I-V$ مخصوص خم سے ہم دیکھتے ہیں کہ یہ کرنٹ کو صرف اسی وقت گذرانے دیتا ہے جب یہ پیش مائل ہوتا ہے۔ اس لیے اگر ایک جنکشن ڈائیوڈ کے سروں کے درمیان تبادل و ولٹیج لگائی جائے تو کرنٹ سائیکل کے صرف اس حصے میں بہتا ہے جب ڈائیوڈ پیش مائل ہوتا ہے۔ اس خاصیت کا استعمال تبادل و ولٹیج کی سمت کاری کے لیے کیا جاتا ہے اور اس مقصد کے لیے استعمال کیا جانے والا سرکٹ سمت کار کہلاتا ہے۔



شکل 14.18 (a): نصف۔ لہر سمت کار سرکٹ (b): سمت کار سرکٹ سے درآمدہ ac وولٹیج اور برآمدہ ac وولٹیج کی

اگر ڈائیوڈ کے سروں کے درمیان، جو ایک لوڈ کے ساتھ سلسہ وار طرز میں جڑا ہو، ایک تبادل و ولٹیج لگائی جائے تو درآمدہ کے صرف نصف سائیکلوں کے دوران ہی لوڈ کے سروں کے درمیان ایک پلس وولٹیج ظاہر ہوگی۔ ایسا اس دوران ہو گا جب ڈائیوڈ پیش مائل ہوگا۔ ایسا سمت کار سرکٹ، جو کہ شکل 14.18 میں دکھایا گیا ہے، نصف۔ لہر سمت کار کہلاتا ہے۔ ایک ٹرانسفارمر کا ثانوی کوائل، A اور بڑنلوں کے درمیان مطلوبہ ac وولٹیج مہیا کرتا ہے۔ جب A پر ولٹیج ثابت ہوتی ہے تو ڈائیوڈ پیش مائل ہوتا ہے اور ایصال کرتا ہے۔ جب A مفتوح ہوتا ہے تو ڈائیوڈ پس مائل ہوتا ہے اور ایصال نہیں کرتا۔ ڈائیوڈ کا پس سیر شدگی کرنٹ ناقابل لحاظ ہوتا ہے اور اسے تمام عملی صورتوں میں صفر مانا جاسکتا ہے۔ ایک ڈائیوڈ کی پس قطع ولٹیج کو ٹرانسفارمر کے سینڈری کوائل پر ac وولٹیج کی فراز قدر سے کافی زیادہ ہونا چاہیے تاکہ ڈائیوڈ پس قطع سے محظوظ رہ سکے۔

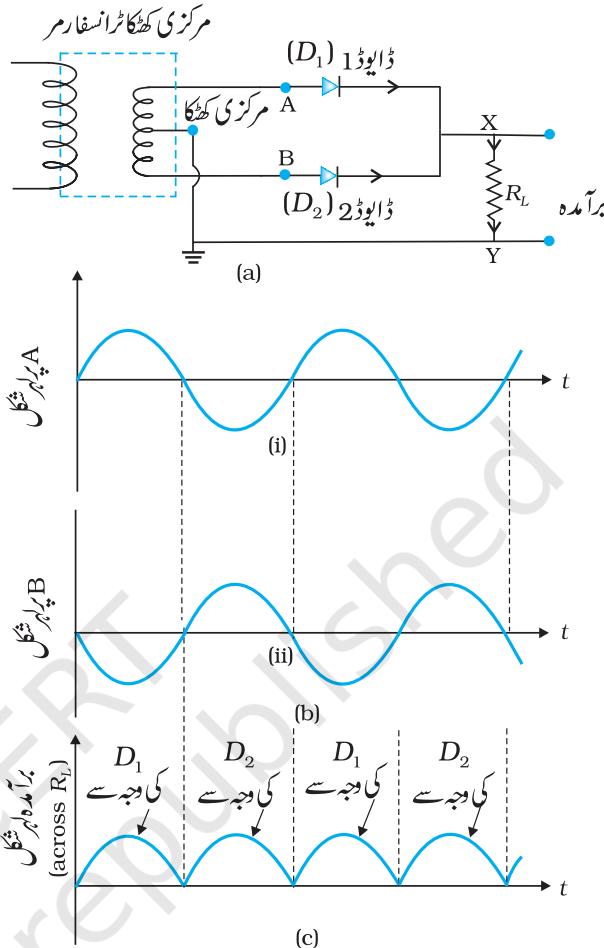
اس لیے، ac کے ثابت نصف سائیکل میں، لوڈ مزاحمہ R_h میں سے کرنٹ گذرتا ہے اور ہمیں ایک برآمدہ وولٹیج ملتی ہے، جیسا کہ شکل (b) 14.18 میں دکھایا گیا ہے، جب کہ مفتوح نصف سائیکل میں کوئی کرنٹ نہیں گذرتا۔ لہر سمت نصف سائیکل میں ہمیں برآمدہ وولٹیج د بارہ ملتی ہے۔ اس لیے، حالاں کہ برآمدہ وولٹیج اب بھی تبدیل ہوتی ہے لیکن ایک سمت میں ہی محدود رہتی ہے اور سمتی (rectified) کہلاتی ہے۔ کیوں کہ اس کرنٹ کا سمتی برآمدہ، درآمدہ ac لہر کے صرف نصف حصے کے لیے حاصل ہوتا ہے، یہ نصف۔ لہر سمت کار کہلاتا ہے۔

وہ سرکٹ جس میں دو ڈائیوڈ استعمال کیے جاتے ہیں، جسے شکل (a) 14.19 میں دکھایا گیا ہے، سائیکل کے ثابت نصف اور مفتوح نصف، دونوں، کے لیے برآمدہ سمتی وولٹیج دیتا ہے۔ اس لیے اسے مکمل۔ لہر نصف کار کہتے ہیں۔ یہاں دونوں ڈائیوڈ کی p-جانب کو ٹرانس ارمر کے سینڈری کے سروں سے منسلک کیا جاتا ہے۔ دونوں ڈائیوڈ کی n-جانب آپس میں جوڑ دی جاتی ہیں اور برآمدہ دو ڈائیوڈ کے اس مشترک نقطے اور ٹرانسفارمر کے سینڈری کوائل کے وسطی نقطے کے درمیان

لیا جاتا ہے۔ اس طرح ایک کمبل-لہست کار کے لیے، ٹرانسفارمر کے سینڈری کوائل میں ایک مرکزی کھٹکا (Centre tapping) (c) مہیا کیا جاتا ہے اس لیے اسے مرکزی کھٹکا ٹرانسفارمر کہتے ہیں۔ جیسا کہ شکل (c) 14.19 سے دیکھا جاسکتا ہے، ہر ڈائیوڈ سے سمیت ہوئی دو لیٹچ بکل سینڈری ووٹنگ کا نصف ہوتی ہے۔ ہر ڈائیوڈ صرف نصف سائیکل کے لیے ہی سمت کاری کرتا ہے، لیکن دونوں ایسا تبدیل سائیکلوں کے لیے کرتے ہیں۔ اس لیے، ان کے مشترک کہ ٹریبل اور ٹرانسفارمر کے مرکزی کھٹکے کے درمیان برآمدہ ایک کمبل-لہست کار برآمدہ بن جاتا ہے۔ [نوٹ کریں کہ کمبل لہست کار کا ایک اور سرکٹ بھی ہے، جس میں مرکزی کھٹکا ٹرانسفارمر استعمال نہیں ہوتا بلکہ چار ڈائیوڈ کی ضرورت پڑتی ہے۔] فرض کیا کہ A پر برآمدہ دو لیٹچ، کسی بھی لمحہ وقت پر، مرکزی کھٹکے کی مناسبت سے ثابت ہے۔ یہ ظاہر ہے کہ اس وقت B پر دو لیٹچ، فیر سے باہر ہونے کی وجہ سے، منفی ہوگی، جیسا کہ شکل (b) 14.19 میں دکھایا گیا ہے۔ اس لیے ڈائیوڈ D_1 پیش مائل ہو جاتا ہے اور ایصال کرتا ہے۔ (جب کہ ڈائیوڈ D_2 پس مائل ہونے کی وجہ سے ایصال نہیں ہوتا)۔ اس لیے ہمیں اس ثابت نصف سائیکل کے دوران ایک برآمدہ کرنٹ ملتا ہے (اور لوڈ مراجحت R کے سروں کے درمیان ایک برآمدہ دو لیٹچ)، جیسا کہ شکل 14.19 (c) میں دکھایا گیا ہے۔ سائیکل کے دوران جب A پر دو لیٹچ مرکزی کھٹکے کی مناسبت سے منفی ہو جاتی ہے تو B پر دو لیٹچ ثابت ہوگی۔ سائیکل

کے اس حصے میں ڈائیوڈ D_1 ایصال نہیں کرے گا، لیکن ڈائیوڈ D_2 کرے گا اور برآمدہ کے منفی نصف سائیکل کے دوران ایک برآمدہ کرنٹ اور برآمدہ دو لیٹچ (R_L) کے سروں کے درمیان) دے گا۔ اس لیے ہمیں سائیکل کے ثابت اور منفی دونوں نصف حصوں کے دوران برآمدہ دو لیٹچ ملے گی۔ ظاہر ہے کہ نصف لہست کار کے مقابلے میں یہ سرکٹ، سمیت دو لیٹچ یا کرنٹ حاصل کرنے کے لیے، زیادہ مستعد (efficient) ہے۔

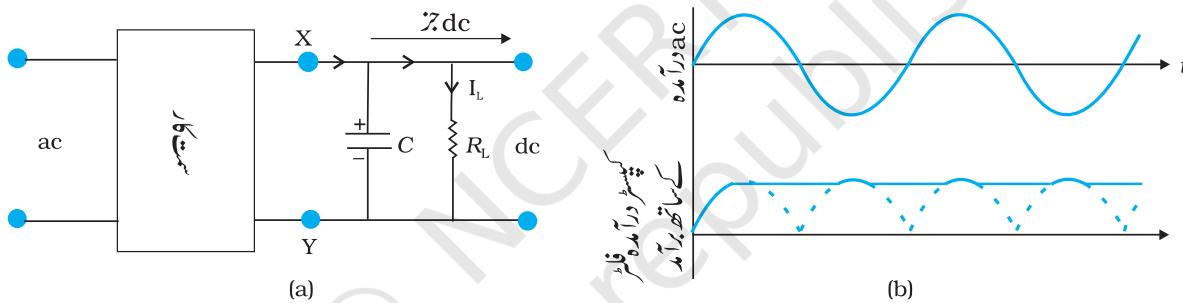
سمیت دو لیٹچ، نصف سائیکل کی شکل کی پلس کی شکل میں ہوتی ہے۔ حالاں کہ یہ یک سمیت ہوتی ہے لیکن اس کی ایک قائم قدر نہیں ہوتی۔ پلس کی شکل کی دو لیٹچ سے قائم dc برآمدہ حاصل کرنے کے لیے، عام طور سے برآمدہ ٹرمیلوں کے درمیان ایک کپسٹر (لوڈ R_L سے متوازی طرز میں) جوڑ دیا جاتا ہے۔ اسی مقصد کے لیے ہم R_L کے ساتھ، سلسلہ وار



شکل 14.19: (a) ایک کمبل-لہست کار سرکٹ (b) ڈائیوڈ D_1 پر دو لیٹچ کے سروں کے درمیان برآمدہ لہست کی دیکھیں (c) کمبل لہست میں جوڑے گئے لوڈ R_L کے سروں کے درمیان برآمدہ لہست کی دیکھیں

طرز میں ایک الالہ کار بھی جوڑ سکتے ہیں۔ کیوں کہ یہ اضافہ سرکٹ، ac، بلکورے (Ripple) کو چھانتے ہوئے معلوم ہوتے ہیں اور ایک خالص dc ولٹج دیتے ہیں، اس لیے انھیں فلٹر کہتے ہیں۔

اب ہم چھاننے کے عمل میں کپسٹر کے سروں سے بحث کریں گے۔ جب کپسٹر کے سروں کے درمیان ولٹج بڑھ رہی ہوتی ہے تو یہ چارج ہو جاتا ہے۔ اگر کوئی بیرونی لوڈ نہ ہو تو یہ سمتی برآمدہ کی فراز ولٹج (Peak Voltage) پر چارج رہتا ہے۔ جب ایک لوڈ ہوتا ہے تو یہ لوڈ کے ذریعے ڈسچارج ہوتا ہے اور اس کے سروں کے درمیان ولٹج کم ہونا شروع ہو جاتی ہے۔ سمتی برآمدہ کے اگلے نصف سائیکل میں یہ دوبارہ فراز قدر تک چارج ہو جاتا ہے۔ (شکل 14.20)۔ کپسٹر کے سروں کے درمیان ولٹج کے کم ہونے کی شرح، کپسٹر کی گنجائش C اور سرکٹ میں استعمال کیے گئے، مزاحمہ کی موثر مزاحت R_L کے حاصل ضرب کے مقلوب کے تابع ہوتی ہے اور اسے وقت مستقلہ کہتے ہیں۔ وقت مستقلہ کو بڑا بنانے کے لیے C کو بڑا ہونا چاہیے۔ اس لیے، کپسٹر درآمدہ فلٹر وں میں بڑے کپسٹر استعمال کیے جاتے ہیں۔ کپسٹر درآمدہ فلٹر وں کے استعمال کے ذریعے، حاصل ہوئی برآمدہ ولٹج، سمتی ولٹج کی فراز ولٹج کے نزدیک ہوتی ہے۔ اس قسم کا فلٹر سب سے زیادہ پاور پلائی میں استعمال ہوتا ہے۔



شکل 14.20 (a) کپسٹر فلٹر کے ساتھ ایک مکمل۔ اہرست کار (b) میں دکھائے گئے سمت کار کی درآمدہ اور برآمدہ ولٹج

14.8 مخصوص غایت پی۔ این جنکشن ڈائیوڈ (SPECIAL PURPOSE p-n JUNCTION DIODES)

اس حصے میں ہم کچھ لیے آلات سے بحث کریں گے جو نیادی طور پر جنکشن ڈائیوڈ ہیں لیکن مختلف استعمالات کے لیے بنائے گئے ہیں۔

14.8.1 زیز ڈائیوڈ (Zener diode)

یہ ایک مخصوص غایت نیم موصل ڈائیوڈ ہے، جس کا نام اس کے موجودی۔ زیز کے نام پر رکھا گیا ہے۔ اسے تقطیل علاقہ میں پس میلان کے تحت کام کرنے کے لیے ڈیزائن کیا گیا ہے اور اسے بطور ولٹج تبدیل کار (Voltage regulator) استعمال کیا جاتا ہے۔ زیز ڈائیوڈ کی علامت شکل (a) 14.21 میں دکھائی گئی ہے۔

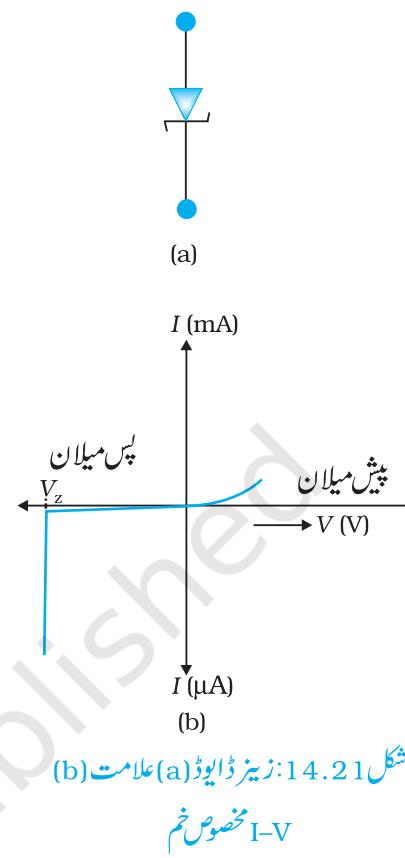
زیز ڈائیوڈ ایک جنکشن کی p-جانب اور n-جانب، دونوں، کو بہت زیادہ ڈوپ کر کے بنایا جاتا ہے۔ اس طرح عسرت علاقہ بہت پتلا (10^{-6}m) تشكیل ہوتا ہے اور جنکشن کا برقی میدان بہت خفیف پس میلان ولٹج تقریباً 5V قدر

کی، کے لیے بھی بہت زیادہ ($V/m \times 10^6 \sim 5$) ہوتا ہے۔ ایک زیزڈائیوڈ کا $I-V$ مخصوص ختم شکل (b) 14.21 میں دکھایا گیا ہے۔ یہ دکھایا گیا ہے کہ جب لگائی گئی پس مائل وولٹ (V)، زیزڈائیوڈ کی تعطیل وولٹ (V_T) تک پہنچتی ہے تو پس مائل وولٹ میں تقریباً غیر قابل لحاظ تبدیلی کے ذریعے بھی کرنٹ میں ایک بڑی تبدیلی پیدا کی جاسکتی ہے۔ دوسرا لفظوں میں، زیزڈائیوڈ مسئلہ رہتی ہے، حالانکہ زیزڈائیوڈ سے گذرہ کرنٹ بڑی سعت پر تبدیل ہوتا ہے۔ زیزڈائیوڈ کی یہ خاصیت سپلائی ولٹیجوں کی تعديل کرنے کے لیے استعمال کی جاتی ہے، تاکہ وہ مسئلہ رہیں۔

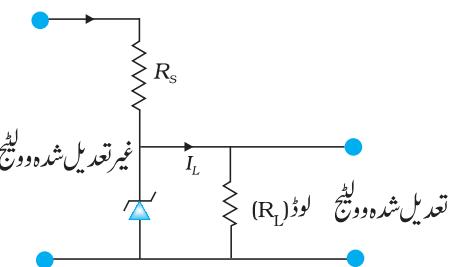
آئینے یہ سمجھتے ہیں کہ تعطیل وولٹ پر پس کرنٹ اچانک کیوں بڑھ جاتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ پس کرنٹ الیکٹرانوں (اقلیتی حاملوں) کے $n \rightarrow p$ اور سوراخوں کے $p \rightarrow n$ بہنے کی وجہ سے پیدا ہوتا ہے۔ جیسے جیسے پس مائل وولٹ میں اضافہ کیا جاتا ہے، جتنا پر بر قی میدان قابل لحاظ ہوتا جاتا ہے۔ جب پس مائل وولٹ (V_T) کے مساوی ہو جاتی ہے۔ ($V = V_T$)، تو بر قی میدان کی طاقت اتنی زیادہ ہو جاتی ہے کہ میزبان ایٹموں سے گرفت الیکٹرانوں کو $p-n$ -جانب کھینچ سکے جو کہ n -اعلیٰ بر قی میدان کی وجہ سے، الیکٹرانوں کا اخراج، اندر و فی میدان اخراج یا میدان آئین کاری کھلاتا ہے۔ میدان آئین کاری کے لیے در کار میدان $V/m \times 10^6$ کے درجہ کا ہوتا ہے۔

ہم جانتے ہیں کہ جب ایک سمت کارکی ac درآمد وولٹ غیر مسئلہ ہوتی ہے تو اس کا سمیت برآمدہ بھی غیر مسئلہ ہوتی ہے۔ ایک سمت کارکی غیر تعديل شدہ dc برآمدہ سے ایک مستقل dc وولٹ حاصل کرنے لئے ہم ایک زیزڈائیوڈ استعمال کرتے ہیں۔ زیزڈائیوڈ استعمال کرتے ہوئے ایک وولٹ تعديل کارکی سرکٹ ڈائیگرام شکل 14.22 میں دکھائی گئی ہے۔

غیر تعديل شدہ dc وولٹ (ایک سمت کارکی فلٹر کی ہوئی برآمدہ) کو ایک سلسلہ وارمز احمد R_s کے ذریعے زیزڈائیوڈ سے اس طرح جوڑ جاتا ہے کہ زیزڈائیوڈ پس مائل ہو۔ اگر درآمد وولٹ بڑھتی ہے تو R_s اور زیزڈائیوڈ سے گذرنے والا کرنٹ بھی بڑھتا ہے۔ اس سے زیزڈائیوڈ کے سروں کے درمیان وولٹ میں بغیر کسی تبدیلی کے R_s کے سروں کے درمیان وولٹ بڑھ جاتا ہے۔ ایسا اس لیے ہوتا ہے، کیوں کہ تعطیل علاقہ میں، زیزڈائیوڈ مسئلہ رہتی ہے اور حالانکہ زیزڈائیوڈ سے گذرہ کرنٹ تبدیل ہوتا ہے۔ اسی طرح، اگر درآمد وولٹ کم ہوتی ہے تو R_s اور زیزڈائیوڈ سے گذرنے والا کرنٹ بھی کم ہو جاتا ہے۔ زیزڈائیوڈ کے سروں کے درمیان وولٹ فرق میں بغیر کسی تبدیلی کے R_s کے سروں کے درمیان وولٹ کم ہو جاتا ہے اس اضافہ کی، زیزڈائیوڈ کے سروں کے درمیان وولٹ میں بغیر کوئی تبدیلی کیے، R_s کے سروں میں اضافہ کی کی شکل میں ظاہر ہوتا ہے۔ اس طرح زیزڈائیوڈ ایک وولٹ تعديل کارکی طرح کا کومٹلو بہ برآمدہ وولٹ کے مطابق منتخب کرنا ہوتا ہے اور اسی لحاظ سے سلسلہ وارمز احمد R_s کو بھی



شکل 14.21: زیزڈائیوڈ (a) علامت (b) $I-V$ مخصوص ختم



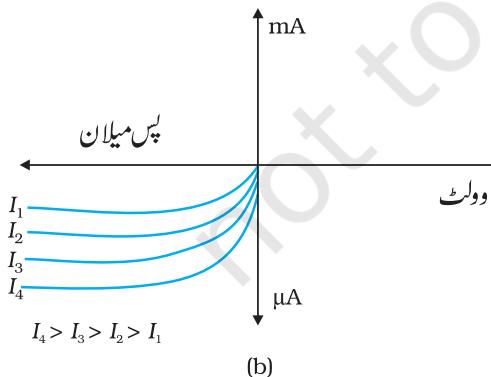
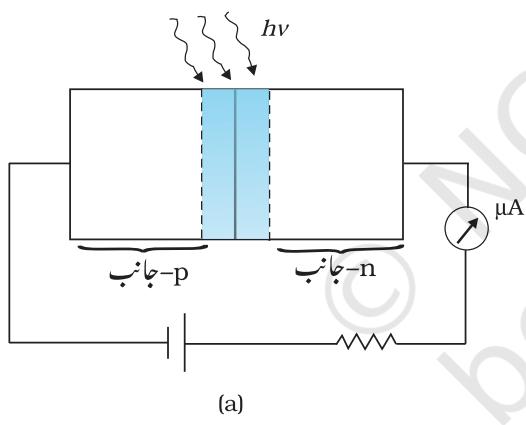
شکل 14.22: زیزڈائیوڈ بطور ایک DC وولٹ تعديل کار

مثال 14.5: ایک زیز تبدیل شدہ پاور سپلائی میں تدبیل کاری کے لیے ایک زیز ڈائیوڈ $V_Z = 6.0 \text{ V}$ کے ساتھ، استعمال کیا جاتا ہے۔ لوڈ کرنٹ 4.0 mA ہوتا ہے اور غیر تدبیل شدہ درآمد 10.0 V ہے۔ سلسلہ وار مراجمت R_s کی کیا قدر ہونی چاہیے؟

حل: R_s کی قدر اسی ہونی چاہیے کہ زیز ڈائیوڈ سے گذرنے والا کرنٹ، لوڈ کرنٹ سے بہت زیادہ ہو۔ زیز کرنٹ کو لوڈ کرنٹ کا 5 گنا منتخب کر لیجیے، یعنی کہ: $I_Z = 20 \text{ mA}$ ، اس لیے R_s سے گذر رہا کل کرنٹ 24 mA ہے۔ R_s کے سروں کے درمیان دوین فرق $V = 4.0 \text{ V}$ ، کاربن مراجمہ کی قریب ترین قدر سے حاصل ہوتا ہے: $R_s = \frac{4.0 \text{ V}}{(24 \times 10^{-3}) \text{ A}} = 167 \Omega$ ، کاربن مراجمہ کی قدر میں $\Omega = 150$ ہے۔ اس لیے 150Ω کا ایک سلسلہ وار مراجمت مناسب ہے۔ نوٹ کریں کہ مراجمہ کی قدر میں تھوڑی بہت تبدیلی سے فرق نہیں پڑتا، انہم بات یہ ہے کہ کرنٹ I_L سے کافی زیادہ ہونا چاہیے۔

14.8.2 نوری الکٹرینک جنکشن آلات (Optoelectronic junction devices)

اب تک ہم نے یہ دیکھا کہ ایک نیم موصل ڈائیوڈ، لگائی گئی برقی درآمد کے تحت کیسے برtaو کرتا ہے۔ اس حصے میں ہم ایسے نیم موصل ڈائیوڈ کے بارے میں سیکھیں گے جن میں حامل، فوٹانوں (فولٹو-اشتعال)



شکل 14.23: (a) پس میلان کے تحت، ایک روشن فوٹو ڈائیوڈ (b) مختلف روشنی شدت $I_1 > I_2 > I_3 > I_4$ کے لیے ایک فوٹو ڈائیوڈ کے $V-I$ مخصوص خم

کے ذریعے پیدا کیے جاتے ہیں۔ ایسے تمام آلات نوری الکٹرینک آلات کہلاتے ہیں۔ ہم مندرجہ ذیل نوری الکٹرینک آلات کے کام کرنے کے طریقے کا مطالعہ کریں گے:

(i) فوٹو ڈائیوڈ جو نوری سلسلہ کو شناخت کرنے کے لیے استعمال کیے جاتے ہیں (فوٹو شناخت کار)

(ii) روشنی خارج کرنے والے ڈائیوڈ (LED)، جو برقی توانائی کو روشنی میں تبدیل کرتے ہیں۔

(iii) فوٹو وولٹائی آلات جو نوری اشعاع کو برق میں تبدیل کرتے ہیں (سشی سیل)

(i) فوٹو ڈائیوڈ (Photodiode)

ایک فوٹو ڈائیوڈ بھی ایک مخصوص غایت $p-n$ -جنکشن ڈائیوڈ ہے، جسے اس طرح بنایا جاتا ہے کہ اس میں ایک شفاف کھڑکی ہوتی ہے، جس سے روشنی ڈائیوڈ پر پرکشی ہے۔ اسے پس میلان کے تحت چلا جاتا ہے۔ جب فوٹو ڈائیوڈ پر ایسی روشنی پڑتی ہے (فوٹان پڑتے ہیں) جس کی توانائی $(h\nu)$ ، نیم موصل کے توانائی فصل (E_g) سے زیادہ ہوتی ہے تو فوٹانوں کے انجد اب کی وجہ سے الکٹران۔ سوراخ جوڑے پیدا ہوتے ہیں۔ ڈائیوڈ کو اس طرح بنایا جاتا ہے کہ e-h جوڑے، ڈائیوڈ کے عسرت۔ علاقے میں یا اس کے نزدیک، پیدا ہوں۔ جنکشن کے برتنی میدان کی وجہ سے، الکٹران اور سوراخ، باز متعدد ہونے سے پہلے ہی ایک دوسرے سے

علاحدہ ہو جاتے ہیں۔ بر قی میدان کی سمت ایسی ہوتی ہے کہ الکٹران n-جانب پہنچتے ہیں اور سوراخ p-جانب پہنچتے ہیں۔ الکٹرانوں کو n-جانب وصول کر لیا جاتا ہے اور سوراخوں کو p-جانب، جس سے ایک emf پیدا ہوتی ہے۔ جب ایک پیرونسی لوڈ اگایا جاتا ہے تو کرنٹ کی عددی قدر، واقع روشنی کی شدت کے تابع ہے (فونٹ کرنٹ، واقع روشنی کی شدت کے متناسب ہے)

اگر ایک پس میلان لگایا جائے تو روشنی کی شدت کے ساتھ کرنٹ میں تبدیلی کا مشاہدہ کرنا آسان ہو جاتا ہے۔ اس لیے ایک فونٹ ایڈ، نوری گمنلوں کو شناخت کرنے کے لیے بطور فونٹ شناخت کار استعمال کیا جاتا ہے۔ ایک فونٹ ایڈ کے V-I مخصوص خم کی پیمائش کے لیے استعمال کی جانے والی سرکٹ ڈائیگرام شکل (a) 14.23 میں دکھائی گئی ہے اور ایک مخصوص، V-I مخصوص خم شکل (b) 14.23 میں دکھایا گیا ہے۔

مثال 14.6: پیش میلان میں کرنٹ (\sim -mA) پس میلان میں کرنٹ (\sim -mA) سے زیادہ ہوتا ہے، یہ ہمیں معلوم ہے۔ پھر فونٹ ایڈ کو پس میلان میں چلانے کی وجہ کیا ہے؟
حل: ایک n-Q یعنی موصول بھیجی۔ ظاہر ہے کہ اکثریت حامل کثافت (n)، اقلیت حامل کثافت (p) سے بہت زیادہ ہے (یعنی $n > p$)۔ فرض کیجیے روشن کرنے پر، پیدا ہونے والے مزید الکٹران اور سوراخ، بالترتیب، Δn اور Δp ہیں:

$$n' = n + \Delta n$$

$$p' = p + \Delta p$$

جہاں n' اور p' الکٹرانوں اور سوراخوں کے، کسی بھی مخصوص روشنی پر، ارتکاز ہیں اور n اور p حاملوں کے ارتکاز اس وقت ہیں جب کوئی روشنی نہیں پڑ رہی ہے۔ یاد رکھیے: $\Delta n = \Delta p$ اور $n > p$ ، اس لیے اکثریت حاملوں میں کسری تبدیلی (یعنی کہ $\frac{\Delta n}{n} > \frac{\Delta p}{p}$)، اقلیت حاملوں میں کسری تبدیلی (یعنی کہ $\frac{\Delta p}{p} > \frac{\Delta n}{n}$) کے مقابلے میں بہت کم ہوگی۔ عمومی طور پر، ہم کہہ سکتے ہیں کہ اقلیت حامل حاوی پس میلان کرنٹ میں نوری اثرات کی وجہ سے ہونے والی کسری تبدیلی، پیش میلان کرنٹ میں ہونے والی کسری تبدیلی کے مقابلے میں زیادہ آسانی سے تاپی جاسکتی ہے۔ اس لیے روشنی کی شدت ناپنے کے لیے فونٹ ایڈ کو پس میلان میں استعمال کرنے کو ترجیح دی جاتی ہے۔

مثال 14.6

* نوٹ کریں کہ ایک $e-h$ جوڑا بنانے کے لیے، ہم کچھ تو انائی خرچ کرتے ہیں (فونٹ استعمال، حرارتی استعمال، وغیرہ)۔ اس لیے جب ایک الکٹران اور سوراخ دوبارہ تجد ہوتے ہیں تو انائی روشنی کی شکل میں (اشعاعی باز اتحاد) خارج ہوتی ہے یا حرارت کی شکل میں (غیر اشعاعی باز اتحاد) خارج ہوتی ہے۔ یہ نیم موصول اور $n-p$ جتناش بنانے کے طریقے پر منحصر ہے۔ LEDs بنانے کے لیے جیسے نیم موصول استعمال کیے جاتے ہیں جن میں اشعاعی اتحاد حاوی ہوتا ہے۔

(ii) روشنی خارج کرنے والا ڈائیوڈ (Light emitting diode)

یہ بہت زیادہ ڈوپ کیا ہوا n-p جنکشن ہوتا ہے جو پیش میلان کے تحت از خود اشعاع خارج کرتا ہے۔ ڈائیوڈ پر ایک شفاف خول چڑھا دیا جاتا ہے تاکہ خارج ہوئی روشنی باہر آسکے۔

جب ڈائیوڈ پیش مائل ہوتا ہے تو الکٹران p→n (جہاں اقلیتی حامل ہیں) بھیجے جاتے ہیں اور سوراخ n→p (جہاں اقلیتی حامل ہیں) بھیجے جاتے ہیں۔ جنکشن سرحد پر اقلیتی حاملوں کا ارتکاز، حالت توازن ارتکاز (یعنی کہ جب کوئی میلان نہ ہو) کے مقابلے میں بڑھ جاتا ہے۔ اس لیے جنکشن کے دونوں طرف جنکشن سرحد پر زائد اقلیتی حامل ہوتے ہیں جو جنکشن کے نزدیک اکثریتی حاملوں سے باز اتحاد کرتے ہیں۔ باز اتحاد ہونے پر، تو انہی فوٹانوں کی شکل میں رہا ہوتی ہے۔ ایسے فوٹان خارج ہوتے ہیں جن کی تو انہی بینڈ فصل کے مساوی یا اس سے کچھ کم ہوتی ہے۔ جب ڈائیوڈ کا پیش کرنٹ کھیف ہوتا ہے، تو خارج ہونے والی روشنی کی شدت بھی خیف ہوتی ہے۔ جیسے جیسے پیش کرنٹ میں اضافہ ہوتا ہے، روشنی کی شدت میں بھی اضافہ ہوتا ہے، یہاں تک کہ شدت اپنی اعظم قدر پر پہنچ جاتی ہے۔ پیش کرنٹ میں مزید اضافہ سے روشنی کی شدت میں کمی آتی ہے۔ اس طرح مائل کیے جاتے ہیں کہ روشنی خارج کرنے کی استعداد اعظم ہو۔

ایک LED کے I-V مخصوص خم ایک Si جنکشن ڈائیوڈ ہے ہوتے ہیں۔ لیکن دہلیز و ٹیجن مقابلتاً بہت زیادہ ہوتی ہیں اور ہر رنگ کے لیے تھوڑی مختلف ہوتی ہیں۔ LEDs کی پس قطع و لیٹچ بہت کم ہوتی ہیں، تقریباً 5V، اس لیے یہ احتیاط کرنی چاہیے کہ ان کے سروں کے درمیان اعلا پس و لیٹچ نہ بیدا ہوں۔

ایسے LEDs جو لال، پیلی، نارنجی، ہری اور نیلی روشنی خارج کر سکتے ہیں، تجارتی پیمانے پر دستیاب ہیں۔ بصری LEDs تیار کرنے میں استعمال ہونے والے نیم موصلوں میں کم از کم 1.8 eV کا بینڈ فصل ہونا لازمی ہے۔ (بصری روشنی کی طبقی وسعت تقریباً $0.4 \mu\text{m}$ سے $0.7 \mu\text{m}$ تک) کے تقریباً eV سے 3 eV تک مختلف رنگوں کے LEDs بنانے کے لیے مرکب نیم موصل گیلیم آرسیناٹ-فاسفارڈ (Ga As_{1-x}P_x) استعمال کیا جاتا ہے۔ (E_g ~ 1.8 eV) زیریں سرخ LED بنانے کے لیے استعمال کیا جاتا ہے۔ ان LEDs کا ریبوٹ کنشروں، چوروں کے الارم نظاموں، نوری پیام رسائی وغیرہ میں بکثرت استعمال کیا جاتا ہے۔ سفید LEDs تیار کرنے کے لیے وسیع پیمانے پر ریسرچ کی جا رہی ہے۔ سفید LEDs، تاباں یا پکی جگہ لے سکتے ہیں۔

LEDs کے عام تاباں کم پاور لیمپوں کے مقابلے میں مندرجہ ذیل فائدے ہیں:

(i) یہ کم و لیٹچ اور کم پاور پر کام کر سکتے ہیں

(ii) تیزی سے عمل کرتے ہیں اور گرم ہونے کے لیے کوئی وقت نہیں لیتے

(iii) خارج ہوئی روشنی کی بینڈ چوڑائی 100 \AA سے 500 \AA ہے یا دوسرے لفظوں میں یہ تقریباً (لیکن بالکل درست طور پر نہیں) یک رنگی ہے۔

(iv) زیادہ لمبی عمر اور مضبوطی

(v) تیزی سے آن۔ آف ہونے کی صلاحیت

(iii) سنسی سیل (Solar cell)

ایک سنسی سیل بنیادی طور پر ایک ایسا-n-p جنکشن ہے، جس پر اگر سنسی شعاعیں پڑتی ہیں تو یہ emf پیدا کرتا ہے۔ یہ اسی اصول (فوتو ولٹائی اثر) پر کام کرتا ہے جس پر فوٹو ڈائڈ کرتا ہے۔ فرق صرف یہ ہے کہ اس میں کوئی بیرونی میلان نہیں لگایا جاتا اور جنکشن رقبہ کو کہیں زیادہ وسیع رکھا جاتا ہے تاکہ زیادہ سنسی شعاعیں واقع ہو سکیں، کیوں کہ ہم زیادہ پورچا ہتے ہیں۔

ایک سادہ n-p جنکشن سنسی سیل شکل 14.24 میں دکھایا گیا ہے۔

تقریباً $300 \mu\text{m}$ موٹائی کا ایک Si-P ورق (wafer) لیتے ہیں

اور اس کے اوپر ایک طرف عمل نفوذ کے ذریعے i-Si کی ایک پتی ہے

(~0.3 μm) جہائی جاتی ہے۔ P-Si کی دوسری جانب دھات (پچھلاتماں) کی پالش کردی جاتی ہے۔ n-Si کی تہہ کی اوپری سطح پر دھاتی انگلی نما بر قیرہ (metal finger electrode) (یادھاتی گرڈ) کی تہہ ہوتی ہے۔ یہ سامنے کے تماں کے بطور کام کرتی ہے۔ دھاتی گرڈ سیل کے رقبے کا بہت ہی چھوٹا جز گھیرتی ہے (15%) تاکہ اوپر سے روشنی سیل پر واقع ہو سکے۔

روشنی پڑنے پر، ایک سنسی سیل کے ذریعے emf پیدا ہونے میں تین بنیادی عمل شامل ہیں: پیدا ہونا، علاحدہ ہونا

اور جمع کیا جانا: (i) جنکشن کے نزدیک روشنی کی وجہ سے $E_g > h\nu$ کے ساتھ e-h جوڑوں کا پیدا ہونا۔ (ii) عسرت-

علاقہ کے برقی میدان کی وجہ سے الیکٹرانوں اور سوراخوں کا علیحدہ ہو جانا۔ الکٹران n جانب ڈھیل دیے جاتے ہیں

اور سوراخ p-جانب۔ (iii) n-p جانب پہنچنے والے الیکٹران سامنے کے تماں کے ذریعے

اکٹھے کر لیے جاتے ہیں اور p-جانب پہنچنے والے سوراخ پچھلے تماں کے ذریعے۔ اس لیے p-جانب ثابت ہو جاتی ہے اور n-جانب منفی اور فوٹو وولٹیج پیدا ہوتی ہے۔

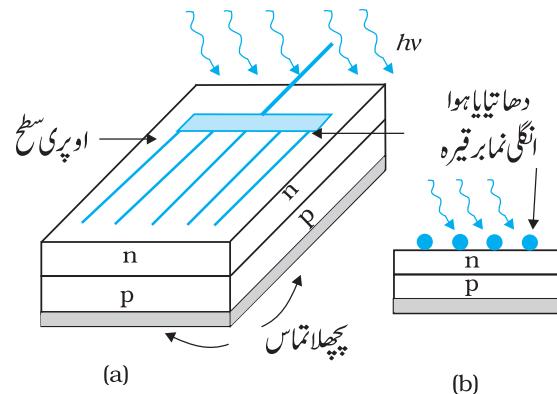
جب ایک بیرونی لوڈ جوڑ دیا جاتا ہے، جیسا کہ شکل (a) 14.25 میں دکھایا گیا ہے،

تو لوڈ سے ایک فوٹو کرنٹ I_L بہتا ہے۔ ایک سنسی سیل کا مخصوص خم شکل (b) 14.25 میں دکھایا گیا ہے۔

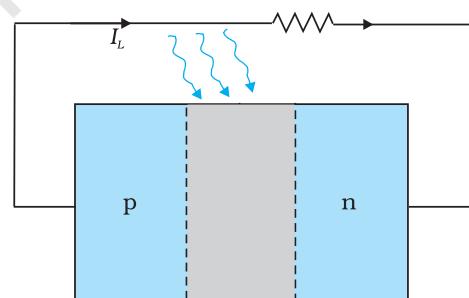
نوٹ کریں کہ ایک سنسی سیل کا مخصوص خم، کو آرڈی نیٹ محدود کے چوتھے ربع (quadrant) میں کھینچا گیا ہے۔ ایسا اس لیے ہے کیوں کہ سنسی سیل خود کرنٹ نہیں کھینپتا بلکہ لوڈ کو کرنٹ مہیا کرتا ہے۔

سنسی سیل بنانے کے لیے ایسے نیم موصل، جن کے توانائی فصل 1.5 eV کے آس پاس ہوں، مثالي مادي اشیا ہیں۔ سنسی سیل، Si، GaAs، ($E_g = 1.1 \text{ eV}$) CuInSe₂, ($E_g = 1.45 \text{ eV}$) CdTe, ($E_g = 1.43 \text{ eV}$)

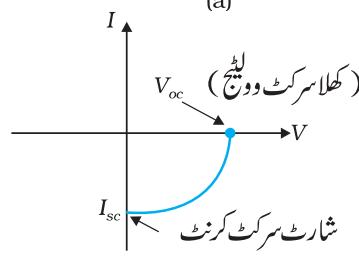
$E_g = 1.04 \text{ eV}$) وغیرہ جیسے نیم موصلوں سے بنائے جاتے ہیں۔ سنسی سیل بنانے کے لیے منتخب کیے جانے والی مادی شے کی اہمیت خاصیتیں ہیں: (i) بینڈ فصل (0.1 eV)



شکل 14.24 (a) مخصوص n-p جنکشن سنسی سیل (b) تراشه شکل



عسرت تہہ

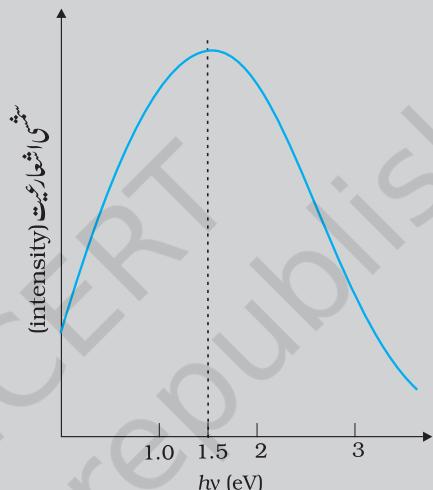


شکل 14.25 (a) ایک مخصوص روشن n-p جنکشن

سیل (b) ایک سنسی سیل کا مخصوص خم

اعلیٰ نوری انجداب ($\sim 10^4 \text{ cm}^{-1}$) (iv) برقی ایصالیت (iii) خام مادی شے کی فراہمی اور (v) قیمت۔ نوٹ کریں کہ ایک سمشی سیل کے لیے ہبشه ہی سورج کی روشنی کی ضرورت نہیں ہوتی۔ کوئی بھی روشنی، جس کی فوٹان تو انی بینڈ فصل سے زیادہ ہو، کام کرے گی۔ سمشی سیل، خلائی گاڑیوں اور سیار چوں میں لگے الکٹر انک آلات کو پاور مہیا کرنے کے لیے استعمال کیے جاتے ہیں اور کچھ تحسیب کارروں (Calculators) میں بطور پاور سپلائی بھی استعمال ہوتے ہیں۔ بڑے پیمانے پر، سمشی تو انی کے لیے کم قیمت فوٹو ولٹائی سیل تیار کرنا ریسرچ کا ایک موضوع ہے۔

مثال 14.7: سمشی سیل بنانے کے لیے اور SiGaAs مادی اشیا کو ترجیح کیوں دی جاتی ہے؟
حل: ہمیں جو سمشی اشعاع طیف ملتا ہے، اسے شکل 14.26 میں دکھایا گیا ہے۔



شکل 14.26

اس کی اعظم قدر 1.5 eV کے قریب ہے۔ فوٹو استعلال کے لیے $h\nu > E_g$ ، اس لیے ایسا نیم موصل جس کا بینڈ فصل 1.5 eV یا اس سے کم ہو، اس کی سمشی تبادلہ استعداد بہتر ہونے کی امید کی جاسکتی ہے۔ سلی کون کے لیے تو انی فصل $E_g \sim 1.1 \text{ eV}$ ہے اور GaAs کے لیے $E_g \sim 1.53 \text{ eV}$ دراصل سے زیادہ بہتر ہے (اپنے تو انی فصل کے مقابلہ زیادہ ہونے کے باوجود) کیوں کہ اس کا انجداب ضریبیہ مقابلہ زیادہ ہے۔ اگر CdS یا CdSe ($E_g \sim 2.4 \text{ eV}$) منتخب کریں تو ہم نوری تبادلے کے لیے سمشی تو انی کا اعلاء تو انی جز ہی استعمل کر سکتے ہیں اور تو انی کا ایک قابل لحاظ حصہ کام نہیں آسکے گا۔

ایک سوال یہ پیدا ہوتا ہے: ہم $(E_g \sim 0.4 \text{ eV})$ جیسی مادی شے کیوں نہیں استعمل کرتے جو سمشی اشعاع کے مقابلہ $h\nu > E_g$ کی اعظم قدر کے لیے $h\nu > E_g$ کی شرط کو مطمئن کرتی ہے؟ اگر ہم ایسا کریں تو سمشی شعاعوں کا زیادہ تر حصہ سمشی سیل کی بالائی سطح پر ہی جذب ہو جائے گا اور عسرت علاقہ میں ایسا کے نزدیک نہیں پہنچے گا۔ جنکشن میدان کی وجہ سے موثر الکٹر ان۔ سوراخ علاحدگی کے لیے، ہم چاہتے ہیں کہ فوٹو۔ پیدا اور صرف جنکشن علاقے میں ہی ہو۔

14.9 ہندسی الیکٹرینیات اور لو جک گیٹس

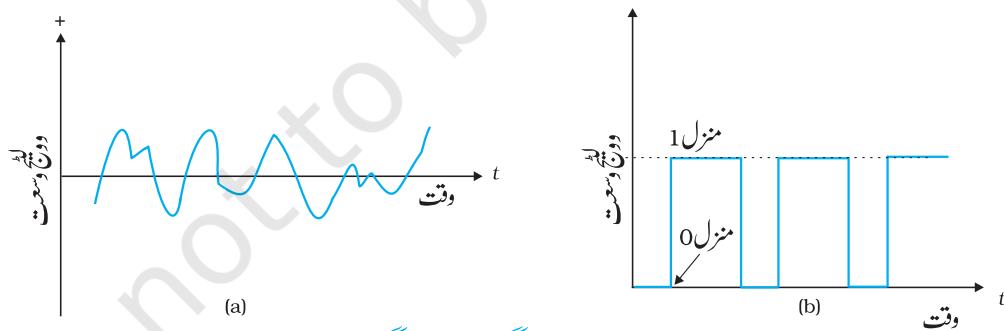
(DIGITAL ELECTRONICS AND LOGIC GATES)

الیکٹرینیاتی سر کٹوں، جیسے افزائش کاروں، اہتزاز کاروں، میں، جن سے آپ کا پچھلے حصوں میں تعارف کیا گیا ہے، سگنل (کرنٹ یا ولٹیج) کو، مسلسل، وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہوئی وولٹیج یا کرنٹ کی شکل میں لیا گیا تھا۔ ایسے سگنلوں کو مسلسل یا مشابہ (analogue) سگنل کہتے ہیں۔ ایک مخصوص مشابہ سگنل شکل 14.27(a) میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 14.27(b) میں ایک پلس اہر شکل (pulse wave form) دکھائی گئی ہے، جس میں وولٹیج کی صرف مجرد قدریں (discrete values) ہی دکھائی گئی ہیں۔ ایسے سگنلوں کو ظاہر کرنے کے لیے ثانی اعداد (binary numbers) استعمال کرنے سے سہولیت رہتی ہے۔ ایک ثانی اعداد میں صرف دو ہندسے، 0، (فرض کیجیے 0V) اور 1، (فرض کیجیے 5V) ہوتے ہیں۔

ہندسی الیکٹرینیات میں ہم وولٹیج کی صرف یہ دو منزلیں (levels) ہی استعمال کرتے ہیں، جیسا کہ شکل 14.27(b) میں دکھایا گیا ہے۔ ایسے سگنل، ہندسی سگنل کہلاتے ہیں۔ ہندسی سر کٹوں میں درآمدہ اور برآمدہ ولٹیجوں کی صرف دو قدریں (جو 0 اور 1 سے ظاہر کی جاتی ہیں) ہی استعمال کرنے کی اجازت ہوتی ہے۔

اس حصہ کو ہندسی الیکٹرینیات کی تفہیم میں پہلا قدم مہیا کرنے کی غرض سے لکھا گیا ہے۔ ہم اپنے مطالعہ کو ہندسی الیکٹرینیات کے کچھ بنیادی تعمیراتی اجزا تک ہی محدود رکھیں گے (جو لو جک گیٹس کہلاتے ہیں)، جو ہندسی سگنلوں کو ایک خاص طریقے سے برتاتے ہیں۔ لو جک گیٹس، تحسیب کاروں، ہندسی گھڑیوں، کمپیوٹروں، رو یو ٹوں، صنعتی کنٹرول نظاموں اور ٹیکلی پیام رسانی (Telecommunication) میں استعمال ہوتے ہیں۔

آپ کے گھر کا روشنی سوچ ایک ہندسی سر کٹ کی مثال ہے۔ روشنی یا تو آن ہوتی ہے یا آف، جو سوچ کی حالت پر منحصر ہے۔ جب روشنی آن ہے تو برآمدہ قدر 1، ہے۔ جب روشنی آف ہے تو برآمدہ قدر 0 ہے۔ برآمدات، روشنی سوچ کی حالتیں ہیں۔ سوچ کو on یا off میں سے کسی ایک حالت میں رکھا جاتا ہے اور اس طرح روشنی کو فعال بنایا جاتا ہے۔

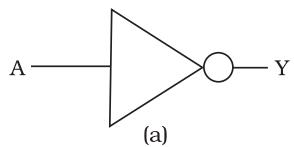


شکل 14.23: (a) مشابہ سگنل (b) ہندسی سگنل

14.9.1 لو جک گیٹس (Logic gates)

ایک گیٹ ایسا ہندسی سر کٹ ہے جو درآمدہ اور برآمدہ ولٹیجوں کے درمیان ایک منطقی رشتہ پر عمل کرتا ہے۔ اس لیے انہیں عموماً لو جک گیٹس کہا جاتا ہے۔ گیٹ اس لیے کیوں کہ یہ اطلاعات کے بہاؤ کو کنٹرول کرتے ہیں۔ استعمال کیے جانے

نیم موصل الکٹرینیات: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ



برآمدہ	درآمدہ
Y	A
1	0
0	1

(b)

شکل 14.28: NOT گیٹ (a) کی لو جک علامت

لو جک علامت (b) کا صداقتی جدول

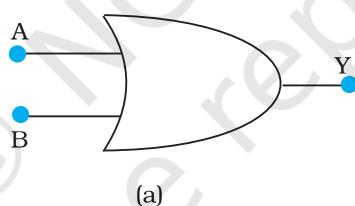
والے 5 عام گیٹ ہیں: NOT, NOR, OR, AND, NAND۔ ہر لو جک گیٹ کی ایک علامت کے ذریعے نشان دہی کی جاتی ہے اور اس کی کارکردگی کی تعریف ایک صدقتنی جدول کے ذریعے کی جاتی ہے جو تمام ممکنہ درآمدہ لو جک منزل اجتماعات کو ان کے مطابق برآمدہ لو جک منازل کے ساتھ ظاہر کرتا ہے۔ صدقتنی جدول لو جک گیٹوں کے برداشت کو سمجھنے میں مدد کرتا ہے۔ یہ لو جک گیٹ، نیم موصل آلات استعمال کر کے بنائے جاسکتے ہیں۔

(i) ناٹ گیٹ (NOT Gate)

یہ سب سے بندیا دی گیٹ ہے، جس میں ایک درآمدہ اور ایک برآمدہ ہوتا ہے۔ جب درآمدہ '0' ہوتا ہے تو یہ '1' برآمدہ دیتا ہے اور اس کے برخلاف بھی۔ یعنی کہ یہ اپنے برآمدہ کے بطور درآمدہ کی ایک تقلیب شدہ (اٹی) شکل پیدا کرتا ہے۔ اسی لیے اسے تقلیب کار (inverter) کہتے ہیں۔ اس گیٹ کے لیے عام طور سے استعمال کی جانے والی علامت اور اس کا صدقتنی جدول شکل 14.28 میں دکھایا گیا ہے۔

(ii) آر گیٹ (OR Gate)

ایک OR گیٹ میں دو درآمدات اور ایک برآمدہ ہوتے ہیں۔ اس کی لو جک علامت اور صدقتنی جدول شکل 14.29 میں دکھائی گئی ہیں۔ برآمدہ Y، 1 ہوتا ہے جب درآمدہ A یا درآمدہ B یا دونوں 1 ہوں، یعنی کہ جب دونوں درآمدات میں سے کوئی بھی اعلاء ہو تو برآمدہ اعلاء ہوتا ہے۔



برآمدہ	درآمدہ	
Y	B	A
0	0	0
1	1	0
1	0	1
1	1	1

(b)

شکل 14.29: OR گیٹ (a) کی لو جک علامت (b) کا صدقتنی جدول

مندرجہ بالا ریاضیاتی لو جک عمل کرنے کے علاوہ یہ گیٹ پلس اسہر شکل میں ترمیم کرنے کے لیے بھی استعمال کیا جاسکتا ہے، جیسا کہ مندرجہ ذیل مثال سے وضاحت کی گئی ہے۔

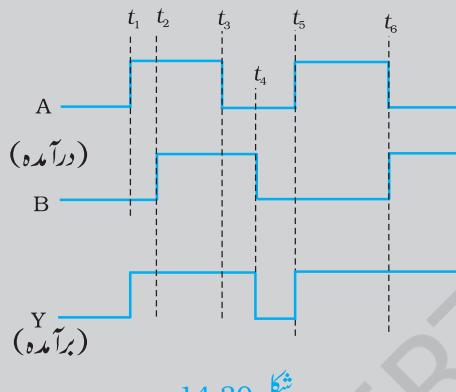
مثال 14.8: شکل 14.30 میں دیے گئے OR گیٹ کے مندرجہ ذیل درآمدات A اور B کے لیے برآمدہ لہر شکل (Y) کو درست ثابت کیجیے۔

حل: مندرجہ ذیل نوٹ کیجیے:

- $Y = 0 \quad \text{اس لیے } A = 0, B = 0$
- $Y = 1 \quad \text{اس لیے } A = 1, B = 0 \quad \text{سے } t_2 \text{ تک کے لیے: } A = 1, B = 0$
- $Y = 1 \quad \text{اس لیے } A = 1, B = 1 \quad \text{سے } t_3 \text{ تک کے لیے: } A = 1, B = 1$

$Y = 1$: $A = 0, B = 1$: $t_4 \leq t \leq t_3$	•
$Y = 0$: $A = 0, B = 0$: $t_5 \leq t \leq t_4$	•
$Y = 1$: $A = 1, B = 0$: $t_6 \leq t \leq t_5$	•
$Y = 1$: $A = 0, B = 1$: $t > t_6$	•

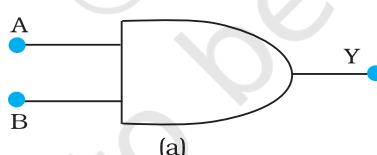
اس لیے لہر شکل، شکل 14.30 میں دکھائی گئی جسمی ہوگی۔



مثال 14.8

(AND Gate) (iii)

ایک AND گیٹ میں دو یا اس سے زیادہ درآمدات ہوتے ہیں اور ایک برآمدہ ہوتا ہے۔ AND گیٹ کا برآمدہ Y صرف تب ہی 1 ہوتا ہے جب درآمدہ A اور درآمدہ B دونوں 1 ہوں۔ اس گیٹ کے لیے لو جک علامت اور صداقتی جدول شکل 14.31 میں دکھائے گئے ہیں۔



شکل 14.31 AND گیٹ (a) کی لو جک علامت (b) کا صدقائق جدول

برآمدہ	درآمدہ		
	Y	B	A
0	0	0	0
1	1	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

(b)

مثال 14.9 : مثال 14.8 سے مشابہ A اور B درآمدہ لہر شکلیں لیجیے۔ AND گیٹ سے حاصل ہونے والی برآمدہ لہر شکل کا خاکہ کچھے۔
حل:

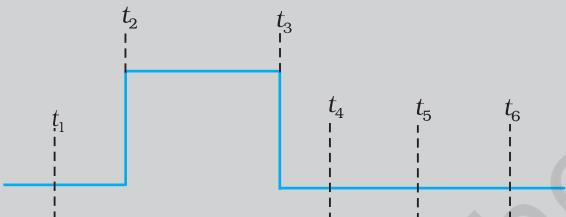
$Y = 0$: $A = 0, B = 0$: $t \leq t_1$	•
$Y = 0$: $A = 1, B = 0$: $t_2 \leq t \leq t_1$	•
$Y = 1$: $A = 1, B = 1$: $t_3 \leq t \leq t_2$	•

مثال 14.12

مثال 14.9

- $Y = 0$ لیے : $A = 0, B = 1$ تک کے لیے: $t_4 \leq t_3$ •
- $Y = 0$ لیے : $A = 0, B = 0$ تک کے لیے: $t_5 \leq t_4$ •
- $Y = 0$ لیے : $A = 1, B = 0$ تک کے لیے: $t_6 \leq t_5$ •
- $Y = 0$ لیے : $A = 0, B = 1$ کے لیے $t > t_6$ •

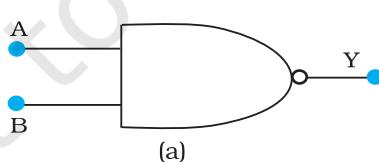
مندرجہ بالا پرمنی AND گیٹ کے لیے لہر شکل، نیچے دیے ہوئے طور پر کھینچی جاسکتی ہے۔



شکل 14.32

(iv) نانڈ گیٹ (NAND Gate)

یہ ایک AND گیٹ ہے جس کے بعد NOT گیٹ ہے۔ اگر درآمدات A اور B دونوں 1 ہیں تو برآمدہ Y نہیں ہے۔ اس کا نام اس AND(NOT) کی وجہ سے ہے۔ شکل 14.33 میں NAND گیٹ کی علامت اور صداقت جدول دکھائے گئے ہیں۔ NAND گیٹ، کائناتی گیٹ بھی کہلاتے ہیں، کیونکہ ان کو استعمال کر کے ہم دوسرے بنیادی گیٹ جیسے OR، NOT اور AND، حاصل کر سکتے ہیں (مشق 14.12 اور 14.13)۔



(a)

برآمدہ	درآمدہ		
	Y	B	A
1	0	0	
1	1	0	
1	0	1	
0	1	1	

(b)

شکل 14.33 NAND گیٹ (a) کی لوگ علامت (b) کا صداقتی جدول

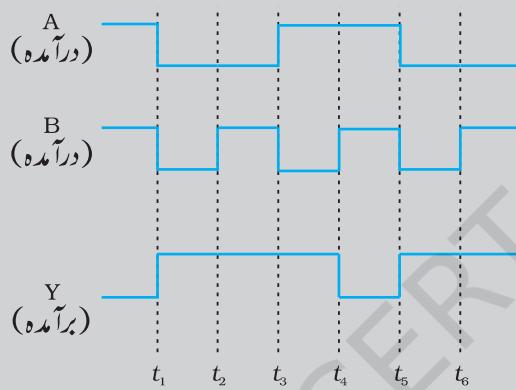
مثال 14.10:

مندرجہ ذیل درآمدات A اور B کے ساتھ ایک NAND گیٹ سے حاصل ہونے والے برآمدہ Y کا خاکہ کھینچیں۔

حل:

- $Y = 0$ لیے : $A = 1, B = 1$ کے لیے $t < t_1$ •

$Y = 1$	اس لیے: $A = 0, B = 0$	تک کے لیے: $t_2 \leq t_1$	•
$Y = 1$	اس لیے: $A = 0, B = 1$	تک کے لیے: $t_3 \leq t_2$	•
$Y = 1$	اس لیے: $A = 1, B = 0$	تک کے لیے: $t_4 \leq t_3$	•
$Y = 0$	اس لیے: $A = 1, B = 1$	تک کے لیے: $t_5 \leq t_4$	•
$Y = 1$	اس لیے: $A = 0, B = 0$	تک کے لیے: $t_6 \leq t_5$	•
$Y = 1$	$A = 0, B = 1$	کے لیے: $t > t_6$	•

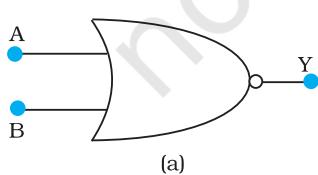


شکل 14.34

14.10
پل

(v) نار گیٹ (NOR Gate)

اس میں دو یا دو سے زیادہ درآمدات ہوتے ہیں اور ایک برآمدہ ہوتا ہے۔ ایک NOT-OR گیٹ کے بعد لاگو کیا جاتا ہے ایک NOT-OR گیٹ یا سادہ طور پر NOR گیٹ دیتا ہے۔ اس کا برآمدہ Y صرف تب ہی 1 ہوتا ہے جب دونوں درآمدات A اور B صفر ہوں، یعنی کہ ایک درآمدہ اور نہ ہی دوسرا درآمدہ 1 ہو۔ NOR گیٹ کے لیے علامت اور صداقت جدول شکل 14.35 میں دیے گئے ہیں۔



(a)

برآمدہ	درآمدہ	
	B	A
1	0	0
0	1	0
0	0	1
0	1	1

(b)

شکل 14.15 NOR گیٹ کے لیے (a) لوگ علامت (b) صداقت جدول

NOR گیٹ کو کائناتی گیٹ مانا جاتا ہے کیونکہ NOT, OR, AND جیسے تمام گیٹ صرف NOR گیٹ

استعمال کر کے حاصل کیے جاسکتے ہیں (مشق 14.14 اور مشق 14.15)

تیز سے تیز اور چھوٹے چھوٹے سے چھوٹا: کمپیوٹر شیکنا لو جی کا مستقبل

(FASTER AND SMALLER: THE FUTURE OF COMPUTER TECHNOLOGY)

ابھائی چپ (IC) تمام کمپیوٹر نظاموں کے قلب پر پیوست ہے۔ دراصل ICs تقریباً تمام برتنی آلات، جیسے موڑیں، ٹیلی ویژن، CD پلیئر، بیل فون وغیرہ، میں پائے جاتے ہیں۔ کوچک کاری (miniaturisation) جس نے جدید ذاتی کمپیوٹر کو ممکن بنایا، IC کے بغیر کبھی نہیں کی جاسکتی تھی۔ ICs وہ الیکٹرینیاتی آلات ہیں جن میں کئی ٹرانسٹر، مزاج، کپسٹر، جوڑنے والے تار۔ سب ایک بندل (Package) میں ہوتے ہیں۔ آپ نے مائیکرو پروسئر کے بارے میں ضرور سننا ہوگا۔ مائیکرو پروسئر ایسا IC ہے جو ایک کمپیوٹر میں تمام اطلاعات پر عمل کاری کرتا ہے، جیسے کون سی کنجیاں دبائی گئی ہیں، کون سے پروگرام، کھیل وغیرہ چلائے جا رہے ہیں، ان سب کا حساب رکھنا۔ IC سب سے پہلے جیک ملکی نے 1958 میں شکس انسٹرومٹ میں ایجاد کیا۔ اس ایجاد کے لیے انھیں 2000 میں نوبل انعام سے نوازا گیا۔ ICs ایک نیم موصل کریٹل کے ٹکڑے (یا چپ) پر، فلٹوسنگ کاری کہے جانے والے عمل کے ذریعے، بنائے جاتے ہیں۔ اس لیے پوری اطلاعات شیکنا لو جی (IT) نیم موصلوں پر ٹکی ہوئی ہے۔ پچھلے برسوں میں ICs کی پیچیدگی میں اضافہ ہوتا جا رہا ہے جب کہ اس پہنچ کمپیوٹر شیکنا لو جی کے سائز میں کمی آتی جا رہی ہے۔ پچھلی پانچ دہائیوں میں، کمپیوٹر شیکنا لو جی میں جوڑ رامی کوچک کاری ہوئی ہے اس نے جدید کمپیوٹروں کو مزید تیز رفتار اور سائز میں اور چھوٹا بنادیا ہے۔ 1970 کی دہائی میں، گورڈن مور، INTEL کے بانیوں میں سے ایک، نے یہ شان دہی کی کہ ایک چپ (IC) کی یادداشت گنجائش ہر ڈیڑھ برس کے عرصے میں تقریباً دو گتی ہوتی جا رہی ہے۔ یہ عام طور سے مور کے قانون کے نام سے مقبول ہے۔ ٹرانسٹروں کی تعداد فی چپ میں قوت نمائی طور پر اضافہ ہوا ہے اور ہر سال پہلے کے مقابلے میں زیادہ طاقت ور کمپیوٹر بازار میں آجائے ہیں اور ان کی قیمت پچھلے سال والے کمپیوٹر کے مقابلے میں کم ہوتی ہے۔ موجودہ رجحان کے پیش نظر کہا جاسکتا ہے کہ 2020 میں کمپیوٹر 40GHz (40,000 MHz) پر چلیں گے اور موجودہ کمپیوٹروں کے مقابلے میں زیادہ استعداد والے، کہیں چھوٹے اور کم مہنگے ہوں گے۔ نیم موصل صنعت اور کمپیوٹر شیکنا لو جی میں ہونے والی دھماکہ خیز ترقی گورڈن مور کے اس قول سے بخوبی واضح ہو جاتی ہے: ”اگر موڑ گاڑیوں کی صنعت بھی اسی رفتار سے ترقی کرتی ہے، جس رفتار سے نیم موصل صنعت ترقی کر رہی ہے تو ایک رولس رائے موڑ ایک گیلن میں پانچ لاکھ میل چل سکے گی اور اسے کہیں کھڑا کرنے کا کرایہ (پارکنگ) اس کی قیمت سے زیادہ ہو گا“

خلاصہ

- 1- نیم موسل موجودہ ٹھوس حاصل الیکٹرانک آلات، جیسے ڈائیوڈ، ٹرانسیستر ICS وغیرہ، میں استعمال ہونے والی بنیادی مادی اشیاء ہیں۔
- 2- جز ترکیبی عناصر کی لیٹھ ساخت اور ایٹمی ساخت یہ متعین کرتی ہیں کہ ایک مخصوص مادی شے حاصل ہوگی، دھات ہوگی یا نیم موصل ہوگی۔
- 3- دھاتوں کی مزاحمت خفیف ہوتی ہے۔ ($10^{-8} \Omega m$ سے $10^{-2} \Omega m$ تک)، حاصلوں کی مزاحمت بہت اعلاء درجے کی ہوتی ہے ($10^8 \Omega m^{-1}$) اور نیم موصلوں کی مزاحمت کی قدر ان کے درمیان ہوتی ہیں۔
- 4- نیم موصل عضری بھی ہوتے ہیں (Si, Ge) اور مرکب بھی (CdS, GaAs، وغیرہ)۔
- 5- خالص نیم موصل "ذاتی نیم موصل" کہلاتے ہیں۔ چارج حاملوں (الیکٹران اور سوراخ) کی موجودگی، مادی شے کی ایک ذاتی خاصیت ہے اور یہ حرارتی اشتعال کے ذریعے حاصل ہوتے ہیں۔ ذاتی موصلوں میں الیکٹرانوں کی تعداد (n_e)، سوراخوں کی تعداد (n_h) کے مساوی ہوتی ہے۔ سوراخ دراصل الیکٹران خلو ہیں، جن کا ایک موثر مثبت چارج ہوتا ہے۔
- 6- خالص نیم موصلوں میں ایک مناسب ملاوٹ کی ڈوبنگ کر کے چارج حاملوں کی تعداد تبدیل کی جاسکتی ہے۔ ایسے نیم موصل، بیرونی نیم موصل کہلاتے ہیں۔ ان کی دو قسمیں ہیں (n- قسم اور p- قسم)۔
- 7- ایک n- قسم نیم موصل میں، $n_e >> n_h$ ، جب کہ ایک p- قسم نیم موصل میں $n_h >> n_e$ ۔
- 8- n- قسم کے Si یا Ge نیم موصل، پنج گرفتی ایٹموں (عطاقاروں) (جیسے P, Sb, As) وغیرہ سے ڈوبنگ کر کے حاصل کیے جاتے ہیں، جب کہ p- قسم کے Si یا Ge نیم موصل سے گرفتی ایٹموں (حصول کاروں) (جیسے B, Al، وغیرہ سے ڈوبنگ کر کے حاصل کیے جاسکتے ہیں۔
- 9- تمام صورتوں میں: $n_i^2 = n_e n_h = n_i$ - مزید مادی شے میں مجموعی طور پر چارج تعدلیت پائی جاتی ہے۔
- 10- تو ان ایٹموں کے دو واضح بینڈ ہوتے ہیں (جو گرفت بینڈ اور ایصال بینڈ کہلاتے ہیں)، جن میں ایک مادی شے کے الیکٹران رہتے ہیں۔ گرفت بینڈ کی تو ان ایٹموں، ایصال بینڈ کی تو ان ایٹموں کے مقابلے میں کم ہوتی ہیں، ایک گرفت بینڈ کی تمام تو ان ایٹموں کی بھری ہوتی ہیں جب کہ ایصال بینڈ میں تو ان ایٹموں کی مانازل مکمل طور پر خالی یا جزوی طور پر بھری ہوئی ہو سکتی ہیں۔ ایصال بینڈ میں الیکٹران ٹھوس میں حرکت کرنے کے لیے آزاد ہوتے ہیں اور یہ ایصالیت کے لیے ذمہ دار ہیں۔ ایصالیت کتنی ہوگی یہ گرفت بینڈ کی اوپری سطح کی تو ان ایٹموں (E_v) اور ایصال بینڈ کی پھلی سطح کی تو ان ایٹموں E_c کے درمیان تو ان ایٹموں کی فصل (E_g) پر منحصر

- ہے۔ گرفت بینڈ سے الکٹرانوں کو حرارت، روشنی یا برق تو انائی کے ذریعے مشتعل کر کے ایصالی بینڈ میں پہنچایا جاسکتا ہے اور اس طرح ان کے ذریعے نیم موصل میں بہرہ ہے کرنٹ کو تبدیل کیا جاسکتا ہے۔
- 11- حاجزوں کے لیے: $E_g > 3 \text{ eV}$, نیم موصلوں کے لیے $0.2 \text{ eV} \leq E_g \leq 3.0 \text{ eV}$ تک ہے، جب کہ دھاتوں کے لیے $E_g = 0$
- 12- p-n جنکشن تمام نیم موصل آلات کی کنجی ہے۔ جب ایک ایسا جنکشن بنایا جاتا ہے تو ایک عسرتی تہہ تشکیل پاتی ہے جو ایسے غیر متحرک آئن۔ قابوں پر مشتمل ہوتی ہے جو اپنے الکٹرانوں یا سوراخوں سے عاری ہوتے ہیں۔ یہ جنکشن پلینشیل روک کے لیے ذمہ دار ہے۔
- 13- بیرونی اطلاقی ولٹیج کو تبدیل کر کے جنکشن روک کو تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ پیش میلان (n-جانب بیٹری کے منفی ٹرینل سے منسلک ہے اور p-جانب ثابت ٹرینل سے منسلک ہے) میں روک کم ہو جاتی ہے جب کہ پیش میلان میں روک میں اضافہ ہو جاتا ہے۔ اس لیے پیش میلان کرنٹ زیادہ ہوتا ہے (mA) جب کہ p-n جنکشن ڈائیڈ میں یہ بہت خفیف ہوتا ہے (μA)۔
- 14- ڈائیڈ ایک ac ولٹیج کی سمت کاری (ac ولٹیج کو ایک سمت میں محدود رکھنا) کے لیے استعمال کیے جاسکتے ہیں۔ ایک کپسٹر یا مناسب فلٹر کی مدد سے ایک dc ولٹیج حاصل کی جاسکتی ہے۔
- 15- کچھ مخصوص غایت ڈائیڈ ہیں۔
- 16- زیز ڈائیڈ ایک ایسا ہی مخصوص غایت ڈائیڈ ہے۔ پیش میلان میں، ایک زیز ڈائیڈ میں، ایک مخصوص ولٹیج (قطع ولٹیج) کے بعد کرنٹ اچانک بڑھ جاتا ہے۔ یہ خاصیت ولٹیج تقدیل کاری میں استعمال کی جاتی ہے۔
- 17- p-n جنکشن ڈائیڈ کی فوناک یا نوری۔ الکٹرالک آلات بنانے میں بھی استعمال کیے گئے ہیں۔ ایسے آلات جن میں حصہ لینے والی ایک شے ”فوناک“ ہوتی ہے۔ (a) فوناک ڈائیڈ وہ ہوتے ہیں جن میں فوناک اشتعال کے نتیجے میں پس سیری کرنٹ میں تبدیلی ہوتی ہے جو روشنی کی شدت کی پیمائش میں مدد کرتی ہے۔ (b) سمشی سیل، جوفوناک تو انائی کو برق میں تبدیل کرتے ہیں (c) روشنی خارج کرنے والے ڈائیڈ یا ڈائیڈ لیزر، جن میں ایک میلان ولٹیج کے ذریعے الکٹران اشتعال کے نتیجے میں روشنی پیدا ہوتی ہے۔
- 18- کچھ مخصوص سرکٹ ہیں جو 0 اور 1 منازل پر میں ہندسی آنکھروں کو برنتے ہیں۔ یہ ہندسی الکٹرینیات کا موضوع ہے۔
- 19- اہم ہندسی سرکٹ جو مخصوص لو جک عمل کرتے ہیں، لو جک گیٹ کہلاتے ہیں۔ یہ ہیں OR, AND, NOR, NAND گیٹ۔

قابل غورنکات

-1 نیم موصلوں میں توانائی فصل (E_C یا E_V) فضائی مرکنر (Space Delocalised) ہوتے ہیں۔ اس کا

مطلوب ہے کہ یہ ٹھوس میں کسی ایک خاص مقام پر مرکنر نہیں ہوتے۔ یہ توانائیاں مجموعی اوسط ہیں۔ جب آپ کوئی ایسی تصویریں دیکھتے ہیں جن میں E_C یا E_V خط مستقیم کے ذریعے ظاہر کیا گیا ہوتا ہے، تب ہمیں یہ سمجھنا چاہیے کہ یہ، بالترتیب، ایصال بینڈ کی علی سطح اور گرفت بینڈ کی بالائی سطح کی توانائی منازل ہیں۔

-2 عناصری نیم موصلوں (Ge یا Si) میں، n-p قسم کے نیم موصل، ڈوپ کاروں (dopants) کو بے طور تقص شامل کر کے، حاصل کیے جاتے ہیں۔ مرکب نیم موصلوں میں ان کے عناصر کے آپسی تناسب پیمائی تاسیبوں کو تبدیل کر کے بھی نیم موصل کی قسم کو تبدیل کیا جا سکتا ہے۔ مثلاً، ایک مثالی میں یہ As : Ga تناوب 1 : 1 ہوتا ہے، لیکن ایک زائد Ga یا زائد As، As_{0.9} Ga_{0.9} یا As_{1.1} Ga_{1.1} بھی ہو سکتا ہے۔ عمومی طور پر، نفاذ کی موجودگی، نیم موصل کی خصیتوں کوئی طریقے سے کنٹرول کرتی ہے۔

-3 ٹرانسیستروں میں، بنیاد علاقہ، پیلا اور ہلاکڈوپ کیا ہوا ہوتا ہے۔ ورنہ درآمدہ جانب سے آرہے الیکٹران یا سوراخ (جیسے CE-Tشکل میں مخروج ہے) بچ کارتک نہیں پہنچ پائیں گے۔

-4 جدید دور کے سرکٹوں میں کئی لو جک گلیوں یا سرکٹوں کو ایک واحد چپ پر اجمانی صورت میں لگا دیا جاتا ہے۔ یہ اجمانی سرکٹ (IC) کہلاتے ہیں۔

مشق

14.1 - ایک n-p قسم سلی کون کے لیے مندرجہ ذیل میں سے کون سایبان درست ہے:

- (a) الیکٹران اکثریتی حامل ہیں اور سہ گرفتی ایٹم ڈوپ کار ہیں۔
- (b) الیکٹران اقلیتی حامل ہیں اور نیچ گرفتی ایٹم ڈوپ کار ہیں۔
- (c) سوراخ اقلیتی حامل ہیں اور نیچ گرفتی ایٹم ڈوپ کار ہیں۔
- (d) سوراخ اکثریتی حامل ہیں اور سہ گرفتی ایٹم ڈوپ کار ہیں۔

14.2 - مشق 14.1 میں دیے ہوئے بیانات میں سے کون سایبان p- قسم نیم موصلوں کے لیے درست ہے۔

نیم موصل الکٹر انیات: ماڈے، آلات اور سادہ سرکٹ

- 14.3 کاربن، سلی کون اور جرمینیم میں سے ہر ایک میں 4 گرفت الکٹران ہوتے ہیں۔ ان کی خاصیت یہ ہے کہ ان کے گرفت بینڈ اور ایصال بینڈ ایک دوسرے سے تو انہی بینڈ فصل کے ذریعے عیجہ ہوتے ہیں، جو بالترتیب $(E_g)_{Ge}$ کے مساوی ہوتے ہیں۔ مندرجہ ذیل بیانات میں سے کون سا بیان درست ہے:

$$(E_g)_{Si} < (E_g)_{Ge} < (E_g)_C \quad (a)$$

$$(E_g)_C < (E_g)_{Ge} > (E_g)_{Si} \quad (b)$$

$$(E_g)_C > (E_g)_{Si} > (E_g)_{Ge} \quad (c)$$

$$(E_g)_C = (E_g)_{Si} = (E_g)_{Ge} \quad (d)$$

- 14.4 ایک غیر مائل p-n جتناش میں، سوراخ-p علاقے سے n- علاقہ کی جانب نفوذ کرتے ہیں، کیونکہ

(a) علاقے کے آزاد الکٹران انھیں کشش کرتے ہیں۔

(b) وہ مضمر فرق کے ذریعے جتناش سے گزرتے ہیں۔

(c) n- علاقہ کے مقابلے میں p- علاقہ میں سوراخوں کا ارتکازہ زیادہ ہوتا ہے۔

(d) اوپر دیے ہوئے تمام بیانات۔

- 14.5 جب ایک p-n جتناش پر پیش میلان کا اطلاق کیا جاتا ہے تو اس سے

(a) مضمر روک میں اضافہ ہوتا ہے۔

(b) اکثریتی حامل کرنٹ کم ہو کر صفر ہو جاتا ہے۔

(c) مضمر روک میں کمی آ جاتی ہے۔

(d) مندرجہ بالا بیانات میں سے کوئی نہیں۔

- 14.6 نصف- لہر سمت کاری میں، برآمدہ تعداد کیا ہو گا، اگر برآمدہ تعداد Hz 50 ہے۔ کیساں برآمدہ تعداد کے لیے

ایک مکمل- لہر سمت کار کا برآمدہ تعداد کیا ہو گا؟

- 14.7 ایک p-n فوٹو ڈائیوڈ ایسے نیم موصل سے بنایا گیا ہے، جس کا بینڈ فصل 2.8 eV ہے۔ کیا یہ 6000 nm

کی طویل لہر شناخت کر سکتا ہے؟

مزید مشق

- 14.8 سلی کون ایٹموں کی تعداد فی m^3 $10^{28} \times 5$ ہے۔ اسے بہیک وقت آرسینک کے $10^{22} \times 5 \times 10^{15}$ ایٹم فی اور انڈیم کے $10^{22} \times 5 \times 10^{15}$ ایٹم فی m^3 سے ڈوپ کیا جاتا ہے۔ الکٹرانوں اور سوراخوں کی تعداد کا حساب لگائیے۔

دیا ہے: $n_i = 1.5 \times 10^{16} m^{-3}$ ، مادی شے p- قدم کی ہے یا n- قدم کی؟

14.9 - ایک ذاتی نیم موصل میں، تو انائی فصل $E_g = 1.2 \text{ eV}$ ، لیکن ان روانی کے مقابلے میں بہت کم ہے اور درجہ حرارت کے غیر تابع ہے۔ 600K پر ایصالیت اور 300K پر ایصالیت کے درمیان کیا نسبت ہوگی؟ فرض کر لیجیے کہ ذاتی حامل ارتکاز n_i کا درجہ حرارت انحصار دیا جاتا ہے۔

$$n_i = n_0 \exp\left(-\frac{E_g}{2k_B T}\right)$$

14.10 - ایک p-n جنتشن ڈائیوڈ میں کرنٹ کو ظاہر کیا جاسکتا ہے: $I = I_0 \exp\left(\frac{eV}{2k_B T} - 1\right)$ جہاں I_0 پس سیری کرنٹ کہلاتا ہے، V ڈائیوڈ کے سروں کے درمیان ووچن ہے، اور I_0 ڈائیوڈ میں سے گزرنے والا کرنٹ ہے، k_B بولٹزمن میں مستقلہ $(8.6 \times 10^{-5} \text{ eV/K})$ اور T مطلق درجہ حرارت ہے۔ ایک دیے ہوئے ڈائیوڈ کے

$$\text{لیے: } I_0 = 5 \times 10^{-12} \text{ A} \text{ اور } T = 300\text{K}, \text{ تب}$$

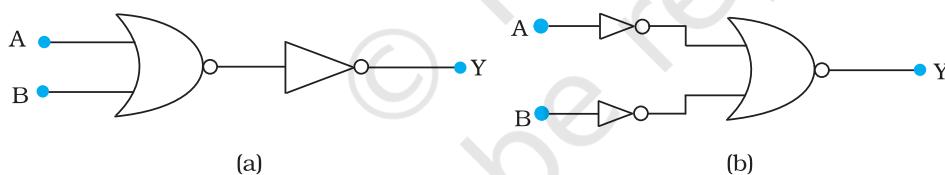
(a) پیش لوٹھن 0.6 V پر پیش کرنٹ کیا ہوگا؟

(b) اگر ڈائیوڈ کے سروں کے درمیان ووچن بڑھا کر 0.7 V کر دیا جائے تو کرنٹ میں کیا اضافہ ہوگا؟

(c) حرکی مزاحمت کیا ہے؟

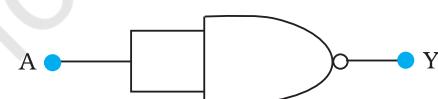
(d) اگر پس میلان ووچن 1 V سے بدل کر 2 V کر دی جائے تو کرنٹ کیا ہوگا؟

14.11 - آپ کو دو سرکٹ دیے گئے ہیں، جیسا کہ شکل 14.36 میں دکھایا گیا ہے۔ دکھائیے کہ سرکٹ (a) بطور OR گیٹ کام کرتا ہے اور سرکٹ (b) AND (b) گیٹ کے بطور کام کرتا ہے۔



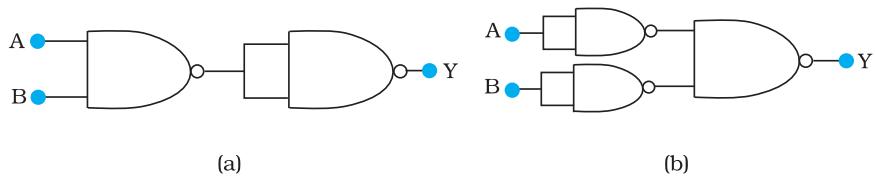
شکل 14.36

14.12 - شکل 14.37 میں دکھائے گئے طریقے سے جڑے ہوئے NAND گیٹ کے لیے صداقت جدول لکھیے۔ اور پھر اس سرکٹ کے ذریعے انجام دیے گئے لو جک علماں کو درست طور پر شناخت کیجیے۔



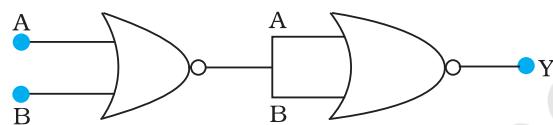
شکل 14.37

14.13 - آپ کو شکل 14.38 میں دکھائے گئے دو سرکٹ دیے گئے ہیں، جو NAND گیٹوں پر مشتمل ہیں۔ دونوں سرکٹوں کے ذریعے انجام دیے گئے وارے لو جک علماں کی شناخت کیجیے۔



شكل 14.38

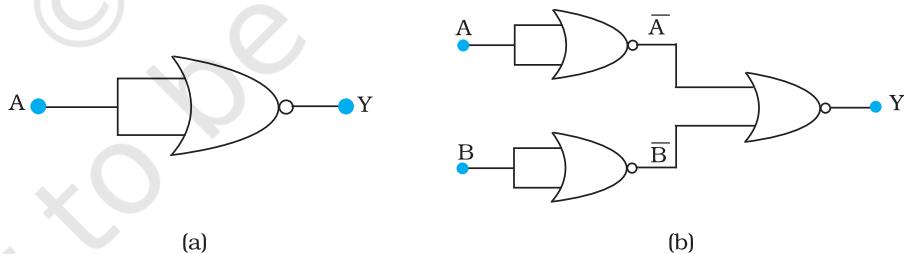
14.14 - نیچے شکل 14.39 میں دکھائے گئے سرکٹ کے لیے، صداقت جدول لکھیے، جو NOR گیٹوں پر مشتمل ہے اور سرکٹ جو لو جک عمل (OR, NOT, AND) انجام دے رہا ہے۔ انھیں شاخت کیجیے۔



شکل 14.39

اشارہ: $B=1, A=0$ تب دوسرے NOR گیٹ کے A اور B درآمدات 0 ہوں گے اور اس لیے $Y=1$ اسی طرح A اور B کے دیگر اجتماعات کے لیے Y کی قدر یہی حاصل کیجیے۔ NOT، AND، OR، NOT گیٹوں کے صداقت جدول سے مقابلہ کیجیے اور درست گیٹ معلوم کیجیے۔

14.15 - شکل 14.40 میں دیے گئے سرکٹوں کے لیے صداقت جدول لکھیے، جو NOR گیلوں پر مشتمل ہیں۔ دونوں سرکٹوں کے ذریعے انجام دیے گئے لو جک علوم (NOT, AND, OR) کی شناخت کیجیے۔



شکل 14.40

14.16۔ دو افزائش کار، ایک کے بعد ایک سلسلہ وار طرز میں جوڑے گئے ہیں (آبشار شدہ Cascaded)۔ پہلے افزائش کار کا ولٹیج اضافہ 10 ہے اور دوسرے کا 20 ہے۔ اگر درآمدہ سکنل 0.01V ہے تو برآمدہ ac سکنل کا حساب لگائیے۔