# ठोस एवं अर्धचालक युक्तियाँ

ठोस एवं अर्धचालक युक्तियाँ इलेक्ट्रॉनिक उपकरण विभिन्न क्षेत्रों जैसे दूरसंचार,मनोरंजन,कम्प्यूटर, नाभिकीय भौतिकी व बहुत से में उपयोग किये जाते है।

निर्वात नलिकाओं (Vacuum tubes) पर आधारित युक्तियों के निर्माण के उपरान्त ही इलेक्ट्रॉनिकी का युग प्रारम्भ हुआ, लेकिन वर्तमान में अर्धचालकों पर आधारित युक्तियों ने लगभग सभी उपयोगों में निर्वात नलिका युक्तियों को प्रतिस्थापित कर दिया है। अर्धचालक युक्तियों ने न केवल इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों को आकार में छोटा व कार्य कुशलता में अधिक दक्ष बनाया है बल्कि इनकी कम लागत ने इन्हें सर्वसाधारण के उपयोग हेतु सुलभ बनाया है।

उदाहरणस्वरूप हम कम्प्यूटर को ले सकते है। प्रारम्भिक दिनों में निर्वात् नलिका पर आधारित कम्प्यूटर एक कमरे के बराबर आकार के होते थे एवं केवल सामान्य गणनाओं के लिए उपयोगी थे। वर्तमान में व्यक्तिगत कम्प्यूटर (PC) जो प्रयोगशाला में या आपके घर पर देखते है। वह बहुत छोटे आकार का होता है एवं कई सारी संक्रियाओं को करने के योग्य है। यह कहने की आवश्यकता नहीं कि यह अर्द्धचालक तकनीक में प्रगति के कारण सम्भव हुआ है।

यहाँ हम अर्द्धचालकों की आधारभूत अवधारणओं को सीखेंगे। यह हमें बहुत सी अर्द्धचालक युक्तियों की कार्यप्रणाली को समझने के योग्य बनायेगा।

## धातुओ, चालकों तथा अर्द्धचालको का वर्गीकरण

### चालकता के आधार पर

विद्युत चालकता ($\sigma$) या प्रतिरोधकता ($\rho = 1/\sigma$) के आपेक्षिक मान के आधार पर ठोसो को मुख्य रूप से निम्न प्रकार वर्गीकृत किया

**(i) धातु :** अल्प प्रतिरोधकता (या उच्च चालकता).

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

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

**(ii) अर्द्धचालक :** ये धातुओ तथा कुचालको के मध्यवर्ती प्रतिरोधकता या चालकता रखते है।

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

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

**(iii) कुचालक :** उच्च प्रतिरोधकता (या निम्न चालकता) रखते है।

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

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

**अर्ध चालकों के प्रकार :**

(i) तात्विक अर्द्धचालक Si तथा Ge

(ii) यौगिक अर्द्धचालक : उदाहरण निम्न है

- अकार्बनिक : CdS, GaAs, CdSe, InP, इत्यादि
- कार्बनिक : Anthracene, doped pthalocyanines, इत्यादि
- कार्बनिक बहुलक : polypyrrole, polyaniline, polythiophene,इत्यादि

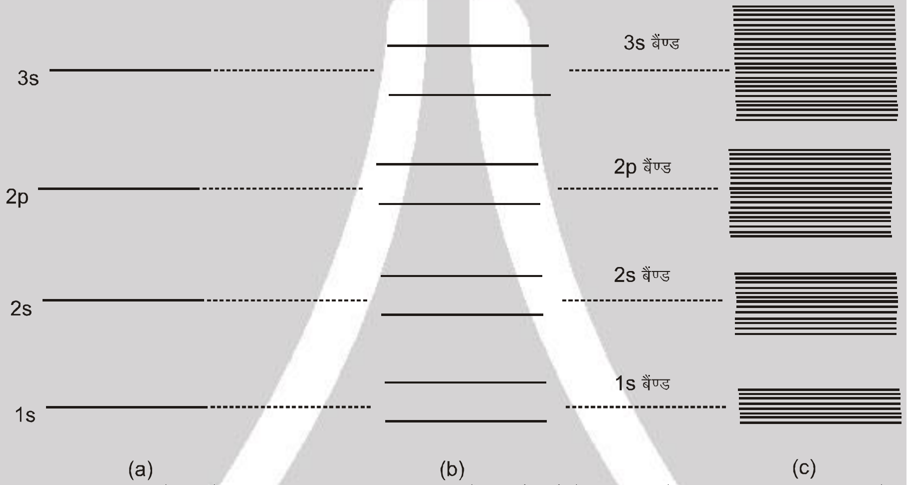
## 1. ठोसों में ऊर्जा स्तर एवं ऊर्जा बैण्ड :

किसी विलगित परमाणु (isolated atom) में इलेक्ट्रॉन सुपरिभाषित ऊर्जा स्तरों में रहने के लिये बाध्य होते है। परमाणु में स्थित प्रत्येक इलेक्ट्रान इन विविक्त ऊर्जा स्तरों में से किसी एक में रहता है। किसी ऊर्जा स्तर में उपस्थित हो सकने वाले इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम् संख्या पॉली अपवर्जन नियम (pauli exclusion principle) की सहायता से निर्धारित होती है। सबसे बाहरी कक्षा जिसमें परमाणु की अनुत्तेजित अवस्था में इलेक्ट्रॉन उपस्थित हो सकते है, संयोजी ऊर्जा स्तर (valence energy level) कहलाता है एवं इसमें उपस्थित इलेक्ट्रॉन संयोजी इलेक्ट्रॉन कहलाते हैं। उदाहरण के लिये सोडियम(परमाणु संख्या 11) के लिये इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ है, यहाँ 3s ऊर्जा स्तर में एक इलेक्ट्रॉन उपस्थित है, जो संयोजी इलेक्ट्रॉन है।

प्रायः अधिकांश ठोस पदार्थ जिनमें धातुऐं भी सम्मिलित हैं, क्रिस्टलीय प्रकृति (crystalline nature) के होते हैं। क्रिस्टलीय ठोसों में परमाणु एक नियमित आवर्ती व्यवस्था में होते हैं तथा निकटवर्ती परमाणु बहुत ही अल्प दूरी जिसे जालक

नियतांक (lattice constant) कहा जाता है, से पृथक होते है। जालक नियतांक का मान विभिन्न प्रकार के क्रिस्टलीय पदार्थों के लिये भिन्न भिन्न होता है, जालक नियतांक का मान कुछ Å की कोटि का होता है। स्पष्टतः निकटवर्ती परमाणुओं मे इतनी अल्प दूरी होने के कारण किसी एक परमाणु के इलेक्ट्रॉन न केवल इसके नाभिक के कूलॉम बल से प्रभावित होगें अपितु निकटवर्ती परमाणुओं के नाभिक व अन्य इलेक्ट्रॉनों द्वारा भी इन पर कूलॉम बल कार्यकारी होगा। संक्षेप में कहा जा सकता है कि क्रिस्टलीय अवस्था में ठोस के परमाणु परस्पर अंतः क्रिया (interaction) करते है। वस्तुतः यह अन्तःक्रिया ही विभिन्न परमाणुओं में आबन्धन(bonding) के लिये उत्तरदायी होती है जो क्रिस्टलीय संरचना निर्मित करते हैं।

जब क्रिस्टल में परमाणु अन्तःक्रिया कर रहे हो तो इन परमाणुओं मे इलेक्ट्रॉन के ऊर्जा स्तर विलगित परमाणु के ऊर्जा स्तर के समान नहीं रहते हैं। अन्तःक्रिया के कारण क्रिस्टल के परमाणुओं के ऊर्जा स्तर रूपांतरित हो जाते हैं। इस रूपातंरण को समझने के लिये पहले हम दो समान परमाणुओं (identical atoms) की अन्तःक्रिया पर विचार करते हैं। प्रारम्भ मे माना कि ये परमाणु परस्पर इतनी दूरी पर हैं कि इनमें कोई अन्तःक्रिया नहीं होती है (यदि दो परमाणुओं के मध्य दूरी इनकी रेखीय विमा ~10Å से बहुत अधिक ~50Å है तो ऐसा मानना संभव है ) ऐसी स्थिति में दोनों परमाणुओं को विलगित माना जा सकता है।

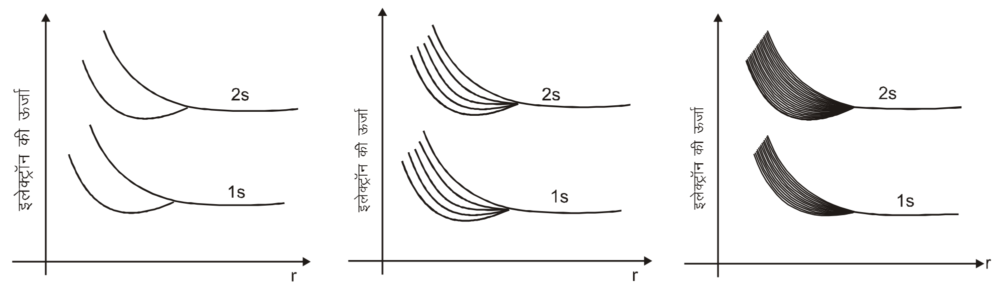



एक वास्तविक क्रिस्टलीय ठोस में N का मान अत्यधिक होता है जैसे $10^{22}$ से $10^{23}$ परमाणु/घन सेन्टीमीटर। अतः प्रत्येक ऊर्जा बैंड में कई सारे ऊर्जा स्तर बनते है। इन ऊर्जा स्तरों में अन्तराल (separation) भी बहुत सूक्ष्म होगा। उदाहरण के लिये यदि बैण्ड की न्यूनतम् व अधिकतम् ऊर्जा में 1 eV का अन्तर होता है तथा इस बैंण्ड में $10^{22}$ ऊर्जा स्तर हैं तो दो निकटतम् ऊर्जा स्तरों में अन्तराल लगभग $10^{-22}$ eV का होगा। इतने सूक्ष्म ऊर्जा अन्तराल के लिये व्यवहारिक रूप से यह माना जा सकता है कि किसी ऊर्जा बैण्ड के भीतर ऊर्जा संतत मान रखती है। ऊर्जा बैण्ड निर्माण की यह प्रक्रिया चित्र(c) में दर्शायी गयी है।

## ऊर्जा बैण्ड (Energy Bands) :

यह मत पाऊली अपवर्जन सिद्धान्त पर आधारित है।

किसी भी विलगित परमाणु में संयोजी इलेक्ट्रॉन केवल एक निश्चित ऊर्जा वाले उपकोशों में ही उपस्थित होते हैं। परन्तु जब दो परमाणु एक–दूसरे के पास लाये जाते हैं, तो इनकी ऊर्जा स्तरों में परिवर्तन होता है एवं ये फैलकर बैण्ड बना लेते है।




जब दो सोडियम परमाणु एक साथ लाये जाते है तब 1s तथा 2s स्तरो का विपाटन

जब पाँच सोडियम परमाणु एक साथ लाये जाते है तब 1s तथा 2s स्तरो का विपाटन

अत्यधिक संख्या में उपस्थित सोडियम परमाणुओं के लिए ऊर्जा बैंड

ऊर्जा बैण्ड निम्न प्रकार के होते है।

**(1) संयोजी बैण्ड (Valence band) :** संयोजी इलेक्ट्रोनों के ऊर्जा स्तरों के संयोजन द्वारा निर्मित उर्जा बैंण्ड को संयोजी बैंड कहते है। संयोजी बैण्ड में इलेक्ट्रोन नीचे से ऊपर की ओर भरे जाते है।

(i) यह बैण्ड आंशिक रूप या पूर्ण रूप से संयोजी इलेक्ट्रोन द्वारा भरा होता है।

(ii) इस बैण्ड में उपस्थित इलेक्ट्रोन विद्युत क्षेत्र से ऊर्जा ग्रहण करनें की स्थिति में नही होते हैं।

(iii) यह अधिकतम ऊर्जा का बैण्ड है।

(iv) O K ताप पर संयोजी बैण्ड में इलेक्ट्रोन द्वारा अधिग्रहित, उच्चतम ऊर्जा स्तर को फर्मी ऊर्जा स्तर कहते हैं।

(v) इस बैड में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों का धारा प्रवाह का कोई योगदान नहीं होता

**(2) चालन बैण्ड Conduction band :** संयोजी ऊर्जा बैण्ड से ऊपर स्थित उर्जा बैण्ड को चालन बैण्ड कहते हैं।

(i) यह बैण्ड रिक्त या आंशिक रूप से इलेक्ट्रोन द्वारा भरा होता है।

(ii) इस बैण्ड में उपस्थित इलेक्ट्रोन ऊर्जा ग्रहण करने की स्थिति में होते हैं।

(ii) चालन बैण्ड में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों को मुक्त इलेक्ट्रॉन कहते है। ये ठोस के आयतन में कहीं भी गति कर सकते है।

(iv) यह न्यूनतम ऊर्जा का रिक्त बैण्ड है।

(v) इस बैंड के इलेक्ट्रॉन धारा प्रवाह के लिए उत्तरदायी होते है।

**(3) वर्जित बैण्ड या ऊर्जा अन्तराल Forbidden energy gap ($\Delta E_g$) :** चालान बैण्ड एवं संयोजी बैण्ड में ऊर्जा अन्तराल

$\Delta E_g = (C.B.)_{min} - (V.B.)_{max}$

## 2. चालक, कुचालक तथा अर्धचालक का ऊर्जा बैण्ड विवरण

विद्युत चालकता (electrical conductivity) एक ऐसी भौतिक राशि है जिसकी परास बहुत बड़ी है। एक ओर हम धातुओं के बारे में जानते हैं जिनकी विद्युत चालकता बहुत अधिक होती है तो दूसरी ओर क्वार्टज, अभ्रक जैसे कुचालक पदार्थ हैं जिनकी चालकता लगभग शून्य है। ऐसे पदार्थ भी ज्ञात हैं जिनकी सामान्य तापक्रमों पर चालकता धातुओं से बहुत कम किन्तु कुचालकों से बहुत अधिक होती है। इन्हें अर्धचालक कहा जाता है। सिलिकॉन व जर्मेनियम इनके उदाहरण हैं। अर्धचालकों की चालकता न केवल चालकों एवं कुचालकों के मध्यवर्ती है बल्कि इनकी चालकता का ताप के साथ परिवर्तन भी रोचक है। परम शून्य ताप के निकट तो इनका व्यवहार कुचालकों के समान है पर ताप में वृद्धि होने पर इनकी चालकता में वृद्धि होती है जो धातुओं के लिये प्रेक्षित व्यवहार से विपरीत है।

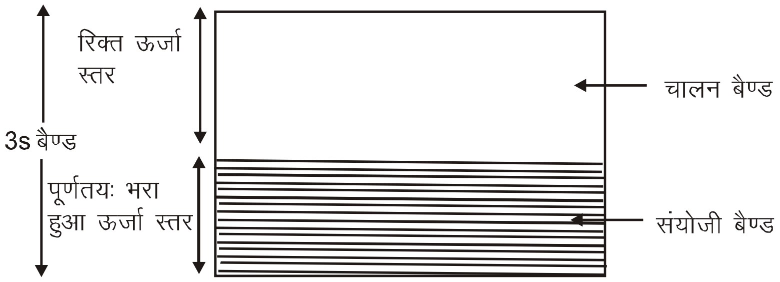
### (a) चालक (Conductors) :

चालक ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनमें वह बैण्ड जिसमें संयोजी इलेक्ट्रान होते हैं केवल आंशिक रूप से भरा होता है या इस बैण्ड तथा इससे अगले उच्च ऊर्जा बैण्ड में अतिव्यापन होकर एक नवीन बैण्ड बनता है जो भी आंशिक रूप में भरा होता है। इन दोनों ही स्थितियों में बैण्ड में रिक्त ऊर्जा स्तर उपलब्ध होते हैं जिनमें इलेक्ट्रॉन बाह्य विद्युत क्षेत्र से प्राप्त ऊर्जा के कारण उत्तेजित हो कर संक्रमण कर सकता है।

### एकल संयोजी धातु में चालन बैण्ड तथा संयोजी बैण्ड

उदाहरण के लिये हम सोडियम जो एक एकल संयोजी धातु (monovalent metal) है पर विचार करते हैं। इसके लिये बैण्ड संरचना इस प्रकार से होती है 1s, 2s व 2p बैण्ड अपनी क्षमता तक इलेक्ट्रॉनों से भरे होते हैं लेकिन 3s बैण्ड अपनी क्षमता का आधा ही भरा होता है। इसका कारण है कि विलगित सोडियम परमाणु की इलेक्ट्रॉनिक संरचना में 1s, 2s तथा 2p ऊर्जा स्तर पूर्णतः भरे होते हैं लेकिन 3s ऊर्जा स्तर में इसकी क्षमता दो इलेक्ट्रॉन ग्रहण करने की होने पर भी इसमें केवल एक इलेक्ट्रॉन है। पूर्णत भरे आन्तरिक बैण्ड विद्युत चालन की दृष्टि से उपयोगी नहीं होते हैं क्योंकि इनके ऊर्जा स्तरों में इलेक्ट्रॉन संक्रमित नहीं हो सकते। आन्तरिक बैण्ड 1s से 2s से 2p में भी इलेक्ट्रॉन संक्रमित नहीं हो सकते हैं क्योंकि दोनों ही स्थितियों में इलेक्ट्रॉन को रिक्त ऊर्जा स्तर उपलब्ध नहीं है। 3s बैण्ड में इसके विपरीत व्यवहार इस आशिक भरे हुए बैण्ड के कारण ही होगा। इस बैण्ड को चित्र (a) में दर्शाया गया है। इस बैण्ड का निचला अर्द्ध भाग संयोजी बैण्ड कहलाता है तथा ऊपर स्थित अर्द्ध भाग चालन बैण्ड (conduction band)

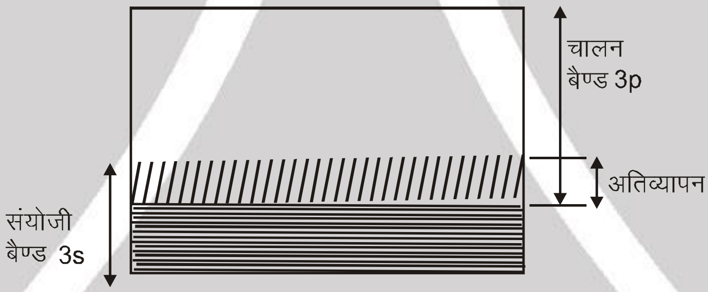
कहलाता है क्योंकि विद्युत क्षेत्र से ऊर्जा प्राप्त कर इलेक्ट्रॉन जब बैण्ड के इस भाग में पहुँचते हैं तब चालन की क्रिया में भाग लेते हैं।




(a)

## द्विसंयोजी धातु में चालन बैण्ड तथा संयोजी बैंण्ड

सोडियम की तरह अन्य एकल संयोजी तत्वों में भी इसी प्रकार के अर्ध पूरित बैण्ड होते हैं। मैग्नीशियम, जिंक व इनकी तरह के अन्य तत्व, जो आवर्त तालिका के द्वितीय समूह के सदस्य है तथा द्विसंयोजी तत्व कहलाते हैं, भी धातुओं की श्रेणी में आते हैं, इस प्रकार के तत्वों की ठोस अवस्था में बेण्डों का अतिव्यापन होता है। उदाहरण के लिये मैग्नीशियम (परमाणु संख्या12) का इलेक्ट्रॉनिक विन्यास $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$ है व परमाणु अवस्था में, पूर्णतः भरी 3s कक्षा एवं आंशिक पूरित 3p ऊर्जा स्तर में कुछ ऊर्जा अन्तराल होता है परन्तु क्रिस्टल निर्माण की प्रक्रिया में ऊर्जा स्तरों में विभाजन इस प्रकार होता है कि पूर्णतः भरा 3s बैण्ड पूर्णतः रिक्त 3p बैण्ड से अतिव्यापित हो जाता है। इस अतिव्यापित बैण्ड में अब इलेक्ट्रॉन को संक्रमण के लिये आवश्यक रिक्त स्तर उपलब्ध हो जाते हैं। इस स्थिति में 3s बैण्ड को यदि संयोजकता बैण्ड कहा जाये तो 3p बैण्ड चालन बैण्ड कहलाता है। संलग्न चित्र अतिव्यापित संयोजी बैंण्ड व चालन बैंड दर्शाये गये है—




(b)

**निष्कर्ष :** उपरोक्त दोनों प्रकार की धातुओं में संयोजकता बैण्ड की अधिकतम् ऊर्जा व चालन बैण्ड की न्यूनतम् ऊर्जा के मध्य कोई अन्तराल नहीं होता। **इस कारण धातुओं के लिये वर्जित ऊर्जा अन्तराल शून्य होता है।**

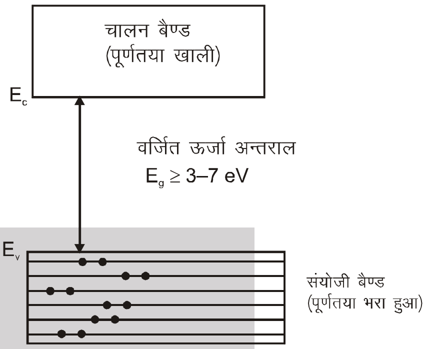
सामान्यतः प्रयुक्त विद्युत धारा स्त्रोतों से इलेक्ट्रॉन को प्राप्त होने वाली ऊर्जा $10^{-4}$ से $10^{-8}$ eV कोटि की होती है जो इस प्रकार के आंशिक भरे हुए बैण्ड के इलेक्ट्रॉन को इसी बैण्ड के रिक्त ऊर्जा स्तरों में पहुँचाने के लिये पर्याप्त है। जैसा पहले स्पष्ट किया जा चुका है कि किसी बैण्ड मे ऊर्जा स्तरों में अत्यल्प सूक्ष्म अन्तर होता है। इस कारण ऐसे बैण्ड के इलेक्ट्रॉन रिक्त ऊर्जा स्तर उपलब्ध होने के कारण अत्यल्प ऊर्जा प्राप्त करने में उसी प्रकार समर्थ होते हैं, जैसे कि मुक्त इलेक्ट्रॉन। इस कारण ये मुक्त इलेक्ट्रॉन भी कहलाते हैं। जब इलेक्ट्रॉन सूक्ष्म ऊर्जा ग्रहण कर रिक्त ऊर्जा स्तरों में पहुँचते हैं तब इनका अपवाह होता है जिसके कारण चालन संभव होता है। धातुओं में इस प्रकार के मुक्त इलेक्ट्रॉन व इनके संक्रमण के लिये आवश्यक ऊर्जा स्तर दोनों ही अधिक मात्रा में उपलब्ध होते हैं। इस कारण धातुओं की विद्युत व ऊष्मा चालकताऐं दोनों ही उच्च होती हैं। धातुओं के लिये सामान्य तापों पर विद्युत चालकताओं की कोटि $10^6$ से $10^8$ म्हो/मीटर का होना इसी तथ्य को प्रदर्शित करता है।

### (b) कुचालक (Insulator) :

यह ऐसा ठोस पदार्थ होता है जिसकी ऊर्जा बैण्ड संरचना में संयोजी बैण्ड पूरी तरह भरा होता है जबकि इससे उच्च ऊर्जा वाला चालन बैण्ड पूरी तरह से रिक्त होता है। इन दोनो बैंण्डो के संयोजन में ये दोनो बैंण्ड अधिक ऊर्जा अन्तराल से पृथक रहते है। जिसे वर्जित ऊर्जा अन्तराल कहते है। इसके अतिरिक्त संयोजकता बैण्ड की अधिकतम् ऊर्जा $E_v$ व चालन बैण्ड की न्यूनतम् ऊर्जा $E_c$ में ऊर्जा अन्तराल जिसे वर्जित ऊर्जा अन्तराल कहा जाता है, बहुत

अधिक होता है। बहुधा इस वर्जित ऊर्जा अन्तराल को $E_g = E_c - E_v$ द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। कुचालक पदार्थों के लिये इसका मान 3 – 7 eV कोटि का होता है। पूर्णतः रिक्त बैण्ड में कोई इलेक्ट्रॉन नहीं होने के कारण इस बैण्ड का विद्युत चालन में कोई योगदान नहीं होता है। इसी प्रकार पूर्णतया भरे बैण्ड में इलेक्ट्रॉन तो बहुत हैं पर इनको विद्युत क्षेत्र से ऊर्जा ग्रहण कर संक्रमण करके उत्तेजित होने के लिये आवश्यक रिक्त ऊर्जा स्तर उपलब्ध नहीं हैं, इस कारण इनका भी विद्युत चालन में योगदान नहीं होगा।

जैसा पहले स्पष्ट किया जा चुका है कि सामान्य प्रयुक्त विद्युत स्त्रोतों से प्राप्त ऊर्जा अत्यल्प होती है। अतः इलेक्ट्रॉन को संयोजकता बैण्ड से चालन बैण्ड में जाने के लिये आवश्यक ऊर्जा उपलब्ध नहीं होगी। इसी प्रकार सामान्य ताप व यहाँ तक कि उच्च तापक्रमों पर भी संयोजकता बैण्ड के इलेक्ट्रॉनों को वर्जित ऊर्जा अन्तराल की कोटि की ऊर्जा उपलब्ध नहीं होती है। इस कारण सामान्य प्रयुक्त विद्युत क्षेत्रों व ताप से ऊर्जा ग्रहण कर इलेक्ट्रॉन संयोजी बैण्ड से चालन बैण्ड में नहीं पहुँच सकते हैं। इस कारण ऐसे ठोस कुचालक होते हैं।




उदाहरण के लिये हीरा (वर्जित ऊर्जा अन्तराल ~ 6 eV ) इत्यादि कुचालकों की श्रेणी में आते हैं। प्रायः कुचालक पदार्थों की चालकता (Conductivity) $10^{-12}$ म्हो/मीटर से $10^{-18}$ म्हो/मीटर के मध्य (अर्थात् प्रतिरोधकता $10^{12}$ ओम-मीटर से $10^{18}$ ओम-मीटर) होती है।

## (c) अर्धचालक (Semiconductors) :

अर्धचालक ऐसे ठोस पदार्थ हैं जिनकी बैंड संरचना मूलतः कुचालकों की तरह ही होती है। केवल इनके लिये वर्जित ऊर्जा अन्तराल का मान कुचालकों की अपेक्षाकृत कम लगभग 1 eV कोटि का होता है। परम शून्य ताप पर इनमें संयोजकता बैण्ड पूरी तरह भरा हुआ एवं चालन बैंड पूर्णतया रिक्त होता है। इस कारण दोनों बैंण्डों का विद्युतधारा चालन में कोई योगदान नहीं होता । यह ठीक वही व्यवहार है जो कुचालक प्रदर्शित करते हैं अर्थात् परम शून्य ताप पर अर्धचालक भी कुचालक की तरह व्यवहार करता है। कक्ष ताप या उससे अधिक पर संयोजी बैंड के ऊपर भाग में स्थित ऊर्जा स्तरों के कुछ इलेक्ट्रॉन तापीय ऊर्जा ग्रहण कर चालन बैंड में चले जाते हैं । इस स्थिति में अब चालन बैंड में इलेक्ट्रॉन होते हैं जो यहाँ चालन की प्रक्रिया में योगदान देते हैं। इसी तरह अब संयोजकता बैंड में कुछ ऊर्जा स्तर रिक्त हो जाते हैं जिनमें उसी बैण्ड के इलेक्ट्रॉन संक्रमित हो कर धारा चालन की प्रक्रिया में योगदान करते हैं (संयोजकता बैंड में चालन की प्रक्रिया को धनात्मक मुक्त आवेश होल (hole) के द्वारा होना माना जाता है जिसे अगले अनुच्छेद में समझाया गया है)। इस कारण कमरे के ताप पर अर्धचालकों की चालकता कुचालकों से अधिक होती है। किन्तु तापीय ऊर्जा के कारण संयोजकता बैण्ड में उपस्थित इलेक्टॉनों को बहुत ही छोटा अंश चालन बैण्ड में पहुँच पाता हैं इस कारण इन पदार्थ के चालन बैण्ड द्वारा चालन की प्रक्रिया में इतना योगदान नहीं दिया जाता जितना कि चालकों के चालन बैण्ड में बहुत बड़ी संख्या में उपस्थित इलेक्ट्रॉनों द्वारा दिया जाता हैं। यही कारण है कि इनकी चालकता, चालक पदार्थों की तुलना में कम होती है। उपरोक्त विवेचन के आधार पर यह स्पष्ट है कि अर्धचालकों की चालकता कुचालक एवं चालकों की चालकता के मध्यवर्ती (intermediate) होती हैं, यही इन्हें अर्धचालक कहने का कारण है। **अर्द्धचालकों की चालकता ताप बढ़ने पर बढ़ती है।**

**Note : अर्द्धचालक में मुक्त इलेक्ट्रॉन तथा कोटर (Free electron and Hole in semiconductors.) :**

(1) परम ताप (O K) पर अर्द्धचालक का चालन बैण्ड पूर्णतः रिक्त होता है, एवं यह कुचालक की तरह व्यवहार करता है। जब ताप को बढ़ाया जाता है तो संयोजी इलेक्ट्रॉन (सह-संयोजी बैण्ड टूटनें के कारण) तापीय ऊर्जा ग्रहण करके चालन बैण्ड में पहुँच जाते हैं। फलस्वरूप संयोजी बैण्ड में रिक्त स्थान उत्पन्न हो जाते है। संयोजी बैण्ड में इस प्रकार उत्पन्न रिक्त स्थान (इलेक्ट्रॉन की कमी) को कोटर (Hole) कहते हैं। यह पदार्थ में गति कर सकता है एवं अतिरिक्त धारा वाहक की तरह कार्य करता है।

(2) एक होल धन-आवेश की तरह व्यवहार करता है। जिस पर आवेश इलेक्ट्रॉन आवेश के तुल्य है।

(3) होल आभासी आवेश की तरह व्यवहार करता है जबकि भौतिक रूप से इस पर कोई आवेश नही है।

(4) होल का प्रभावी द्रव्यमान इलेक्ट्रोन से अधिक है।

(5) होल की गतिशीलता इलेक्ट्रॉन से कम है।

(6) मुक्त इलेक्ट्रॉन चालन बैण्ड में गति करता है जबकि संयोजी बैण्ड में कोटर विपरीत दिशा में गति करता है

## 3. नैज अर्धचालक (Intrinsic Semiconductors)

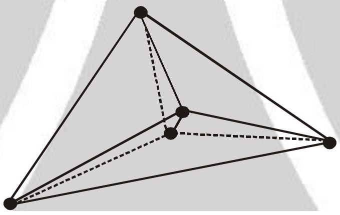
ऐसे अर्धचालक क्रिस्टल जिनमें कोई अपद्रव्य (impurity) अथवा संरचना संबंधी दोष (lattice defect) नहीं हो, नैज अर्धचालक कहलाते है। आदर्श अवस्था में इस प्रकार के किसी नैज अर्धचालक में केवल उसी अर्धचालक के परमाणु होने चाहिये। किन्तु व्यवहार में इस प्रकार के क्रिस्टल प्राप्त करना संभव नहीं होता। अतः यदि अर्धचालक पदार्थ में अशुद्धि परमाणुओं की संख्या एवं अर्धचालक परमाणुओं की संख्या का अनुपात $1 : 10^8$ से भी कम हो तो इसे नैज अर्धचालक माना जा सकता है। नैज अर्धचालकों के गुणधर्मो के अध्ययन के लिये हम यहाँ सिलिकॉन व जर्मेनियम को उदाहरण के रूप में ले रहे हैं।

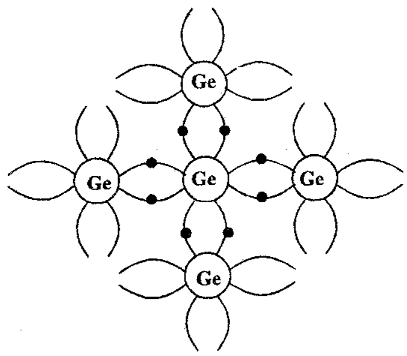
जर्मेनियम (Ge) एवं सिलिकॉन (Si) दोनों ही तत्व आवर्त सारिणी (periodic table) के चतुर्थ वर्ग के सदस्य है व इनकी संयोजकता चार होती है। इनके इलेक्ट्रॉनिक विन्यास निम्न हैः

$Ge(32) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^2$

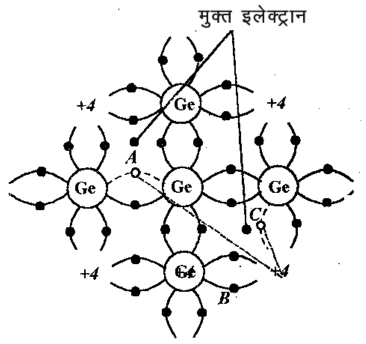
$Si(14) = 1s^2\ 2s^2\ 2p^2\ 3s^2\ 3p^2$

इन दोनों ही तत्वों की क्रिस्टल संरचना में परमाणु एक क्रमित व्यूह (ordered aray) में इस प्रकार व्यवस्थित होते हैं कि प्रत्येक परमाणु एक समचतुष्फलक (regular tetrahedron) के अन्दर होता है जिसके चार अन्य कोनो पर इसके निकटवर्ती परमाणु होते हैं। चित्र में एक ऐसी चतुष्फलकीय इकाई दर्शायी गयी है। एक परमाणु का प्रत्येक संयोजी इलेक्ट्रॉन, निकटर्ती परमाणु के संयोजी इलेक्ट्रॉन से मिलकर सहसंयोजी आबंध (convalent band) बनाने में भागीदारी करता है। इस प्रकार प्रत्येक परमाणु चार सहसंयोजी बंधों द्वारा अपने निकटवर्ती परमाणुओं से संबद्ध रहता है। प्रत्येक बंध में दो इलेक्ट्रॉन होते है। अध्ययन में सुविधा की दृष्टि से चित्र में जर्मेनियम की क्रिस्टलीय संरचना को द्विविमीय रूप से दर्शाया गया है जो सिलिकॉन के लिये भी काम ली जा सकती है।






OK ताप पर जर्मेनियम की क्रिस्टल संरचना



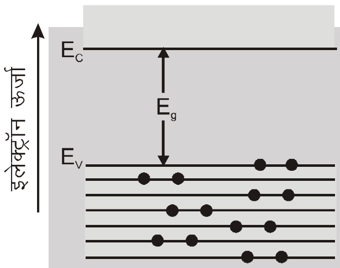

इलेक्ट्रॉन–होल युग्म

परमशून्य ताप(0 K) पर सभी संयोजी इलेक्ट्रॉन, सहसंयोजी आबन्धों में परिबद्ध रहते हैं। अतः विद्युत चालन के लिये एक भी मुक्त इलेक्ट्रॉन उपलब्ध नहीं होता। इस कारण परम शून्य ताप पर नैज अर्धचालक कुचालक जैसा व्यवहार प्रदर्शित करते है। क्रिस्टल के ताप में वृद्धि करने पर कुछ सहसंयोजक इलेक्ट्रॉन उष्मीय ऊर्जा (thermal energy) ग्रहण कर अपने सहसंयोजी आबन्ध तोड़ कर मुक्त हो जाते हैं। ऐसे मुक्त इलेक्ट्रॉन क्रिस्टल में यादृच्छिक रूप से विचरण करते हैं तथा ये इलेक्ट्रॉन अर्धचालक पर बाह्य विद्युत क्षेत्र आरोपित करने पर विद्युत चालन में योगदान करता हैं।

सहसंयोजी आबन्ध में से एक इलेक्ट्रॉन के बाहर निकल जाने पर रिक्तता (vacancy) उत्पन्न हो जाती है। इस रिक्तता को होल या कोटर कहते हैं। इलेक्ट्रॉन की अनुपस्थिति समान परिमाण के धनावेश के तुल्य है। अतः होल को आभासी रूप से इलेक्ट्रॉन के परिमाण के समान किन्तु धनात्मक आवेश माना जा सकता है। जैसा आगे समझाया गया है, होल भी अर्धचालकों में विद्युत चालन में योगदान करते हैं। किसी भी अर्धचालक में जब भी एक सहसंयोजी आबन्ध टूटता है तो एक इलेक्ट्रॉन–होल युग्म (electron hole pair) उत्पन्न होता है। कमरे के तापक्रम (300 K) या इसके निकटवर्ती तापक्रमों पर किसी अर्धचालक में ऐसे कई इलेक्ट्रॉन–होल उपस्थित होते हैं।

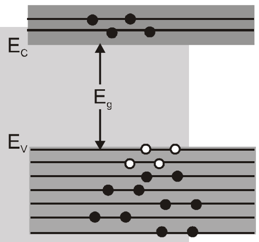
सामान्य ताप पर अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन व होल यादृच्छिक गति (random motion) करते हैं।

माना तापीय ऊर्जा के कारण किसी सहसंयोजी आबन्ध में स्थान A से एक इलेक्ट्रॉन मुक्त हो जाता है जिससे इस स्थान पर एक होल उत्पन्न हो जाता है। निकटवर्ती परमाणु से संयोजी इलेक्ट्रॉन सहसंयोजी आबन्ध (स्थान B) तोड़कर स्थान A पर स्थित होल पर संक्रमण करे तो A पर सहसंयोजी आबन्ध पूर्ण हो जाता है पर अब स्थान B पर होल उत्पन्न हो जाता है। ऐसी प्रक्रिया में अत्यल्प ऊर्जा की ही आवश्यकता होती है जो इलेक्ट्रॉन–होल उत्पादन के लिये आवश्यक ऊर्जा से बहुत कम होती है। इसका कारण यह है कि यहाँ इलेक्ट्रॉन केवल एक आबन्ध से दूसरे आबन्ध में ही संक्रमण कर रहा है एवं आबन्ध में उपस्थित सभी इलेक्ट्रॉन औसतन समान ऊर्जा के होते हैं। चित्र में दर्शाये अनुसार अब C से B पर इलेक्ट्रॉन का संक्रमण होने पर होल B से C पर संक्रमण करेगा, इत्यादि। इस प्रकार किसी अर्धचालक पदार्थ में इलेक्ट्रॉन व होल दोनों यादृच्छिक गति करते है। क्योंकि होल को +e आवेश का मुक्त कण माना जा सकता है। अतः अर्धचालकों में होल एवं इलेक्ट्रॉन दोनों ही आवेश वाहकों का कार्य करते हुए विद्युत चालन में योगदान करते हैं।



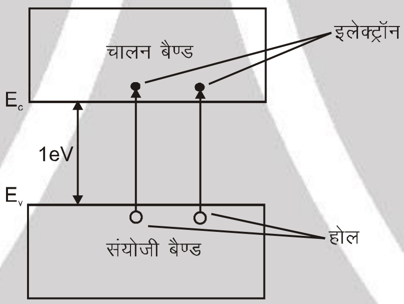

T = 0 K पर नैज अर्धचालक कुचालक की भांति व्यवहार करते है

(a)




T > 0 K पर चार तापीय इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म उत्पन्न होते है।
भरा हुआ वृत (.) इलेक्ट्रॉन को तथा खाली क्षेत्र (O) कोटर को प्रदर्शित करता है।

(b)




ताप वृद्धि द्वारा उत्पन्न इलेक्ट्रॉन तथा कोटर की संख्या नैज अर्द्वचालक के लिए समान होती है यदि $n_e$ तथा $n_h$ इलेक्ट्रॉन तथा कोटर सान्द्रता को प्रदर्शित करते है तो

$n_i = n_e = n_h$

$n_e n_h = n_i^2$ [$n_i$ = नैज आवेश वाहक सान्द्रता ]

**Note :**

(1) यह शुद्ध अर्द्धचालक है। इसमें केवल एक ही तत्व के परमाणु होते हैं। इसमें ऊष्मीय विक्षोभ के परिणामस्वरूप आवेशवाहक उत्पन्न होतें हैं।

(2) इनके परमाणु के बाहरी कक्षा में चार इलेक्ट्रॉन होते हैं तथा परमाणुओं में सह-संयोजी बन्धन होता है।

(3) चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉनों की संख्या $n_e$ = संयोजी बैण्ड में होलों की संख्या $n_h$

(4) इलेक्ट्रॉनों का अपवहन वेग ($v_e$) होलों के अपवहन वेग ($v_0$) से अधिक होता है।

(5) इनमें फर्मी ऊर्जा स्तर संयोजी बैण्ड तथा चालन बैण्ड के मध्य स्थित होता है।

(6) शुद्ध अर्द्धचालक में, अशुद्धि $10^8$ में 1 भाग से कम होनी चाहिए।

(7) शुद्ध अर्द्धचालक में : $n_e^{(0)} = n_h^{(0)} = n_i$ ; यहाँ $n_e^{(0)}$ = चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन घनत्व, $n_h^{(0)}$ = संयोजी बैण्ड में होल घनत्व, $n_i$ = शुद्ध अर्द्धचालक में आवेश वाहकों का घनत्व।

(8) संयोजी बैण्ड के इलेक्ट्रॉनों का वह अंश जो चालन बैण्ड में उपस्थित रहता है, सम्बन्ध $f \propto e^{-E_g/kT}$ ;द्वारा दिया जाता है ;यहाँ $E_g$ = फर्मी ऊर्जा ;k = बोल्ट्ज़मैन नियतांक एवं T = परमताप।

(9) शुद्ध अर्द्ध-चालक में कमरे के ताप पर इलेक्ट्रॉनों की संख्या कम होती है, अर्थात् इनकी चालकता अल्प होती है। इसलिए व्यवहारिक रूप से इनका उपयोग नही करतें।

(10) संयोजी बैण्ड से चालन बैण्ड में पहुँचने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या $n = AT^{3/2}e^{-E_g/2kT}$

(11) नैज अर्धचालक उदासीन होते है (कुल आवेश = 0)

**(a) नैज अर्द्धचालक की चालकता (Electric Conductivity of intrinsic semiconductor):**

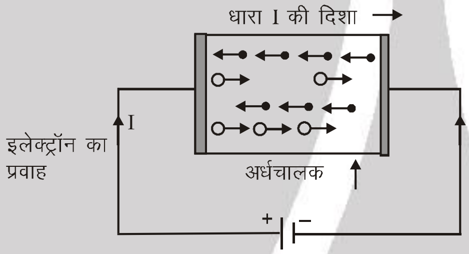
कमरे के ताप पर एक अर्द्धचालक के चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन व संयोजी बैण्ड में होल होते है। जब एक बाह्य विद्युत क्षेत्र लगाया जाता है तो इलेक्ट्रॉन विद्युत क्षेत्र के विपरीत दिशा में एवं होल विद्युत क्षेत्र की दिशा में गति करते है, इस प्रकार धारा एक ही दिशा में होती है। कुल धारा का मान इलेक्ट्रॉन धारा एवं होल धारा के योग के बराबर होता है।

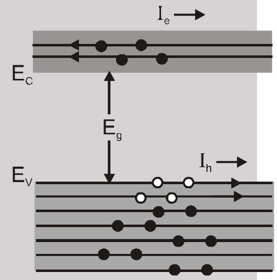
$i = i_e + i_h$

**कोटर धारा ($i_h$) :** सहसयोजी बैण्ड का इलैक्ट्रॉन, एक सहसंयोजी बैण्ड की स्थिति से दूसरे सहसयोजी बैण्ड में कूदता है। अर्थात् कोटर सहसयोजी बैण्ड के इस इलैक्ट्रॉन के विपरीत दिशा में संयोजी बैंड में गति करते है। मूलतः मुक्त इलेक्ट्रॉनो का कोटर की गति के प्रक्रम में कोई योगदान नही होता है। कोटर की गति, संयोजी बैण्ड के बद्व इलेक्ट्रॉनो की वास्तविक गति का वर्णन करने का सुविधाजनक तरीका है।

**इलेक्ट्रॉन धारा ($i_e$) :** चालन इलेक्ट्रॉनो की तरह मुक्त इलेक्ट्रॉन पूरी तरह विधुत क्षेत्र के प्रभाव में स्वतंत्र रूप से चालन बैण्ड में गति करता है। और इलेक्ट्रॉन धारा उत्पन्न करता है।

चालन इलेक्ट्रॉन तथा कोटर के उत्पन्न होने की प्रक्रिया के साथ साथ उनके पुनः सयोजन की प्रक्रिया भी होती है। साम्य अवस्था पर इनके उत्पन्न होने की दर इनके संयोजन की दर के बराबर होती है। पुनः संयोजन इलेक्ट्रॉन की होल से टक्कर के कारण होता है।




$\ell$ लम्बाई एवं A अनुप्रस्थ काट क्षेत्र के एक अर्द्धचालक की कल्पना करते है जिसमें इलेक्ट्रॉन आवेश घनत्व $n_e$ तथा होल आवेश घनत्व $n_h$ है। अतः अर्द्धचालक के सिरों पर उत्पन्न विद्युत क्षेत्र –

$E = v/\ell$. .........(i)

विद्युत क्षेत्र E के प्रभाव में इलेक्ट्रॉन व होल परस्पर विपरीत दिशा में अपवहन गति करते है तथा क्रमशः $i_e$ व $i_h$ धारा क्षेत्र की दिशा में उत्पन्न करते हैं। अर्द्धचालक से प्रवाहित कुल धारा–

$i = i_e + i_h$

यदि चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन का अपवहन वेग $v_e$ तथा संयोजी बैण्ड में होल का अपवहन वेग $v_h$ है तो

$i_e = n_e e A v_e$ तथा $i_h = n_h e A v_h$

यहाँ e इलेक्ट्रॉन आवेश का परिमाण है

$\therefore$ $i = i_e + i_h = eA (n_e v_e + n_h v_h)$

या $i/A = e (n_e v_e + n_h v_h)$ .......(ii)

माना अर्द्धचालक टुकड़े का प्रतिरोध R तथा प्रतिरोधकता $\rho$ है तो

$\rho = RA/\ell$ .......(iii)

समी. (i) में समी. (iii) का भाग देने पर,

$$\frac{E}{\rho} = \frac{V}{RA} = \frac{i}{A},$$

$\because$ V = iR (ओम के नियम से) इसमें समी. (ii) से i/A का मान रखने पर,

$$\frac{E}{\rho} = e(n_e v_e + n_h v_h) \quad \text{या} \quad \frac{1}{\rho} = e\left(n_e \frac{v_e}{E} + n_h \frac{v_h}{E}\right) \quad .......(iv)$$

एकांक विद्युत क्षेत्र के कारण अपवहन वेग गतिशीलता कहलाती है, इसका मात्रक मीटर$^2$/वोल्ट × सेकण्ड है। अतः इलेक्ट्रॉन व होल गतिशीलता निम्न प्रकार दी जाती है–

$$\mu_e = \frac{v_e}{E} \quad \text{या} \quad \mu_h = \frac{v_h}{E}$$

$\mu_e$ व $\mu_h$ के मान समी.(iv) में रखने पर,

$1/\rho = e (n_e \mu_e + n_h \mu_h)$

विद्युत चालकता $\sigma$ का मान प्रतिरोधकता $\rho$ के व्युत्क्रम के बराबर होता है। अतः अर्द्धचालक की चालकता निम्न प्रकार दी जाती है–

$\sigma = e\,(n_e\,\mu_e + n_h\,\mu_h)$.   $\because n_e = n_h = n_i$   अतः   $\sigma = en_i\,(\mu_e + \mu_h)$

उपरोक्त समीकरण प्रदर्शित करता है कि अर्द्धचालक की चालकता इलेक्ट्रॉन व होल के आवेश घनत्व एवं गतिशीलता पर निर्भर करती है। इलेक्ट्रॉन की गतिशीलता होल की गतिशीलता से अधिक होती है।

ताप बढ़ाने पर सहसंयोजी बन्ध टूटने के कारण $n_e$ व $n_h$ के मान बढ़ते है परन्तु गतिशीलता $\mu_e$ व $\mu_h$ के मान ताप बढ़ने पर कुछ घटते है परन्तु $\mu_e$ व $\mu_h$ के मान में कमी बहुत कम होने के कारण ताप बढ़ने पर अर्द्धचालकों की चालकता बढ़ती है।

| गुण | चालक | कुचालक | अर्द्धचालक |
|---|---|---|---|
| विद्युत चालकता | $10^2$ to $10^8$ ℧/m | $10^{-8}$ ℧/m | $10^{-5}$ to $10^0$ ℧/m |
| प्रतिरोधकता | $10^{-2}$ to $10^{-8}$ $\Omega$-m (नगण्य) | $10^8$ $\Omega$-m | $10^5$ to $10^0$ $\Omega$-m |
| बैण्ड संरचना | C.B. V.B. | C.B. $\Delta$Eg (अधिक) V.B. | C.B. $\Delta$Eg (अल्प) V.B. |
| ऊर्जा अन्तराल ($E_g$) | शून्य या अत्यल्प | अत्यधिक हीरे : के लिए 6 eV | Ge $\rightarrow$ 0.7 eV<br>Si $\rightarrow$ 1.1 eV<br>GaAs $\rightarrow$ 1.3 eV<br>$GaF_2$ $\rightarrow$ 2.8 eV |
| धारा वाहक | स्वतंत्र इलेक्ट्रॉन | — | मुक्त इलेक्ट्रॉन एवं होल |
| सामान्य ताप पर संयोजी बैण्ड व चालन बैण्ड की स्थिति | संयोजी बैण्ड तथा चालन बैण्ड पूर्णतः भरे होते है या चालन बैण्ड थोड़ा खाली होता है | संयोजी बैण्ड पूर्णतः भरा हुआ तथा चालन बैण्ड पूर्णतः खाली होता है। | संयोजी बैण्ड थोड़ा खाली तथा चालन बैण्ड थोड़ा भरा होता है। |
| प्रतिरोध ताप गुणांक | धनात्मक | शून्य | ऋणात्मक |
| चालकता पर ताप का प्रभाव | घटता है | — | बढ़ता है |
| प्रतिरोध पर ताप का प्रभाव | बढ़ती है | — | घटती है |
| उदाहरण | Cu, Ag, Au, Na, Pt, Hg etc. | लकड़ी, प्लास्टिक, अभ्रक हीरा ग्लास आदि। | Ge, Si Ga, As etc, |
| इलेक्ट्रॉन घनत्व | $10^{29}/m^3$ | — | Ge ~ $10^{19}/m^3$<br>Si ~ $10^{16}$ / $m^3$ |

## 4. बाह्य या अपद्रव्यी अर्धचालक (EXTRINSIC SEMICONDUCTORS) :

शुद्व अर्धचालक की चालकता ताप पर निर्भर करती है परन्तु कमरे के ताप पर इसकी चालकता बहुत कम होती है। इसलिए नैज अर्द्धचालको से कोई अर्द्वचालक युक्ति का निर्माण नही किया जा सकता इसलिए उनकी चालकता बढाना आवश्यक है। उनकी चालकता बढाने के लिए अर्द्वचालको में उपयुक्त अशुद्वि मिलाई जाती है। जब शुद्व अर्द्वचालको में बहुत ही अल्प मात्रा में (parts per million) (ppm) में उपयुक्त अशुद्वि मिलाई जाती है तो उनकी चालकता पर्याप्त मात्रा में बढ जाती है इस प्रकार के अर्द्वचालको को अपद्रव्यी अर्द्वचालक कहते है। वांछनीय अशुद्वि को मिलाना मादन कहलाता है तथा अशुद्वि परमाणु मादक कहलाते है ऐसे पदार्थ अपद्रव्यी अर्धचालक कहलाते है। मादंक इस प्रकार के होते है कि वास्तविक शुद्व अर्धचालक जालक को नुकसान नही पहुचाते है। यह क्रिस्टल में कुछ वास्तविक अर्धचालक परमाणुओ की

जगह आते हैं। ऐसा होने के लिए आवश्यक शर्त यह है कि मादक तथा अर्धचालक परमाणुओ का आकार लगभग समान होना चाहिए। चर्तुसंयोजी सिलिकॉन या जर्मेनियम मादन में दो प्रकार के मादक प्रयुक्त होते है

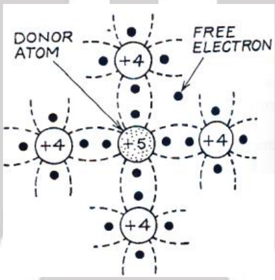
(i) पंचसंयोजी (संयोजकता 5); जैसे आर्सेनिक (As), ऐन्टीमनी (Sb), फास्फोरस (P), इत्यादि

(ii) त्रिसंयोजी (संयोजकता 3); जैसे इन्डियम (In), बोरोन (B), ऐलूमिनियम (Al), इत्यादि

अब हम यह विचार विमर्श करेगें कि मादन किस प्रकार अर्द्वचालक के आवेश वाहको (अतः चालकता ) को परिवतर्तित करते है। सिलिकॉन या जर्मेनियम आवर्त सारणी में चतुर्थ वर्ग में स्थित होते है अतः समीप के तीसरे अथवा पंचम वर्ग से मादक अवयव का चयन करते है तथा यह ध्यान रखते है कि मादक परमाणु का आकार सिलिकॉन या जर्मेनियम परमाणु के आकार के लगभग समान हो। सिलिकॉन तथा जर्मेनियम में पंचसयोजी तथा त्रिसंयोजी मादक दो भिन्न भिन्न प्रकार के अर्धचालक देते है जिनका वर्णन नीचे दिया गया है।

## बाहय अर्धचालक दो प्रकार के होते है। : n–प्रकार तथा p–प्रकार

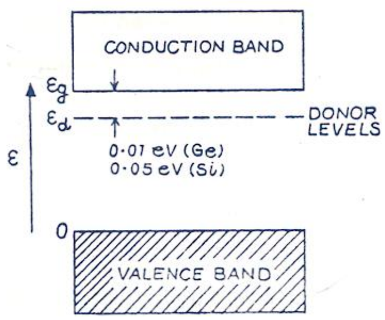
**(a) n–प्रकार अर्धचालक :** जब एक पंचसंयोजी अशुद्धि परमाणु (एण्टीमनी, फॉस्फोरस या आर्सेनिक) Ge (या Si) क्रिस्टल में मिलाया जाता है। यह क्रिस्टल जालक में Ge (या Si) परमाणु को प्रतिस्थापित कर देता है। अशुद्धि परमाणु के पाँच संयोजी इलेक्ट्रॉन में से चार इसके आस–पास के Ge (या Si) परमाणुओं के संयोजी इलेक्ट्रॉन में से प्रत्येक के साथ सह–संयोजी बन्ध बना लेते है।

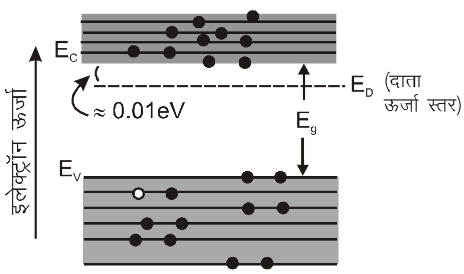



इस प्रकार शुद्ध Ge(या Si) के साथ पंचसंयोजी अशुद्धि मिलाने पर मुक्त इलेक्ट्रॉन की संख्या बढ़ती है। इस प्रकार क्रिस्टल की चालकता बढ़ती है। अशुद्ध Ge (या Si) क्रिस्टल 'n–प्रकार' का अर्धचालक कहलाता है क्योंकि यह ऋणात्मक आवेश (इलेक्ट्रॉन) बाहुल्य में रखता है। अशुद्धि परमाणु दाता (donor atom) कहलाते है क्योंकि वे क्रिस्टल को चालन इलेक्ट्रॉन प्रदान करते है।

अशुद्धि परमाणुओं के पांचवे संयोजी इलेक्ट्रॉन चालन बैण्ड (conduction band) (चित्र) के नीचे कुछ विविक्त ऊर्जा स्तर प्राप्त कर लेते है। ये दाता स्तर कहलाते है तथा Ge में चालक बैण्ड के 0.01 eV नीचे व Si में चालन बैण्ड के 0.05 eV नीचे होते है। इसलिए कमरे के ताप पर प्रायः सभी दाता परमाणु के पाँचवे इलेक्ट्रॉन ऊष्मीय उत्तेजित होकर चालन बैण्ड में चले जाते है। जहाँ वे आवेश वाहक की तरह गति करते है जब बाह्य विद्युत क्षेत्र आरोपित किया जाता है।

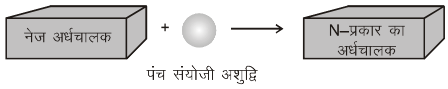
सामान्य ताप पर चालन बैण्ड में लगभग सभी इलेक्ट्रॉन दाता स्तर से आते है। केवल कुछ संयोजी बैण्ड (Valence band) से आते है। केवल कुछ संयोजी बैण्ड से आते है। इसलिए चालन के लिए उत्तरदायी सभी मुख्य आवेश वाहक दाता द्वारा दिये गये इलेक्ट्रॉन होते है। चूंकि संयोजी बैण्ड से उत्तेजन बहुत कम होता है। इसलिए इस बैण्ड में बहुत कम कोटर (hole) होते है। इसलिए एक n–प्रकार के अर्ध–चालक में इलेक्ट्रॉन बहुसंख्यक आवेश वाहक होते है तथा होल अल्पसंख्यक आवेश वाहक होते है।



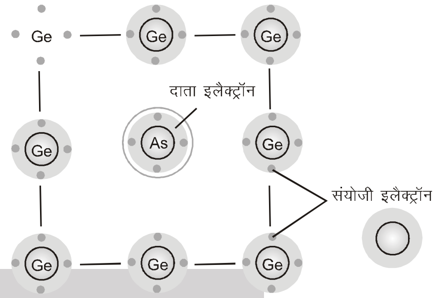




उपरोक्त चित्र में T > 0 K पर n-प्रकार के अर्धचालक में एक तापीय इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म तथा दाता परमाणुओ से उत्पन्न 9 इलेक्ट्रॉनों को प्रदर्शित किया गया है।

## Note : N-प्रकार के अर्द्धचालक N-Type Semiconductor




नैज अर्द्धचालक में पंचसंयोजी अशुद्धि की अल्प मात्रा मिलाकर n प्रकार के अर्द्धचालक प्राप्त किये जाते है। (Ge).




(1) बहुसंख्यक आवेश वाहक -इलेक्ट्रॉन
अल्पसंख्यक आवेश वाहक–होल

(2) $n_e >> n_h$ ; $i_e >> i_h$

(3) चालकता $\sigma = n_e\mu_e e$

(4) दाता अशुद्धि स्तर चालन बैण्ड के ठीक नीचे स्थित होता है

(5) **इलेक्ट्रॉन तथा होल की सान्द्रता :** एक मादित अर्ध–चालक में इलेक्ट्रॉन की सान्द्रता $n_e$ व होल की सान्द्रता $n_h$ समान नहीं है (जो नैज अर्ध–चालक में समान होती है) यह प्रदर्शित किया जा सकता है कि

$$n_e n_h = n_i^2$$

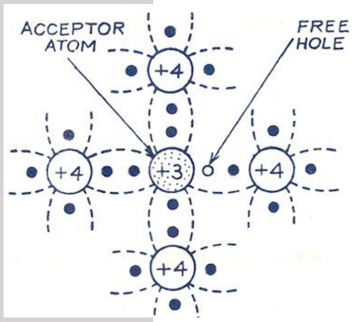
जहाँ $n_i$ नैज अर्ध–चालक में सान्द्रता है। n–प्रकार के अर्ध–चालक में चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन की सान्द्रता दाता परमाणुओं की सान्द्रता ($N_d$) के लगभग बराबर है एवं संयोजी बैण्ड में होल की सान्द्रता की तुलना में बहुत अधिक है। अर्थात् $n_e$ $N_d >> n_h$

(6) अशुद्ध परमाणु दाता परमाणु कहलाते हैं जोकि आवर्त सारणी के पंचम वर्ग के सदस्य होते हैं।

(7) N प्रकार के क्रिस्टल पर कुल आवेश शून्य होता है।

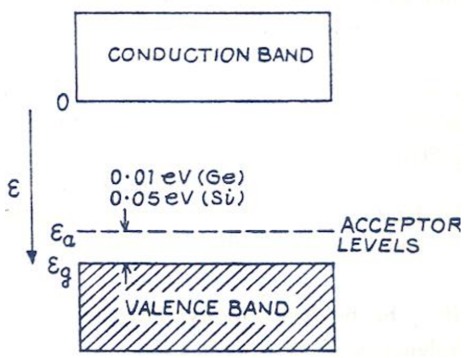
(8) स्थिर आयन धनात्मक होते है।

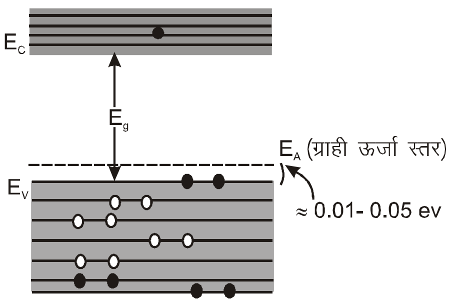
**(b) p–प्रकार के अर्ध–चालक :** जब एक त्रिसंयोजी अशुद्धि परमाणु (बोरॉन, एल्यूमिनियम, गैलियम या इन्डियम)। Ge (या Si) क्रिस्टल के साथ मिलाया जाता है, यह क्रिस्टल जालक में एक Ge (या Si) परमाणु को प्रतिस्थापित करता है। इस अशुद्धि के तीन संयोजी इलेक्ट्रॉन में से प्रत्येक इसके चारों ओर उपस्थित, Ge या Si परमाणुओं के एक संयोजी इलेक्ट्रॉन के साथ सह–संयोजक बन्ध बना लेते है। इस प्रकार वहाँ एक खाली स्थान बन जाता है इसे 'p–प्रकार' का अर्ध–चालक कहते है। क्योंकि इसमें धनात्मक ग्राही परमाणु होल बनाते है जो इलेक्ट्रॉन को ग्रहण कर सकते है।




अशुद्धि परमाणु संयोजी बैण्ड से ठीक ऊपर के विविक्त ऊर्जा स्तर प्राप्त कर लेते है। ये ग्राही स्तर कहलाते है। कमरे के ताप पर इलेक्ट्रॉन आसानी से उत्तेजित होकर संयोजी बैण्ड से ग्राही स्तर में चले जाते है। विद्युत क्षेत्र आरोपित करने पर संयोजी बैण्ड में उत्पन्न होल, क्रिस्टल में मुख्य आवेश वाहक होते है।

**p–प्रकार के अर्द्धचालक में कोटर बहुसंख्यक आवेश वाहक होते है जबकि उष्मीय ऊर्जा के कारण कुछ संयोजी बंध टूटने से अल्प संख्यक इलेक्ट्रॉन चालन बैण्ड में उत्पन्न होते है।**

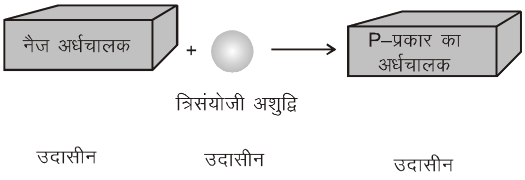



T > 0 K पर p-प्रकार के अर्धचालक में एक तापीय इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म तथा 7 होल (कोटर), ग्राही परमाणुओ से उत्पन्न होते है।

## Note: P-प्रकार के अर्द्धचालक (P-Type Semiconductor)

नैज अर्द्धचालक में त्रि-संयोजी अशुद्धि की अल्प मात्रा मिलाकर ये प्राप्त किये जाते हैं।




(1) बहुसंख्यक आवेश वाहक – होल
अल्पसंख्यक आवेश वाहक – इलेक्ट्रॉन

(2) $n_h >> n_e$; $i_h >> i_e$

(3) चालकता $\sigma \approx n_h \mu_h e$

(4) P-प्रकार का अर्द्धचालक विद्युत उदासीन होता है। (धन आवेशित नही)

(5) अशुद्धि को ग्राही अशुद्धि कहते हैं। जो कि आवर्त सारणी के तृतीय वर्ग का अवयव है।

(6) इनमें ग्राही ऊर्जा स्तर संयोजी बैण्ड के ठीक ऊपर स्थित होता है।

(7) **p–प्रकार के अर्ध–चालक में संयोजी बैण्ड मे कोटर की सांन्द्रता ग्राही परमाणु की सांन्द्रता** ($N_a$) **के बराबर होती है तथा चालन बेण्ड में इलेक्ट्रॉन की सान्द्रता की तुलना में बहुत अधिक होती है अर्थात्**
$n_h = N_a >> n_e$

(8) p-प्रकार के क्रिस्टल पर कुल आवेश शून्य होगा।

(9) स्थिर आवेश ऋण आवेशित होते हैं।

**नैज व बाह्य अर्ध–चालक में अन्तर :**

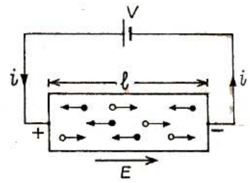
| | नैज अर्धचालक | | बाह्य अर्ध-चालक |
|---|---|---|---|
| 1 | यह एक शुद्ध प्राकृतिक अर्ध–चालक है जैसे शुद्ध Ge या शुद्ध Si | 1 | यह शुद्ध अर्ध–चालक में अल्प–मात्रा में अशुद्धि मिलाकर बनाया जाता है। जैसे कि n-व p-प्रकार के अर्ध–चालक। |
| 2 | इसमें इलेक्ट्रॉन व होल की सान्द्रता समान होती है। | 2 | इसमें कोटर व इलेक्ट्रॉन दोनों की सान्द्रता असमान होती है। n-प्रकार के अर्ध–चालक में इलेक्ट्रॉन अधिक होते है एवं p-प्रकार के अर्ध–चालक में होल अधिक होते है। |
| 3 | इसकी विद्युत चालकता बहुत कम होती है। | 3 | इसकी विद्युत चालकता काफी अधिक होती है। |
| 4 | इसकी चालकता को नियन्त्रित नहीं किया जा सकता। | 4 | इसकी चालकता मिलाई गई अशुद्धि की मात्रा को बदलकर नियन्त्रित की जा सकती है। |
| 5 | इसकी चालकता तापमान के साथ चरघातांकी रूप से बढ़ती है। | 5 | इसकी चालकता भी ताप में वृद्धि के साथ बढ़ती है परन्तु चरघातांकी रूप से नहीं। |

**n–प्रकार व p–प्रकार के अर्ध–चालक में अन्तर :**

| | n-प्रकार अर्ध-चालक | | p-प्रकार अर्ध-चालक |
|---|---|---|---|
| 1 | यह एक बाह्य अर्ध–चालक है जो एक शुद्ध नैज अर्ध–चालक में पंच संयोजी अशुद्धि मिलाकर प्राप्त किया जाता है। | 1 | यह भी एक बाह्य अर्ध–चालक है जो एक शुद्ध नैज अर्ध–चालक में त्रि–संयोजी अशुद्धि मिलाकर प्राप्त किया जाता है। |
| 2 | मिलाये गये अशुद्धि परमाणु क्रिस्टल जालक को अतिरिक्त मुक्त इलेक्ट्रॉन प्रदान करते है एवं दाता परमाणु कहलाते है। | 2 | मिलाये गये अशुद्धि परमाणु क्रिस्टल जालक में होल उत्पन्न करते है एवं ग्राही परमाणु कहलाते है क्योंकि उत्पन्न होल इलेक्ट्रॉन ग्रहण करते है। |
| 3 | इलेक्ट्रॉन बहुसंख्यक वाहक होते है तथा होल अल्पसंख्यक वाहक होते है। | 3 | होल बहुसंख्यक वाहक होते है एवं इलेक्ट्रॉन अल्पसंख्यक वाहक होते है। |
| 4 | इलेक्ट्रॉन की सान्द्रता होल की सान्द्रता से बहुत अधिक होती है। ($n_e >> n_h$). | 4 | होल सान्द्रता इलेक्ट्रॉन सान्द्रता से बहुत अधिक होती है ($n_h >> n_e$). |

## (c) बाह्य अर्ध–चालक की विद्युत चालकता :

कमरे के ताप पर एक अर्धचालक में चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन होते है एवं संयोजी बैण्ड में होल होते है। जब एक बाह्य विद्युत क्षेत्र आरोपित किया जाता है, इलेक्ट्रॉन क्षेत्र के विपरीत चलते है एवं होल क्षेत्र की दिशा में चलते है इस प्रकार होल धारा व इलेक्ट्रॉन धारा समान दिशा में होती है। कुल धारा इलेक्ट्रॉन व होल धाराओं के योग के कारण होती है।




अब हम एक अर्धचालक ब्लॉक पर विचार करते है जिसकी लम्बाई $\ell$, अनुप्रस्थ काट क्षेत्र फल A व इलेक्ट्रॉन सान्द्रता $n_e$ व होल सान्द्रता $n_h$ है। अर्धचालक के सिरो पर एक विभवान्तर V आरोपित किया जाता है जो विद्युत क्षेत्र E उत्पन्न करता है जो निम्न प्रकार दिया जाता है।

$E = V/\ell$ ............(i)

क्षेत्र E के प्रभाव में इलेक्ट्रॉन व होल दोनो विपरीत दिशा में गति करते हैं एवं क्षेत्र की दिशा में क्रमशः $i_e$ व $i_h$ धारा का योग दान करते है। अर्धचालक से प्रवाहित कुल धारा $i = i_e + i_h$ है।

यदि $v_e$ चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन का अपवहन वेग एवं $v_h$ संयोजी बैण्ड में होल का अपवहन वेग है।

तो $i_e = n_e e A v_e$ व $i_h = n_h e A v_h$ जहां e इलेक्ट्रॉन के आवेश का परिमाण है।

$\therefore \quad i = i_e + i_h = eA(n_e v_e + n_h v_h)$

या $\frac{i}{A} = e(n_e v_e + n_h v_h)$ ............(ii)

माना R अर्धचालक ब्लॉक का प्रतिरोध है व ρ गुटके के पदार्थ की प्रतिरोधकता है। तो

$\rho = RA/\ell$ ............(iii)

समीकरण (i) को समीकरण (ii) से भाग देने पर

$$\frac{E}{\rho} = \frac{V}{RA} = \frac{i}{A}$$

क्योंकि V = iR (ओम का नियम) इसमें समीकरण (ii) से i/A का मान रखने पर हम पाते है।

$\frac{E}{\rho} = e(n_e v_e + n_h v_h)$ या $\frac{1}{\rho} = e\left(n_e \frac{v_e}{E} + n_h \frac{v_h}{E}\right)$ ............(iv)

$\mu_e = \frac{v_e}{E}$ तथा $\mu_h = \frac{v_h}{E}$ ($\mu_e = e^-$ की गतिशीलता, $\mu_H$ = होल की गतिशीलता)

समीकरण (iv) में $\mu_e$ व $\mu_h$ में रखने पर हम पाते है।

$$\frac{1}{\rho} = e(n_e \mu_e + n_h \mu_h)$$

विद्युत चालकता $\sigma = 1/\rho$ प्रतिरोधकता ρ का व्युत्क्रम है इस प्रकार अर्धचालक की विद्युत चालकता निम्न प्रकार दी जाती है।

$$\sigma = e(n_e \mu_e + n_h \mu_h)$$

यह प्रदर्शित करता है कि एक अर्धचालक की विद्युत चालकता इलेक्ट्रॉन व होल सान्द्रताओं (संख्यात्मक घनत्व) व उनकी गतिशीलताओं पर निर्भर करती है। इलेक्ट्रॉन की गतिशीलता होल की गतिशीलता से अधिक होती है।

जैसे–जैसे तापमान बढता है $n_e$ व $n_h$ दोनो सान्द्रताएँ अधिकतम सहसंयोजक बन्ध टूटने से बढती है। गतिशीलताएँ $\mu_e$ व $\mu_h$ तापमान में वृद्धि के साथ थोड़ी घटती है परन्तु यह कमी $n_e$ व $n_h$ में अधिक वृद्धि के साथ अर्धचालक की चालकता बढ़ती है (या प्रतिरोधकता घटती है).

## Solved Examples

**Example 1.** एक सिलिकॉन प्रतिदर्श से p-प्रकार के अर्द्धचालक बनाये गये है। इसके लिए प्रति $5 \times 10^7$ सिलिकॉन परमाणु में एक इण्डियम परमाणु की अशुद्धि मिलाई गई है। यदि सिलिकॉन प्रतिदर्श में परमाणु घनत्व $5 \times 10^{28}$ परमाणु/m³ है तो प्रतिघन सेमी० में ग्राही परमाणुओं की संख्या ज्ञात कीजिए।

**Solution :** एक इण्डियम परमाणु की अशुद्धि मिलाने से p-प्रकार के अर्द्धचालक में एक ग्राह्यी परमाणु उत्पन्न होता है। चूंकि एक इण्डियम परमाणु प्रति $5 \times 10^7$ सिलिकॉन परमाणु पर मिलाने से ग्राही परमाणु घनत्व होगा

$$= \frac{5 \times 10^{28}}{5 \times 10^{7}} = 10^{21} \text{ परमाणु/m}^3 = 10^{15} \text{ परमाणु/cm}^3$$

**Example 2.** शुद्ध सिलिकॉन में 300K ताप पर इलेक्ट्रॉन ($n_e$) व कोटर($n_h$) की सान्द्रता समान है ($1.5 \times 10^{16}$ $m^{-3}$)। इण्डियम से अशुद्धिकरण द्वारा $n_h$ बढ़कर $3 \times 10^{22}$ $m^{-3}$ हो जाता है। अशुद्धिकृत सिलिकॉन (Si) में $n_e$ का मान ज्ञात करें।

**Solution :** अपद्रव्यी अर्द्धचालक में तापीय साम्यावस्था पर $n_e n_h = n_i^2$

$$n_e = \frac{n_i^2}{h_h} = \frac{(1.5\times10^{16})^2}{3\times10^{22}} = 7.5 \times 10^9\ m^{-3}$$

**Example 3.** शुद्ध Si, की 300 K पर ($n_e$) तथा ($n_h$) इलेक्ट्रॉन तथा होल की सान्द्रता समान है। जिसका मान $1.5 \times 10^{16}$ $m^{-3}$ है। इंडीयम की अशुद्वि मिलाने पर $n_h$ बढ़कर $4.5 \times 10^{22}$ $m^{-3}$ हो जाता है, तो $n_e$ की सान्द्रता अशुद्ध Si में क्या होगी।

**Solution :** $n_e n_h = n_i^2$

$n_h = 4.5 \times 10^{22}$ $m^{-3}$

so, $n_e = 5.0 \times 10^9$ $m^{-3}$

**Example 4.** P-प्रकार के अर्द्धचालक में बहुसंख्यक आवेश वाहक है :

(1) इलेक्ट्रॉन (2) प्रोटॉन (3) होल (4) न्यूट्रॉन

**Answer :** (3)

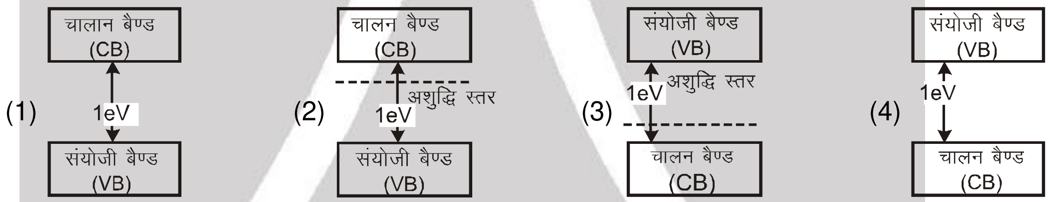
**Solution :** P-प्रकार के अर्द्धचालकों में होल बहुसंख्यक आवेश वाहक होते है।

**Example 5.** जब अर्द्धचालक को गर्म करते है, तो उसका प्रतिरोध

(1) घटता है (2) बढ़ता है (3) अपरिवर्तित रहता है (4) कुछ निश्चित नहीं है

**Answer.** (1)

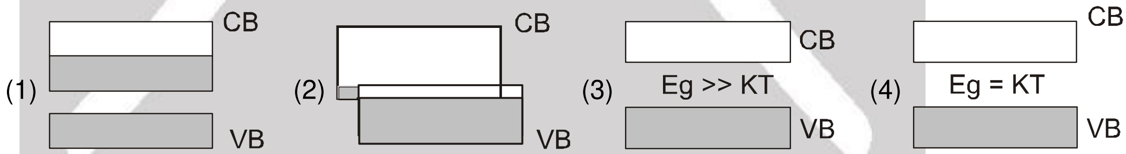
**Example 6.** निम्न में से कौन सा चित्र N-प्रकार के अर्द्धचालक को प्रदर्शित करता है




**Solution :** N-प्रकार के अर्द्धचालक में अशुद्धि का ऊर्जा स्तर चालक बैण्ड के ठीक नीचे स्थित होता है।

**Answer :** (2)

**Example 7.** निम्न में से कौनसा ऊर्जा बैण्ड चित्र अर्द्धचालक को व्यक्त करता है :




**Answer :** (4)

**Solution :** अर्द्धचालक में संयोजी बैण्ड और चालन बैण्ड के मध्य वर्जित ऊर्जा अन्तराल बहुत कम (लगभग kT के तुल्य) होता है एवं संयोजी बैण्ड पूर्णतः भरा होता है, जबकि चालन बैण्ड रिक्त होता है।

**Example 8.** P-N संधि है –

(1) एक ओमीय प्रतिरोध (2) एक अन ओमीय प्रतिरोध

(3) एक धनात्मक प्रतिरोध (4) एक ऋणात्मक प्रतिरोध

**Answer :** (2)

**Example 9.** ताम्बे में चालन इलेक्ट्रॉनों का औसत माध्य पथ $4 \times 10^{-8}$ m है। ताम्बे के लिये इलेक्ट्रॉन को 1eV की औसत ऊर्जा प्रदान कर सके इसके लिए विद्युत क्षेत्र का मान क्या होगा।

**Solution :** माना E विद्युत क्षेत्र है। एक इलेक्ट्रॉन पर बल eE होगा, जब इलेक्ट्रॉन, d दूरी तक गति करते है। इस प्रकार eEd किया गया कार्य होगा। यही ऊर्जा इलेक्ट्रॉन को प्रदान की गई। टक्कर से पूर्व इलेक्ट्रॉन कुल $4 \times 10^{-8}$ m दूरी तय करेगा अतः ऊर्जा स्थानान्तरण $eE(4 \times 10^{-8}\ m)$ होगा। 1 eV की ऊर्जा के लिये,

$eE(4 \times 10^{-8}\ m) = 1\ eV$ या $E = 2.5 \times 10^7$ V/m.

**Example 10.** जर्मेनियम में बंध ऊर्जा अन्तराल $\Delta E = 0.68$ eV है। यह मानते हुए कि कोटर इलेक्ट्रॉन युग्म की संख्या $e^{-\Delta E/2kT}$ के समानुपाती है तो ताप 300 K से 320 K बढाने में शुद्ध जर्मेनियम में आवेश वाहको की संख्या में प्रतिशत वृद्धि ज्ञात करिए।

**Solution :** नैज अर्द्धचालक में आवेश वाहको की संख्या कोटर इलेक्ट्रान युग्म संख्या की दुगुनी होती है। यदि $T_1$ ताप पर आवेश वाहको की संख्या $N_1$ व ताप $T_2$ पर $N_2$ है तो

$N_1 = N_0 e^{-\Delta E/2kT_1}$ व $N_2 = N_0 e^{-\Delta E/2kT_2}$

ताप के $T_1$ से $T_2$ तक बढने पर प्रतिशत वृद्धि $f = \frac{N_2 - N_1}{N_1} \times 100 = \left(\frac{N_2}{N_1} - 1\right) \times 100 = 100\left[e^{\frac{\Delta E}{2k}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} - 1\right]$

अब $\frac{\Delta E}{2k}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = \frac{0.68 eV}{2 \times 8.62 \times 10^{-5} eV/K}\left(\frac{1}{300K} - \frac{1}{320K}\right) = 0.82$

इस प्रकार $f = 100 \times [e^{0.82} - 1] \approx 127$ इस प्रकार आवेश वाहकों की संख्या में 127% वृद्धि होगी।

**Example 11.** सोडियम प्रकाश के फोटॉन की ऊर्जा ($\lambda$ = 589 nm) अर्धचालक पदार्थ के ऊर्जा अन्तराल के बराबर है। (a) इलक्ट्रॉन हॉल युग्म उत्पन्न करने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा E ज्ञात करो। (b) 300 K पर E/kT का मान ज्ञात करो।

**Solution :** (a) फोटॉन की ऊर्जा $E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1242 eV - nm}{589 nm} = 2.1$ eV.

अतः ऊर्जा अन्तराल 2.1 eV है। यह संयोगी बैण्ड से चालन बैण्ड में इलेक्ट्रॉन को धक्का देने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा E भी है। अतः होल इलेक्ट्रॉन युग्म उत्पन्न करने के लिए आवश्यक न्यूनतम ऊर्जा 2.1 eV है।

(b) T = 300 K, पर

$kT = (8.62 \times 10^{-5}$ eV/K) (300 K) $= 25.86 \times 10^{-3}$ eV

$\frac{E}{kT} = \frac{2.1 eV}{25.86 \times 10^{-3} eV} = 81$

**Example 12.** p-n जंक्शन खुले सिरों के साथ है ,

(1) आवेश वाहकों की गति नही होगी।

(2) होल तथा इलेक्ट्रॉन सममीती रूप से p-से n तथा n से p की ओर गतिमान होगें।

(3) दोनों सिरो पर कोई आवेश स्थानान्तरण नहीं होगा।

(4) संधि के पास अचर विद्युत क्षेत्र होगा।

**Answer :** (2,3,4)

**Example 13.** P–N संधि के सिरो पर रोधिका विभव 0.50 V है। यदि अवक्षय परत की मोटाई $5.0 \times 10^{-7}$ m है, तो इस क्षेत्र में विद्युत क्षेत्र की तीव्रता क्या होगीं

(1) $1.0 \times 10^{6}$ V/m (2) $1.0 \times 10^{5}$ V/m (3) $2.0 \times 10^{5}$ V/m (4) $2.0 \times 10^{6}$ V/m

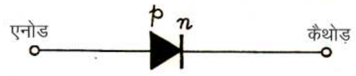
**Answer :** (1)

**Solution :** $E = \frac{V}{d} = \frac{0.5}{5 \times 10^{-7}} = 10^{6}$ V/m

## 5. p–n सन्धि डायोड (p–n Junction Diode) :

### p-n सन्धि डायोड के लिए परिपथ संकेत :

इलेक्ट्रॉनिक परिपथ में अर्द्धचालक उपकरणों को उनके संकेतो द्वारा व्यक्त किया जाता है। p-n सन्धि डायोड के लिए संकेत चित्रानुसार है। तीर का निशान p -क्षेत्र को व्यक्त करता है व बार डायोड का n -क्षेत्र व्यक्त करता है। तीर की दिशा p से n की ओर व अग्र अभिनति में पारम्परिक धारा प्रवाह की दिशा दर्शाती है। p -'एनोड' व n -'कैथोड' कहलाता है।

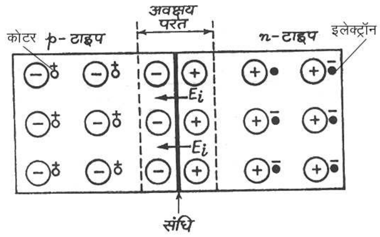


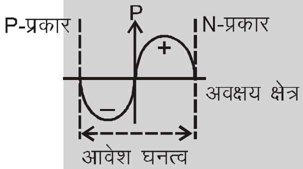
**(a) p-n सन्धि का निर्माण :**

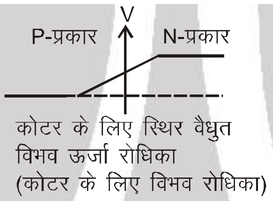
यह p प्रकार व n प्रकार के अर्द्धचालक क्रिस्टलों को परस्पर दबाकर बनाई सन्धि नहीं है। यह वास्तव में अर्द्धचालक का एक क्रिस्टलीय टुकड़ा है जिसके एक ओर ग्राही अपशिष्ट व दूसरी ओर दाता अपशिष्ट की अधिकता होती है।

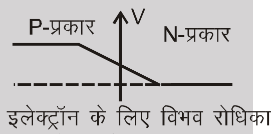
**(b) सन्धि पर विभवरोधिका : अवक्षय परत का निर्माण:**

p-n सन्धि चित्र में दर्शाए अनुसार है। p-प्रकार के क्षेत्र में (धनावेशित) कोटर मुख्य आवेश वाहक होते है व समान संख्या में स्थिर ऋणात्मक ग्राही आयन होते है (पदार्थ सम्पूर्ण रूप से उदासीन रहता है)। इसी प्रकार n-प्रकार के क्षेत्र में (ऋणात्मक) इलेक्ट्रॉन मुख्य आवेश वाहक होते है व समान संख्या में स्थिर धनावेशित दाता आयन होते है।




सन्धि के दोंनो ओर का क्षेत्र जो (मुक्त) गतिशील आवेश वाहकों से रहित होता है 'अवक्षय परत क्षेत्र' कहलाता है। इस परत की चौड़ाई की कोटि $10^{-6}$ m होती है। इस क्षेत्र पर उपस्थित विभवान्तर को अवरोधी विभव कहते है। यह Ge की p–n सन्धि के लिए 0.3 वोल्ट तथा सिलिकॉन p–n सन्धि के लिए 0.7 वोल्ट के लगभग होता है। यह अपशिष्ट पदार्थ की सान्द्रता पर निर्भर करता है। सिलिकॉन सन्धि के लिए रोधिका पर विद्युत क्षेत्र

$$E_i \approx \frac{V}{d} \approx \frac{0.7}{10^{-6}} = 7 \times 10^5 \text{ Vm}^{-1}$$ होता है।

**विसरण तथा अनुगमन धारा :** सान्द्रता में अंतर के कारण p से n की ओर होल गमन करने लगते है, परन्तु अवक्षय परत इन्हें रोक लेती है। केवल वे ही होल p से n की ओर पहुँच पाते है, जो उच्च कोटि की गतिज ऊर्जा रखते है। इसी प्रकार n की ओर से p की ओर वे ही इलेक्ट्रॉन पहुँच पाते है, जो उच्च गतिज ऊर्जा रखते है, परिणाम स्वरूप p से n की ओर विसरण धारा बहने लगती है।

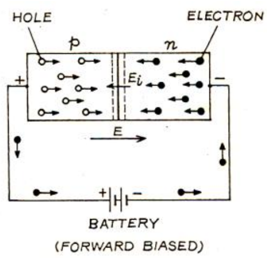
उष्मीय विक्षोभ तथा ताप बढ़ने की वजह से कुछ संयोजी इलेक्ट्रॉन चालन बैण्ड में आ जाते है। यह घटना जब अवक्षय परत क्षेत्र में घटित होती है, तो होल p की तरफ तथा इलेक्ट्रॉन n की तरफ विद्युत क्षेत्र द्वारा धकेल दिये जाते है, परिणाम स्वरूप एक अनुगमन धारा n से p की ओर बहती है। साम्यावस्था में विसरण एवं अपवहन धारा का परिमाण समान एवं दिशा विपरीत होती है।

**(c) सन्धि डायोड की अग्र अभिनति व उत्क्रम अभिनति**

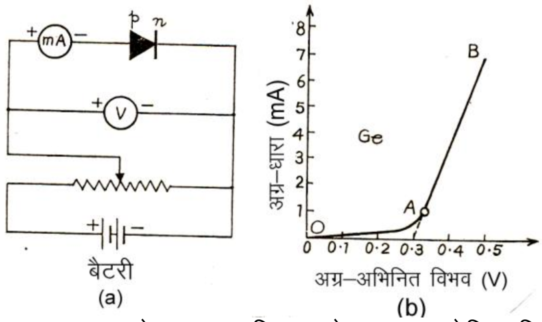
P-N संधि डायोड से विद्युत वाहक बल के स्रोत्र को जोडने का तरीका, अभिनति कहलाता है। सन्धि डायोड को बाह्य बैटरी से दो प्रकार से जोड़ा जा सकता है जो डायोड का अग्र अभिनति तथा पश्च अभिनति कहलाता है।

**(i) अग्र अभिनति :**

सन्धि डायोड को अग्र अभिनति में जुड़ा हुआ मानते है जब बाह्य बैटरी का धनाग्र टर्मिनल को p–क्षेत्र से व ऋणाग्र टर्मिनल को n–क्षेत्र से जोडा जाता है।



**अग्र–अभिनित अभिलाक्षणिक वक्र :** परिपथ चित्रानुसार है। बैटरी का धनाग्र p -क्षेत्र से व ऋणाग्र n -क्षेत्र से जुड़ा होता है।




विभव विभाजक विन्यास का उपयोग कर सन्धि डायोड पर आरोपित विभव में परिवर्तन किया जा सकता है। विभव का पाठयांक वोल्टमीटर V द्वारा व धारा मिलीअमीटर mA द्वारा मापते है। अल्प मान से शुरू करके अग्र–अभिनति विभव धीरे–धीरे बढ़ाया जाता है व संगत अग्र–अभिनित धारा मापित की जाती है। विभव व धारा के मध्य वक्र खींचा जाता है। परिणामी वक्र OAB (चित्र b) सन्धि डायोड का अग्र–अभिलाक्षणिक वक्र है।

प्रारम्भ में जब आरोपित विभव कम है तो सन्धि से प्रवाहित धारा लगभग शून्य है क्योंकि अवरोधी विभव (Ge की p–n सन्धि के लिए 0·3 V व सिलिकॉन सन्धि के लिए 0·7 V) आरोपित विभव के विपरीत होता है। आरोपित विभव में वृद्धि के साथ धारा धीरे–धीरे अरेखीय रूप से बढ़ती है। जब तक कि आरोपित विभव, अवरोधी विभव से ज्यादा नहीं हो जाता है। इसे अभिलाक्षणिक वक्र के OA भाग द्वारा व्यक्त करते है। आरोपित विभव में ओर वृद्धि से धारा तेजी से व रेखीय रूप से बढ़ती है। अब डायोड साधारण चालक की भांति व्यवहार करता है। यह वक्र के सीधे रेखीय AB भाग द्वारा व्यक्त है। यदि इस रेखा को पीछे की ओर बढ़ाया जाए तो यह विभव अक्ष को अवरोधी विभव पर काटती है।

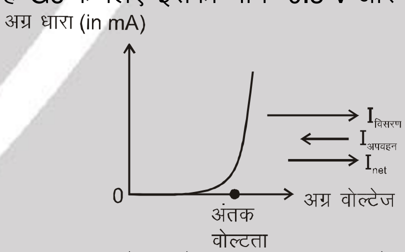
**Note :**

(i) अवक्षय परत की चौड़ाई घट जाती है।

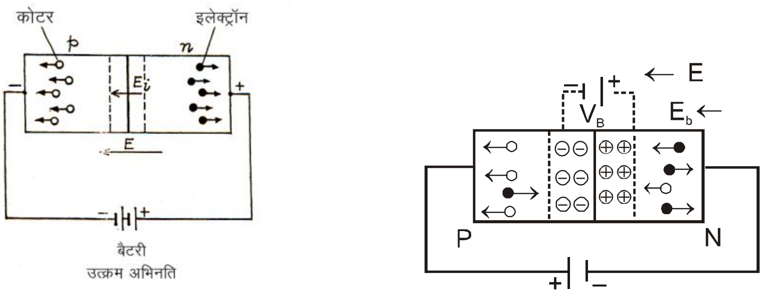
(ii) अग्र अभिनति में प्रतिरोध $R_{Forward} \approx 10\Omega - 25\Omega$

(iii) अग्र अभिनति,विभव प्राचीर का विरोध करती है एवं $V > V_B$ लिए डायोड में एक अग्र अभिनति धारा प्रवाहित होती है।

(vi) नी (Knee) वोल्टेज : वह वोल्टेज जिस पर धारा की वृद्धि प्रारंभ होती है नी वोल्टेज (अंतक वोल्टता) कहलाता है Ge के लिए इसका मान 0.3 V ओर Si के लिए इसका मान 0.7V है।



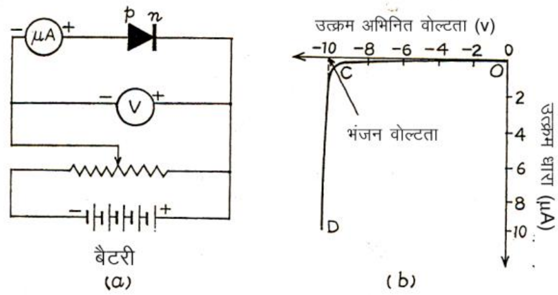

**(ii) उत्क्रम अभिनति:** सन्धि डायोड को उत्क्रम अभिनति में जुड़ा कहा जाता है जब बाह्य बैटरी का धनाग्र डायोड के n -क्षेत्र से व ऋणाग्र p -क्षेत्र से जोड़ते है। (चित्र)

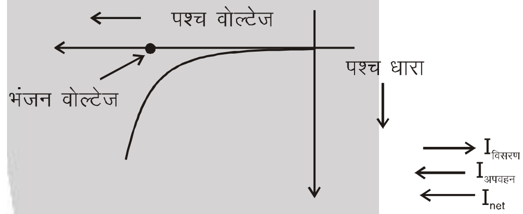



इस स्थिति में बाह्य क्षेत्र E, n से p की ओर व आन्तरिक अवरोधी क्षेत्र $E_i$ का सहायक होता है। अतः p -क्षेत्र में कोटर व n -क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन सन्धि से दूर धकेले जाते है अर्थात् यह सन्धि पर मिल नहीं सकते है। इस प्रकार बहु–संख्य आवेश वाहकों के प्रवाह के कारण कोई धारा नहीं बनती है।

**उत्क्रम–अभिनित अभिलाक्षणिक वक्र :**

परिपथ चित्र (a) में दर्शाए अनुसार है। बैटरी का धनाग्र डायोड के n -क्षेत्र से व ऋणाग्र p -क्षेत्र से जोड़ा जाता है। डायोड की उत्क्रम अभिनति में एक अत्यल्प धारा (μA कोटि की) सन्धि से प्रवाहित होती है। यह तापीय विक्षोभ से उत्पन्न अल्प संख्यक आवेश वाहको (p -क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन व n-क्षेत्र में कोटर) के सन्धि से गति के कारण होता है। बैटरी द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र भी इन अल्पांश वाहकों को गति करने में सहायता प्रदान करते हैं। यह उत्क्रम धारा (आरोपित विभव की)* काफी अधिक परास तक लगभग नियत बनी रहती है। यह वक्र के (चित्र b) के OC भाग से व्यक्त है।




**Note :**

(i) अवक्षय परत की चौड़ाई बढ़ जाती है।

(ii) पश्च अभिनति में प्रतिरोध $R_{पश्च} \approx 10^5\Omega$

(iii) पश्च अभिनति, विभव प्राचीर को अधिक बढ़ा देती है तथा सन्धि पर मुख्य आवेश वाहकों द्वारा कोई धारा प्रवाहित नही होती।
(अल्पसंख्यक आवेश वाहकों के कारण सन्धि पर एक अल्प धारा विपरीत दिशा में प्रवाहित होती है।)

(iv) भंजक वोल्टेज (Break down voltage) : यह वह आरोपित पश्च वोल्टेज है जिस पर अर्द्धचालक का भंजन हो जाता है। Ge के लिए इसका मान 25V और Si के लिए 35 V है।

### (d) एवलांश भंजन :

अल्प अपमिश्रित p-n संधि में यदि उत्क्रम अभिनति में विभव अत्यधिक बढ़ा दिया जाए तो अल्प संख्य आवेश वाहक पर्याप्त गतिज ऊर्जा प्राप्त कर लेते है। जिससे यह सन्धि के निकट संयोजी–बंधो को तोड़ सकने में समर्थ हो जाते है व इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म बनाते है। यह आवेश वाहक पुनः त्वरित होकर इसी प्रकार अन्य इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म बनाते है। यह प्रक्रिया संचयी क्रम में इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म का एवलांश उत्पन्न करती है। उत्क्रम धारा अचानक अत्यधिक बढ़ जाती है (अभिलाक्षणिक वक्र का CD भाग)। यह प्रक्रिया 'एवलांश भंजन' कहलाता है व अत्यधिक उत्पन्न ऊष्मा से सन्धि नष्ट हो सकती है। उत्क्रम अभिनित वोल्टता जहाँ पर उत्क्रम धारा अचानक से बढ़ जाती है 'भंजन वोल्टता' कहलाती है।

**जेनर भंजन :** अत्यधिक अपमिश्रित p-n संधि डायोड में यदि उत्क्रम अभिनति में विभव अत्यधिक बढ़ा दिया जाए तो ह्रासी क्षेत्र की चौड़ाई बढ़ती है एवं p-n संधि पर विद्युत क्षेत्र का मान भी बढ़ जाता है। यह तीव्र विद्युत क्षेत्र अर्द्धचालक परमाणुओं के सहसंयोजक बंधो को तोड़ देता है। जिससे अत्याधिक संख्या में अल्पसंख्यक आवेश वाहक मुक्त होते है। एवं परिपथ में धारा का मान अचानक बढ़ जाता है। उत्क्रम अभिनित वोल्टता जहाँ पर उत्क्रम धारा अचानक से बढ़ जाती है 'जेनर भंजन वोल्टता' या 'जेनर वोल्टता ' कहलाती है। इसका मान कुछ दस वोल्ट से कई सैंकड़ो वोल्ट तक हो सकता है जोकि डायोड में अशुद्धि परमाणुओं के घनत्व पर निर्भर करता है।

### (e) सन्धि डायोड का गतिक प्रतिरोध

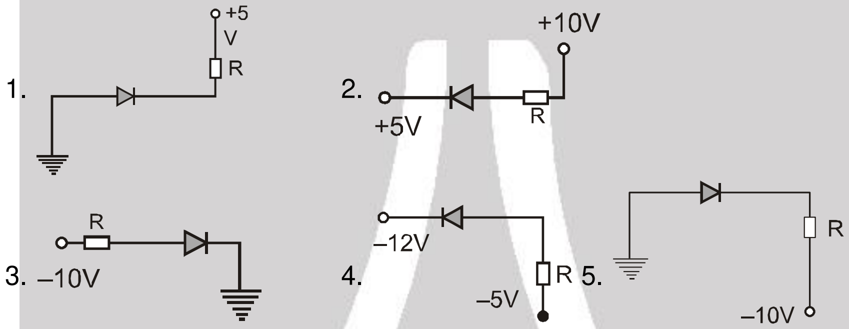
सन्धि डायोड का धारा–विभव वक्र दर्शाता है कि धारा–विभव के साथ रेखीय रूप से नहीं बढ़ती है अर्थात् ओम के नियम की पालना नहीं होती है। इस स्थिति में गतिक प्रतिरोध (अथवा a.c. प्रतिरोध) परिभाषित होता है।
सन्धि डायोड का गतिक प्रतिरोध आरोपित विभव में अल्प परिवर्तन ($\Delta V$) के संगत धारा में अल्प परिवर्तन ($\Delta i$) के अनुपात के तुल्य होता है।

$$R_d = \frac{\Delta V}{\Delta i}$$

p-n सन्धि डायोड की अग्र अभिनति में अंतक वोल्टता (knee voltage) के बाद धारा विभव के साथ रेखिक रूप से बढ़ती है। इस क्षेत्र में $R_d$, V से अप्रभावित होता है व ओम के नियम की पालना होती है।

## Solved Examples

**Example 14.** निम्न चित्रों में कौन से डायोड अग्र अभिनति में है ?




(1) 1, 2, 3 (2) 2, 4, 5 (3) 1, 3, 4 (4) 2, 3, 4

**Solution :** (2) चित्र 2,4 एव 5 में P-क्रिस्टल N-क्रिस्टल से अधिक धनात्मक है।

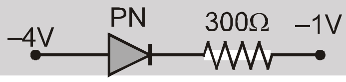
**Example 15.** दो समरूप संधारित्र A तथा B को समान विभव V से आवेशित करके t = 0 पर चित्रानुसार संयोजित करते है। t = CR समय पर प्रत्येक संधारित्र पर क्या आवेश होगा।

(A) (B)

(1) VC, VC (2) VC/e, VC (3) VC, VC/e (4) VC/e, VC/e

**Answer :** (2)

**Example 16.** संलग्न चित्र में धारा का मान होगा

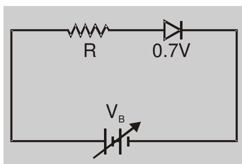



(1) 0 A (2) $10^{-2}$ A (3) 1 A (4) 0.10 A

**Answer :** (1)

**Solution :** P-सिरे का विभव N-सिरे की तुलना में अधिक ऋणात्मक है अतः डायोड पश्च अभिनति में है। पश्च अभिनति में यह खुले परिपथ की तरह कार्य करता है और कोई धारा प्रवाह नहीं होता है।

**Example 17.** माना कि सन्धि डायोड के I-V अभिलाक्षणिक वक्र में नी बिन्दु (knee point) (0.7V) के ऊपर न्यूनतम धारा 1mA है। यह भी मानिए कि डायोड के सिरों पर विभव नी बिन्दु (knee point) के ऊपर की धारा पर निर्भर नहीं करता है। यदि $V_B$ = 5V, हो तो R का अधिकतम मान क्या होगा ताकि विभव नी बिन्दु (knee point) से ऊपर रहे-

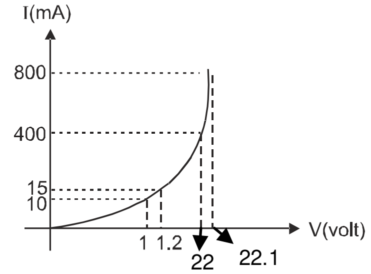



(1) 4.3 kΩ (2) 860 kΩ (3) 4.3 Ω (4) 860 Ω

**Answer :** (1)

**Example 18.** p-n डायोड का i-V अभिलाक्षणिक वक्र चित्र में प्रदर्शित है, लगभग गतिक प्रतिरोध का मान ज्ञात कीजिए, जब p-n संधि डायोड

(a) 1 वोल्ट के अग्र विभव पर हो (b) 2 वोल्ट के अग्र विभव पर हो




(a) 1 वोल्ट पर 10 mA की धारा है। 1.2 वोल्ट पर 15 mA की धारा है, अतः गतिक प्रतिरोध

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta i} = \frac{0.2\text{volt}}{5\text{mA}} = 40\ \Omega$$

(b) 2 वोल्ट पर 400 mA की धारा एवं 2.1 पर 800 mA की धारा है अतः गतिक प्रतिरोध का मान

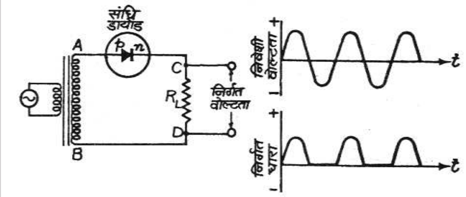
$$R = \frac{\Delta V}{\Delta i} = \frac{0.1\text{volt}}{400\text{mA}} = 0.25\ \Omega.$$

## 6. p-n सन्धि डायोड दिष्टकारी के रूप में :

सन्धि डायोड को अर्द्ध–तरंग दिष्टकारी की भांति प्रयुक्त कर सकते है। जब यह केवल धनात्मक अर्द्ध–चक्र में निवेशी प्रत्यावर्ती धारा प्रवाहित करता है। पूर्ण–तरंग दिष्टकारी में निवेशी प्रत्यावर्ती संकेत के दोंनो (धनात्मक व ऋणात्मक) अर्द्ध–चक्रो में यह परिपथ में समान दिशा में धारा प्रवाहित करता है।

### (a) P-N सन्धि डायोड अर्ध–तरंग दिष्टकारी (Half-wave Rectifier) के रूप में :

p – n सन्धि डायोड का अर्ध–तरंग दिष्टकारी परिपथ चित्र (a) में, तथा निवेशी (input) व निर्गत (output) तरंग रूपों को चित्र (b) में दिखाया गया हैं। निवेशी वोल्टेज को एक ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक कुण्ड़ली $p_1p_2$ के सिरों के बीच लगाया गया हैं। ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डली $s_1s_2$ का एक सिरा संधि डायोड के p–प्रकार के क्रिस्टल से तथा दूसरा सिरा लोड–प्रतिरोध $R_L$ के बीच द्वारा n–प्रकार के क्रिस्टल से जुड़ा हैं।




निवेशी वोल्टेज के पहले आधे चक्र के दौरान, जब द्वितीय कुण्डली का टर्मिनल $s_1$ धनात्मक तथा $s_2$ ऋणात्मक होगा तो डायोड अग्र–बायसित होता है। अतः इसमें होकर धारा प्रवाहित होती हैं। लोड–प्रतिरोध $R_L$ में धारा C से D की ओर को बहती हैं।

दूसरे आधे चक्र के दौरान टर्मिनल $s_1$ ऋणात्मक होता है तथा टर्मिनल $s_2$ धनात्मक होता है। अब डायोड पश्च बायसित होगा अतः धारा लगभग शून्य होगी तथा $R_L$ के सिरो पर वोल्टेज शून्य होगा इस प्रक्रम की पुनरावृति होती रहती है। इस प्रकार निर्गत धारा एक ही दिशा में परन्तु रूक–रूक कर बहती हैं। चूँकि हमें तरंग के केवल एक ही अर्द्ध चक्र में निर्गत वोल्टता प्राप्त हो रही है, अतः इस परिपथ को अर्द्ध तरंग दिष्टकारी कहते हैं। ट्रांसफॉर्मर का कार्य दिष्टकारी को आवश्यक वोल्टेज प्रदान करना है। यदि दिष्टकारी से उच्च–वोल्टेज दिष्ट धारा प्राप्त करनी है, जैसी कि शक्ति सम्भरण (power supply) के लिये आवश्यक है, तब उच्चायी ट्रांसफॉर्मर प्रयुक्त करते हैं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया हैं। परन्तु अनेक ठोसावस्था उपकरणों में निम्न वोल्टेजों पर दिष्ट धारा की आवश्यकता होती है, तब दिष्टकारी में अपचायी ट्रांसफॉर्मर प्रयुक्त करते हैं।

**Note:**

(i) धनात्मक अर्धचक्र में
डायोड ⟶ अग्र बायस
निर्गत सिग्नल ⟶ प्राप्त होता है।

(ii) ऋणात्मक अर्द्ध-चक्र में
डायोड ⟶ पश्च बायस
निर्गत सिग्नल ⟶ प्राप्त नही होता।

(iii) निर्गत वोल्टेज, लोड प्रतिरोध $R_L$. पर प्राप्त होता है। यह नियत नही होता बल्कि स्पन्दमान प्रकृति (Pulsating nature) का होता है। (अर्थात् ac और dc का मिश्रण)

(iv) एक चक्र में औसत निर्गत मान निम्न है।

$I_{dc} = \frac{I_0}{\pi}$ तथा $V_{dc} = \frac{V_0}{\pi}$ ; $I_0 = \frac{V_0}{r_f + R_L}$ ($r_f$ = अग्र अभिनत प्रतिरोध)

(v) r.m.s. निर्गत मान : $I_{rms} = \frac{I_0}{2}$, $V_{rms} = \frac{V_0}{2}$

(vi) निर्गत वोल्टेज या धारा में प्रभावी प्रत्यावर्ती भाग और दिष्ट भाग का अनुपात ऊर्मिका गुणांक (Ripple factor) कहलाता है।

उर्मिका गुणांक $r = \frac{I_{ac}}{I_{dc}} = \left[\left(\frac{I_{rms}}{I_{dc}}\right)^2 - 1\right]^{1/2} = 1.21$

(vii) प्रतीप शिखर वोल्टेज (PIV) : जेनर क्षेत्र से पहले तक आरोपित अधिकतम पश्च वोल्टेज प्रतीप शिखर वोल्टेज कहलाता है। जब डायोड चालन नही कर रहा है तब इस पर PIV = $V_0$

(viii) दक्षता : $\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{40.6}{1 + \frac{r_f}{R_L}}$

यदि $R_L >> r_f$ नब $\eta = 40.6\ \%$

यदि $R_L = r_f$ तब $\eta = 20.3\ \%$

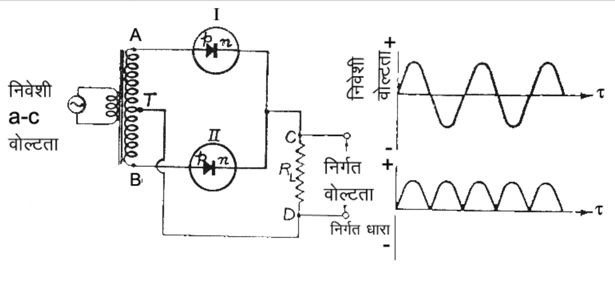
(ix) रूप गुणक $= \frac{I_{rms}}{I_{dc}} = \frac{\pi}{2} = 1.57$

(x) अर्द्ध तरंग दिष्टकारी की ऊर्मिका आवृत्ति ($\omega$) निवेशी प्रत्यावर्ती सिग्नल की आवृत्ति के तुल्य होती है।

## (b) सन्धि डायोड पूर्ण–तरंग दिष्टकारी (Full-wave Rectifier) के रूप में :

पूर्ण तरंग दिष्टकरण में निवेशी प्रत्यावर्ती वोल्टेज के दोनों अर्ध–चक्रों के दौरान निर्गत धारा प्राप्त होती है। इसमें दो सन्धि डायोड इस प्रकार प्रयुक्त किये जाते है कि एक डायोड पहले आधे चक्र का, तथा दूसरा डायोड दूसरे डायोड दूसरे आधे चक्र का दिष्टकरण करता हैं।

पूर्ण तरंग दिष्टकारी के लिए परिपथ चित्र (a) में दिखाया गया है तथा निवेशी व निर्गत तरंग–रूप चित्र (b) में दिखाये गये हैं। निवेशी वोल्टेज को एक ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक कुण्डली $p_1p_2$ के सिरों के बीच लगाया जाता हैं। दोनों डायोडों $D_1$ तथा $D_2$ के p–क्षेत्रों को ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्ड़ली $s_1$ $s_2$ के टर्मिनल $s_1$ व $s_2$ से जोडा जाता है तथा n–क्षेत्रों को परस्पर सम्बन्धित कर देते हैं। लोड–प्रतिरोध $R_L$ को द्वितीयक कुण्डली के केन्द्रीय निष्कासी (centre tap) T तथा n–क्षेत्रों के बीच जोड़ा जाता हैं।




(a) (b)

निवेशी वोल्टेज के पहले आधे चक्र के दौरान टर्मिनल $s_1$, T के सापेक्ष धनात्मक तथा टर्मिनल $s_2$, T के सापेक्ष ऋणात्मक होता है। अतः डायोड़ $D_1$ अग्र–अभिनत होता है और धारा प्रवाहित होने देता है, जबकि डायोड $D_2$ उत्क्रम–अभिनत होता है और धारा प्रवाहित नही होने देता। लोड–प्रतिरोध $R_L$ में धारा C से D की ओर को बहती है। दूसरे आधे चक्र के दौरान टर्मिनल $s_1$, T के सापेक्ष ऋणात्मक होता है तथा टर्मिनल $s_2$ धनात्मक होता है। अतः अब डायोड $D_1$ उत्क्रम अभिनत तथा डायोड $D_2$ अग्र–अभिनत होता है। अब धारा डायोड $D_2$, लोड $R_L$ तथा द्वितीय कुण्डली

के निचले भाग में चित्रानुसार प्रवाहित होती है यह देखा जा सकता है कि लोड $R_L$ में धारा प्रत्यावर्ती धारा के निवेशी वोल्टेज के दोनों अर्ध चक्रों के लिए समान दिशा में प्रवाहित होती है तथा इस प्रकार, निर्गत धारा एकदिशीय स्पन्दों (unidirectional pulses) की अविरत श्रेणी हैं। इस निर्गत धारा को समकारी (smoothing) फिल्टरों के द्वारा लगभग स्थायी धारा में बदला जा सकता हैं।

**Note :**

(i) धनात्मक अर्द्ध-चक्र में

डायोड : $D_1 \longrightarrow$ अग्र अभिनत

$D_2 \longrightarrow$ पश्च अभिनत

निर्गत सिग्नल $\longrightarrow$ केवल $D_1$ से प्राप्त होता है।

(ii) ऋणात्मक अर्द्धचक्र में

डायोड : $D_1 \longrightarrow$ पश्च अभिनत

$D_2 \longrightarrow$ अग्र अभिनत

निर्गत सिग्नल $\longrightarrow$ केवल $D_2$ से प्राप्त होता है।

(iii) परिवर्ती dc $\longrightarrow$ फिल्टर $\longrightarrow$ नियत दिष्ट धारा

(iv) लोड प्रतिरोध $R_L$ के सिरों पर वोल्टेज प्राप्त हेाता है। यह नियत नही होता बल्कि स्पन्दमान प्रकृति का होता है।

(v) औसत निर्गत वोल्टेज : $V_{av} = \frac{2V_0}{\pi}$ , $I_{av} = \frac{2I_0}{\pi}$

(vi) r.m.s. निर्गत वोल्टेज = $V_{rms} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$ , $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

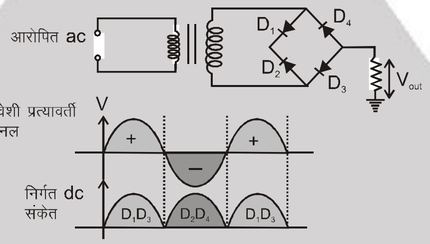
(vii) ऊर्मिका गुणाक : r = 0.48 = 48%

(viii) ऊर्मिका आवृत्ति : पूर्ण तरंग दिष्टकारी की ऊर्मिका आवृत्ति = 2 × (निवेशी ac की आवृत्ति)

(ix) प्रतीप शिखर वोल्टता (PIV) : इसका मान $2V_0$ होता है।

(x) दक्षता : $n_{\%} = \frac{81.2}{1+\frac{r_1}{R_L}}$ for $r_f << R_L$, के लिए $\eta = 81.2\%$

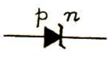
**पूर्ण तरंग सेतु दिष्टकारी :** परिपथ में चार डायोड $D_1$, $D_2$, $D_3$ एवं $D_4$ उपयोग में आते है।
धनात्मक अर्द्धचक्र के दौरान $D_1$ एवं $D_3$ अग्र अभिनति में $D_2$ एवं $D_4$ पश्च अभिनति में होते है।
ऋणात्मक अर्द्धचक्र के दौरान $D_2$ एवं $D_4$ अग्र अभिनति में $D_1$ एवं $D_3$ पश्च अभिनति में होते है।



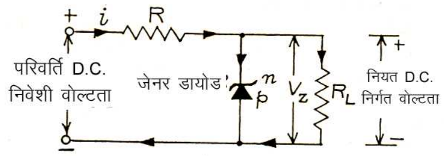

## (c) विभिन्न प्रकार के सन्धि डायोड :

**(i) जेनर डायोड :** जेनर डायोड का उपयोग परिवर्ती दिष्ट वोल्टता को नियंत्रित दिष्ट वोल्टता में बदलने के लिए किया जाता है। जेनर डायोड को सदैव पश्च बायसित रखा जाता है एवं यह सन्धि डायोड के एवलांश भंजन प्रक्रिया पर आधारित है।

जब सन्धि डायोड पर उत्क्रम अभिनति बढ़ायी जाती है और यह अभिनति वोल्टता किसी निश्चित मान 'भंजन वोल्टता' अथवा 'जेनर वोल्टता' से अधिक होती है तो (उत्क्रम ) धारा में अचानक से वृद्धि होती है।
इस प्रकार, अभिलाक्षणिक वक्र के इस क्षेत्र में डायोड में विभवान्तर धारा की डायोड की बड़ी परास के लिए लगभग नियत रहता है। इस डायोड को पूर्व अनुमानित स्थिर वोल्टता प्राप्त करने के लिए प्रयुक्त कर सकते है। 4 –100 वोल्ट के किसी मान के लिए डायोड की मादन सांद्रता को आवश्यकतानुसार नियन्त्रित कर उपयुक्त जेनर डायोड प्राप्त किया जा सकता है।
चित्र (a) में जेनर डायोड का संकेत चिन्ह दर्शाया गया है व चित्र (b) में लोड–प्रतिरोध $R_L$ पर वोल्टता स्थिर कर ने के लिए सरल परिपथ दर्शाया गया है।




(a)

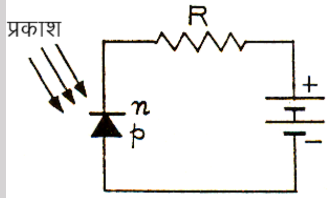



(b)

इस परिपथ में श्रेणीक्रम में प्रतिरोध R व जेनर डायोड को लोड–प्रतिरोध $R_L$ के समान्तर क्रम में जोड़ा गया है। जेनर डायोड की जेनर वोल्टता वही चुनते है जो वोल्टता हमें लोड–प्रतिरोध पर अभिष्ट है। परिवर्ती d.c. निवेश वोल्टता, दिष्टकारी का d.c. निर्गत संकेत हो सकता है। जब कभी निवेशी वोल्टता बढ़ती है तो अधिक विभव प्रतिरोध R पर आता है। परिणामस्वरूप निवेशी धारा i में वृद्धि होती है। यह वृद्धि जेनर डायोड द्वारा प्रवाहित हो जाती है। जबकि लोड से प्रवाहित धारा व इस पर विभव पतन $V_Z$ नियत बना रहता है। इसी प्रकार निवेशी वोल्टता मे कमी से निवेशी धारा i में कमी होती है। डायोड से धारा घटती है व पुनः लोड–प्रतिरोध से धारा व विभव पतन $V_Z$ नियत बना रहता है।

चूंकि प्रतिरोध R निवेशी वोल्टता परिवर्तनों को अवशोषित कर लेती है, अतः $V_Z$ निर्गत वोल्टता नियत बनी रहती है। यह परिपथ $V_Z$ से कम निवेशी विभव पर कार्य नहीं कर सकता है।

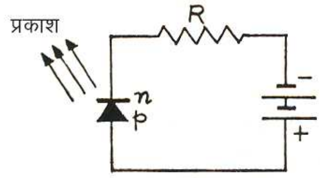
**(ii) प्रकाश संवेदी डायोड:** प्रकाश संवेदी डायोड अर्ध–चालक की उत्क्रम अभिनित p-n सन्धि होती है। सन्धि को पारदर्शी प्लास्टिक में रखा जाता है। सन्धि का ऊपरी पृष्ठ प्रकाश के लिए खुला होता है जबकि शेष भाग काला पुता हुआ होता है अथवा धात्विक कोश में रखा होता है। सम्पूर्ण विन्यास बहुत छोटा होता है व 0.1 इंच आकार की कोटि का होता है।




परिपथ चित्र में प्रदर्शित है। जब सन्धि पर प्रकाश नहीं गिरता व कुछ दस वोल्ट कोटि की व्युत्क्रम अभिनति है तो अत्यल्प नियत धारा ($\mu$A) प्राप्त होती है। यह उत्क्रम संतृप्त धारा है जोकि तापीय अल्प संख्यक आवेश वाहकों (p -क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन व n -क्षेत्र में कोटर) के कारण होती है। जब उचित आवृत्ति का प्रकाश सन्धि पर आपतित होता है तो सन्धि के निकट सह–संयोजन बन्धों के टूटने के कारण नए इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म बनते है। यह प्रकाश जनित अल्प आवेश वाहक उत्क्रम अभिनित सन्धि को पार करते है व (उत्क्रम) धारा में योगदान करते है। अतः परिपथ में धारा बढ़ती है। (mA का कुछ अंश)। यह प्रकाश संवेदी धारा आपतित प्रकाश फ्लक्स के समानुपाती होती है।

p-n प्रकाश संवेदी डायोड 1 MHz कोटि की आवृत्ति पर कार्य कर सकता है। अतः तीव्रता से संगणक कार्ड पढ़ने में प्रयुक्त होते है। प्रकाश–संसूचक कुंजी व इलेक्ट्रॉनिक गणित्र आदि में इनका उपयोग होता है।

**(iii) प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED) :** जब p-n सन्धि डायोड को अग्र–अभिनित किया जाता है तो इलेक्ट्रॉन व कोटर दोंनो ही सन्धि की ओर गति करते है। जब सन्धि से गुजरते है तो इलेक्ट्रॉन कोटर संयुक्त हो जाते है व सन्धि पर ऊर्जा मुक्त होती है क्योकि इलेक्ट्रॉन उच्च ऊर्जा–स्तर से निम्न ऊर्जा स्तर में गिरता है। फिर Ge व Si डायोड में यह ऊर्जा अवरक्त विकिरण के रूप में होती है। यदि डायोड गैलियम आर्रसेनाइड अथवा इण्डियम फॉस्फाइड का बना हुआ है तो मुक्त ऊर्जा दृश्य क्षेत्र मे होगी। ऐसा डायोड प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED) कहलाता है।




ये (LED) तापदीप्त लैंपों को प्रतिस्थापित कर सकते हैं। LED के कम शक्ति पारंपरिक तापदीप्त लैंपों की तुलना में निम्नलिखित लाभ हैं –

(i) निम्न प्रचालन वोल्टता तथा अपेक्षाकृत कम शक्ति
(ii) शीघ्र क्रिया, गरम होने के लिए कोई समय नहीं चाहिए।
(iii) उत्सर्जित प्रकाश की बैंड चौड़ाई 100 Å से 500Å, अथवा दूसरे शब्दों में यह लगभग (परंतु यथार्थ रूप में नहीं) एक वर्णी प्रकाश उत्सर्जित करता है।
(iv) अधिक आयु तथा सुदृढ़
(v) तीव्र 'ऑन–ऑफ' होने की क्षमता

इनका सजावटी उपकरणों में व्यापक इस्तेमाल होता है।

## Solved Examples

**Example 19.** एक जेनर डायोड जिसका विभव $V_Z = 6V$ है, को लोड प्रतिरोध $R_L$ (=1000Ω) पर नियत विभव प्राप्त करने के लिए श्रेणी प्रतिरोध $R_S$ (=100Ω) के साथ उपयोग किया गया है। यदि स्रोत का विद्युत वाहक बल E (= 9V) है तो श्रेणी प्रतिरोध, जेनर डायोड व लोड प्रतिरोध से प्रवाहित धारा का मान ज्ञात करिए। जेनर डायोड में शक्ति क्षय भी ज्ञात करिए।

**Solution :** यहाँ , E = 9V; $V_Z$ = 6; $R_L$ = 1000Ω तथा $R_s$ = 100Ω,

श्रेणी प्रतिरोध विभव पतन $V = E - V_Z = 9 - 6 = 3$ V

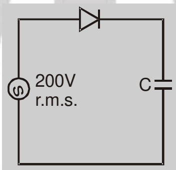
श्रेणी प्रतिरोध $R_S$ से प्रवाहित धारा $I = \frac{V}{R} = \frac{3}{100} = 0.03A$

लोड प्रतिरोध $R_L$ से प्रवाहित धारा $I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{6}{1000} = 0.006A$

जेनर डायोड से प्रवाहित धारा $I_Z = I - I_L = 0.03 - 0.006 = 0.024$ A

जेनर डायोड पर शक्ति क्षय $P_Z = V_Z I_Z = 6 \times 0.024 = 0.144$ Watt

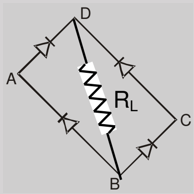
**Example 20.** दिये गये चित्र में 200 rms का विभवान्तर, डायोड तथा संधारित्र परिपथ पर लगाया जाता है व इसका दिष्टीकरण किया जाता है। C के सिरों पर वोल्ट मात्रक में विभवान्तर होगा –




(1) 500 (2) 200 (3) 283 (4) 141

**Answer :** (3)

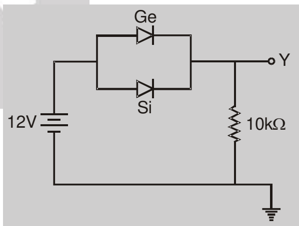
**Example 21.** दिये गये चित्र में A तथा C पर निवेशी संकेत (input) लगाया जाता है और B तथा D से निर्गत संकेत (output) लिया जाता है। निर्गत संकेत (output) होगा –




(1) शून्य (2) निवेशी संकेत के समान (3) पूर्ण तरंग दिष्टीकृत (4) अर्द्ध तरंग दिष्टीकृत

**Answer :** (3)

**Example 22.** चित्र में जर्मेनियम व सिलीकॉन के दो डायोड चित्रानुसार 12 वोल्ट विद्युत वाहक बल की बैटरी एवं 10 kΩ के लोड प्रतिरोध से जोड़ा गया है। जर्मेनियम डायोड का चालन 0.3 वोल्ट पर व सिलीकॉन डायोड का चालन 0.7 वोल्ट पर होता है। जब परिपथ में धारा प्रवाहित होती है तो Y सिरे का विभव होगा-




(1) 12 V (2) 11 V

(3) 11.3 V (4) 11.7 V

**Answer :** (4)

**Example 23.** संधि डायोड में उत्पन्न विभव रोधिका विरोध करती है-

(1) दोनों क्षेत्रों में केवल अल्पसंख्यक वाहकों का (2*) बहुसंख्यक वाहकों का

(3) N-क्षेत्र में इलेक्ट्रॉनों का (4) P-क्षेत्र में कोटरो का

**Answer :** (2)

**Example 24.** अर्द्धचालक में अवलांश भंजन होता है जब -

(1) जब अग्र धारा एक निश्चित मान से ज्यादा हो जाये (2) जब पश्च धारा एक निश्चित मान से ज्यादा हो जाये

(3) अग्र अभिनति एक निश्चित मान से ज्यादा हो जाये (4) अवरोधी विभव घट कर शून्य हो जाये

**Answer :** (2)

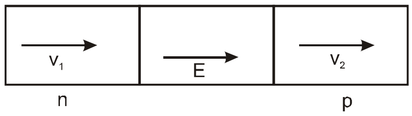
**Example 25.** एक p-n संधि पर 0.50 V का विभवान्तर है।

(a) यदि अवक्षय परत की चौड़ाई $5.0 \times 10^{-7}$ m है तो इस क्षेत्र में विद्युत क्षेत्र की तीव्रता कितनी है ?

(b) एक इलेक्ट्रॉन p-n संधि पर $5.0 \times 10^{5}$ m/s की चाल से n की ओर से पहुंचता है ? यह p की ओर कितनी चाल से प्रवेश करेगा।

**Solution :** (a) विद्युत क्षेत्र $E = V/d = \frac{0.50V}{5.0 \times 10^{-7} m} = 1.0 \times 10^{6}\, V/m.$

(b) माना कि इलैक्ट्रॉन की चाल $v_1$ जब यह अवक्षय परत में प्रवेश करता है एवं इससे बाहर निकलने पर $v_2$ है (चित्र)। क्योकि ऊर्जा संरक्षण के सिद्धान्त से स्थितिज ऊर्जा $e \times 0.50$ V से बढ़ती है।

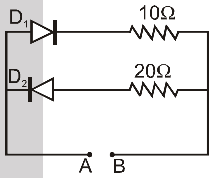



$$\frac{1}{2}mv_1^2 = e \times 0.50V + \frac{1}{2}mv_2^2$$

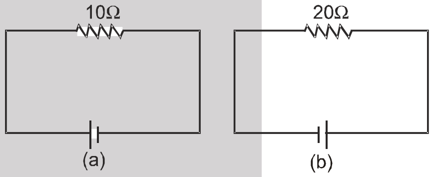
या $\frac{1}{2} \times (9.1 \times 10^{-31}\, kg) \times (5.0 \times 10^{5}\, m/s)^2 = 1.6 \times 10^{-19} \times 0.5\, J + \frac{1}{2}\,(9.1 \times 10^{-31}\, kg) v_2^2$

या $1.13 \times 10^{-19}\, J = 0.8 \times 10^{-19}\, J + (4.55 \times 10^{-31} kg)\, v_2^2$ इसे हल करने पर, $v_2 = 2.7 \times 10^{5}$ m/s

**Example 26.** एक 2 V की बैटरी A तथा B पर चित्रानुसार जोडी गई है। यह मानिए कि प्रत्येक डायोड पर प्रतिरोध शून्य है जब यह अग्र बायस में है तथा अनन्त है जब यह पश्च बायस में है। बैटरी द्वारा दी गई धारा ज्ञात करो जब इसका धनात्मक टर्मिलन जोडा जाता है: (a) बिन्दु A पर (b) बिन्दु B पर



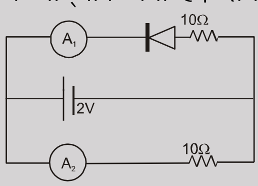

**Solution :** (a) जब बैटरी का धनात्मक टर्मिनल बिन्दु A से जोड़ा जाता है तब डायोड $D_1$ अग्र बायस में व $D_2$ उत्क्रम बायस में होता है। डायोड $D_1$ का प्रतिरोध शून्य है एंव यह प्रतिरोधहीन तार से प्रतिस्थापित किया जा सकता है।




इसी प्रकार डायोड $D_2$ का प्रतिरोध अनन्त हो जाता है यह टूटे हुये तार से प्रतिस्थापित किया जा सकता है। तुल्य प्रतिरोध चित्र (a) में प्रदर्शित है। बैटरी द्वारा दी गई धारा $2\, V/10\, \Omega = 0.2$ A है।

(b) जब बैटरी का धनात्मक टर्मिनल बिन्दु B से जोडा जाता है तब डायोड $D_2$ अग्र बायसित है एवं $D_1$ उत्क्रम (पश्च) बायसित है। तुल्य परिपथ चित्र (b) में प्रदर्शित है। बैटरी से धारा $2\, V/20\, \Omega = 0.1$ A है।

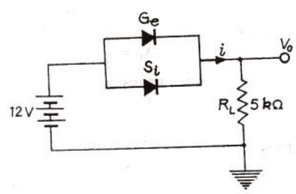
**Example 27.** चित्र में प्रदर्शित अमीटर $A_1$ व $A_2$ के पाठ्यांक क्या है। दोनों मीटर का प्रतिरोध नगण्य है।




**Answer.** शून्य, 0.2 A

**Example 28.** यदि दिये गये परिपथ में सिलीकन (Si) डायोड व जर्मेनियम (Ge) डायोड क्रमशः 0.7 वोल्ट व 0.3 वोल्ट पर चालन प्रारम्भ करते है तो $V_0$ का मान ज्ञात कीजिए। यदि Ge डायोड को उल्टा लगा दिया जाये तो $V_0$ व i के नये मान ज्ञात कीजिए।

**Solution :** Ge डायोड पर प्रभावी अग्र बायस वोल्टेज 12 V – 0.3 = 11.7 है।




लोड पर विभवान्तर $V_0$ = 11.7 V ; लोड में धारा $i = \frac{V_0}{R_L} = \frac{11.7}{5\ K\Omega} = 2.34$ mA.

Ge डायोड पर संयोजन उल्टे करने पर यह उत्क्रम बायस में होगा एवं कोई धारा प्रवाहित नही होगी। केवल Si डायोड से धारा प्रवाहित होगी।

Si डायोड पर प्रभावी अग्र बायस वोल्टेज है 12 V – 0.7V = 11.3 V, यह निर्गत होगा अर्थात् $V_0$ = 11.3 V

लोड में धारा $i = \frac{V_0}{R_L} = \frac{11.3}{5k\Omega} = 2.26$ mA.

## 7. संधि ट्रांजिस्टर (Junction Transistor) :

**ट्रांजिस्टर की संरचना तथा कार्य प्रणाली**

किसी ट्रांजिस्टर में तीन अपमिश्रित क्षेत्र होते हैं जो मिलकर अपने बीच में दो p-n संधियाँ बनाते हैं। अतः ट्रांजिस्टर निम्न दो प्रकार के होते हैं।

**(i) n-p-n ट्रांजिस्टर :** इसमें n–प्रकार के अर्द्धचालक के दो खंड (उत्सर्जक तथा संग्राहक) p–प्रकार के अर्द्धचालक के एक खंड (आधार) द्वारा पृथक किए जाते हैं।

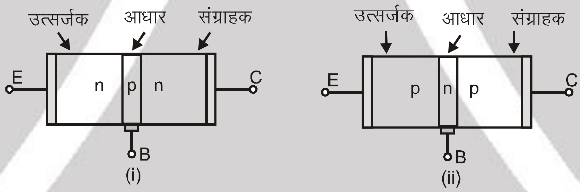
**(ii) p-n-p ट्रांजिस्टर :** इसमें p-प्रकार के अर्ध–चालक के दो खण्ड (उत्सर्जक तथा संग्राहक) n-प्रकार के अर्ध–चालक के एक खण्ड (आधार) द्वारा पृथक किये जाते हैं। इसके बायें व दायें वाले क्रिस्टलों को क्रमशः 'उत्सर्जक' (emitter) व 'संग्राहक' (collector) कहते हैं। n–p–n तथा p–n–p विन्यास का नामांकित चित्र में प्रदर्शित है। ट्राजिस्टर के सभी तीनो भागो की मोटाई भिन्न भिन्न होती है तथा उनका अपमिश्रण सांद्रता अलग अलग होती है। p–n–p तथा n–p–n ट्रांजिस्टर (चित्र b) मे प्रयुक्त तीर का चिन्ह ट्रांजिस्टर में धारा की दिशा को प्रदर्शित करता है। ट्रांजिस्टर के तीनो भागो का सक्षिप्त वर्णन नीचे दिया गया है।

**उत्सर्जक :** मध्यम आकार का परन्तु अत्यधिक अपमिश्रित होता है। यह भाग ट्रांजिस्टर से धारा प्रवाह के लिए बहुसंख्य आवेश वाहक प्रदान करता है।

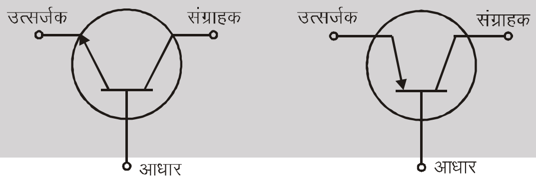
**आधार :** यह केन्द्रिय भाग होता है। पतला व कम अपमिश्रित होता है।

**संग्राहक :** यह भाग उत्सर्जक द्वारा उपलब्ध बहुसंख्यक आवेश वाहको के अधिकांश भाग का संग्रहण करता है। संग्राहक फलक साधारण अपमिश्रित होता है परन्तु आकार में यह उत्सर्जक से बड़ा होता है **ताकि बहुसंख्यक आवेश वाहकों के संग्रहण के समय उत्सर्जित हुई ऊर्जा आसानी से वातावरण में जा सके।**

p–n संधि की स्थिति में संधि के आर–पार एक ह्रासी क्षेत्र बन जाता है। ट्रांजिस्टर की स्थिति में ह्रासी क्षेत्र उत्सर्जक आधार संधि तथा आधार संग्राहक संधि पर बनते है।



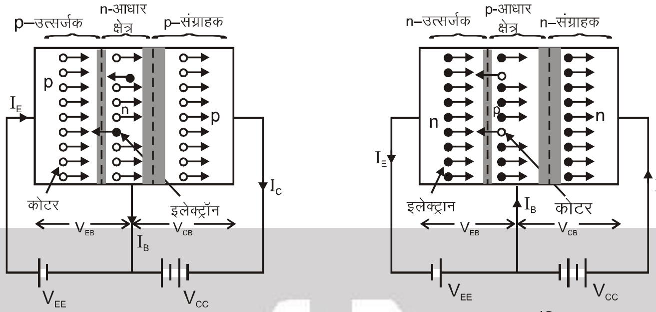

(a) n–p–n तथा p–n–p ट्रांजिस्टर का नामांकित प्रदर्शन




(b) n–p–n तथा p–n–p ट्रांजिस्टर के लिए संकेत

जब ट्रांजिस्टर प्रवर्धक की भांति व्यवहार करता है तब इसका उत्सर्जक आधार सन्धि अग्र–अभिनति में व आधार संग्राहक सन्धि उत्क्रम अभिनति में होती है। $V_{CC}$ व $V_{EE}$ के द्वारा ये अभिनितियाँ बनाई जाती है। जब ट्रांजिस्टर को इस प्रकार अभिनित किया जाता है तो यह सक्रिय अवस्था में कहलाता है। उत्सर्जक आधार के बीच विभव $V_{EB}$ और संग्राहक आधार के बीच में विभव $V_{CB}$ से व्यक्त करते है। निम्न चित्र में, आधार सिरा दोनों दर्शायी बैटरी परिपथों के लिए उभयनिष्ठ है। इन बैटरियों के अन्य सिरे क्रमशः उत्सर्जक व संग्राहक से जुड़े है। इन दो बैटरियों को क्रमशः $V_{EE}$ व $V_{CC}$ से व्यक्त करते है। परिपथ जिनमें उत्सर्जक उभयनिष्ठ है, आधार उत्सर्जक के मध्य बैटरी $V_{BB}$ और संग्राहक उत्सर्जक के बीच बैटरी $V_{CC'}$ से व्यक्त है। उच्च मादित उत्सर्जक में बहुसंख्य आवेश वाहकों (p–n–p ट्रांजिस्टर में कोटर व n–p–n ट्रांजिस्टर में इलेक्ट्रॉन) की संख्या काफी अधिक होती है। ये बहुसंख्य आवेश वाहक बड़ी संख्या में आधार क्षेत्र में प्रवेश करते है। आधार पतला व न्यून मादित होता है। अतः यहाँ बहुसंख्य आवेश वाहक अल्प होंगे। p–n–p ट्रांजिस्टर में आधार क्षेत्र में बहुसंख्यक आवेश वाहक इलेक्ट्रॉन होते है क्योंकि आधार n–प्रकार का अर्ध–चालक है। उत्सर्जक से आधार क्षेत्र में बड़ी

संख्या में प्रवेश करने वाले कोटर यहाँ उपस्थित अल्प मात्रा के इलेक्ट्रॉनों को पार कर जाते है। चूंकि आधार संग्राहक सन्धि व्युत्क्रम अभिनित है। अतः ये कोटर सन्धि पर अल्प आवेश वाहकों की भांति प्रकट होते है, आसानी से सन्धि को पारकर संग्राहक में प्रवेश कर जाते है। आधार में कोटर या तो आधार सिरे की ओर गति कर इलेक्ट्रॉन से मिलते है अथवा सन्धि को पार करके संग्राहक में पहुँच जाते है। आधार को पतला बनाया जाता है। जिससे अधिकांश कोटर अपने आपको आधार संग्राहक सन्धि के निकट पाते है, जिससे ये आधार सिरे की ओर न जाकर सन्धि को पार कर जाते है।




अभिनति वोल्टता : (a) p–n–p ट्रांजिस्टर (b) n–p–n ट्रांजिस्टर

**नोट:** अग्र–अभिनति के कारण उत्सर्जक आधार सन्धि से अधिक धारा प्रवेश करती है किन्तु अधिकांश भाग उत्क्रम अभिनति आधार संग्राहक सन्धि की ओर चला जाता है व आधार से निकलने वाली धारा प्रवेश करने वाली धारा का एक अल्प भाग ही रह जाता है। यदि हम सन्धि को पार करने वाली कोटर धारा व इलेक्ट्रॉन धारा को $I_h$ व $I_e$ से व्यक्त करें तो यह $I_E = I_h + I_e$ होगा किन्तु आधार धारा $I_B << I_h + I_e$ क्योंकि $I_E$ का अधिकांश भाग संग्राहक की ओर जाता है न कि आधार सिरे से निर्गत होता है। इस प्रकार आधार धारा उत्सर्जक धारा का अल्प भाग है।

उपर्युक्त वर्णन व चित्र (a) किरचॉफ के नियम से भी यह स्पष्ट है कि उत्सर्जक धारा, आधार धारा व संग्राहक धारा का योगफल है : $I_E = I_C + I_B$

हम जानते है कि $I_C$ $I_{E'}$

कोटरों की गति की दिशा पारम्परिक धारा की दिशा के समान है किन्तु इलेक्ट्रॉन की गति, धारा की दिशा के विपरीत है। इस प्रकार p–n–p ट्रांजिस्टर में धारा उत्सर्जक से आधार में प्रवेश करती है जबकि n–p–n ट्रांजिस्टर में यह आधार से उत्सर्जक में प्रवेश करती है। उत्सर्जक सिरे पर तीर की दिशा पारम्परिक धारा की दिशा दर्शाती है।

हम निष्कर्ष निकाल सकते है कि ट्रांजिस्टर की सक्रिय अवस्था में उत्सर्जक आधार सन्धि न्यून प्रतिरोध की भांति जबकि आधार संग्राहक सन्धि उच्च प्रतिरोध की भांति व्यवहार करती है।

ट्रांजिस्टर में केवल तीन सिरे होते है viz उत्सर्जक (E), आधार (B) व संग्राहक (C) । अतः परिपथ में (E, B व C) में से कोई एक सिरा निवेशी और निर्गत परिपथ में उभयनिष्ठ है। तदनुसार ट्रांजिस्टर निम्न में से किसी एक विन्यास में होगा :

## ट्रांजिस्टर की कार्य-प्रणाली (Working of Transistor)

(1) दो P-N संधियों (उत्सर्जक संधि एवं संग्राहक संधि) की अभिनति के चार संभव तरीके हैं।

**ट्रांजिस्टर के कार्य प्रणाली की विभिन्न अवस्थाऐं**

| **कार्यकारी अवस्था** | **उत्सर्जक आधार अभिनति** | **संग्राहक आधार अभिनति** |
|---|---|---|
| सक्रिय | अग्र | पश्च |
| संतृप्त | अग्र | अग्र |
| संस्तब्ध | पश्च | पश्च |
| व्युत्क्रम | पश्च | अग्र |

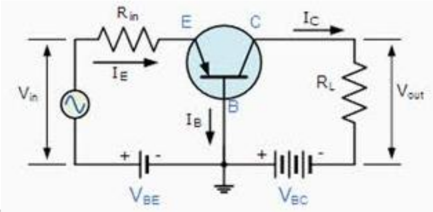
- **संतृप्त अवस्था** (Saturation mode) : अधिकतम संग्राहक धारा प्रवाहित होती है एवं ट्रांजिस्टर संग्राहक से उत्सर्जक सिरे तक एक बन्द स्विच की भांति कार्य करता है ।
- **अन्तक अवस्था** (Cut-off mode) : यह खुले स्विच की तरह कार्य करता है, जिसमें सिर्फ Leakage current बहती है।
- एक ट्रांजिस्टर अधिकांशतः सक्रिय अवस्था में कार्य करता है, अर्थात् उत्सर्जक आधार संधि अग्र अभिनति में और संग्राहक आधार संधि पश्च अभिनति में होती है।
- संधि ट्रांजिस्टर की कार्य प्रणाली में यह पाया गया कि जब उत्सर्जक परिपथ में धारा परिवर्तित होती है तो संग्राहक में भी संगत परिवर्तन होता है।
- ट्रांजिस्टर की प्रत्येक अवस्था में एक निवेश परिपथ एवं एक निर्गत परिपथ होता है, सामान्यतः प्रत्येक विद्युत राशि (V or I) निर्गत परिपथ में प्राप्त होती है जिसे निवेशी परिपथ से नियंत्रित किया जाता है।

## ट्रांजिस्टर के अभिलाक्षणिक वक्र Transistor Configurations

किसी ट्रांजिस्टर को एक परिपथ में तीन विभिन्न विन्यासों में प्रयुक्त किया जाता है।

उभयनिष्ठ आधार (CB), उभयनिष्ठ उत्सर्जक (CE) उभयनिष्ठ संग्राहक (CC) .

**(1) CB अभिलाक्षणिक वक्र :** जब आधार निवेशी एवं निर्गत परिपथ में उभयनिष्ठ हो, तब विभव एवं धारा के बीच खींचे गये वक्रों को ट्रांजिस्टर का CB अभिलाक्षणिक वक्र कहते हैं।



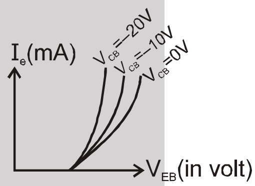

(i) निवेशी धारा = $I_e$

(ii) निवेशी वोल्टेज = $V_{EB}$

(iii) निर्गत वोल्टेज = $V_{CB}$ (iv) निर्गत धारा = $I_C$

उत्सर्जक आधार वोल्टेज $V_{EB}$, में अल्प वृद्धि करनें पर अल्प निवेशी प्रतिरोध के कारण उत्सर्जक धारा $I_e$ तेजी से बढ़ती है।

(v) **निवेशी अभिलाक्षणिक वक्र :** यदि $V_{CB}$ = नियत, तो $I_e$ एवं $V_{EB}$ के बीच खींचा गया ग्राफ निवेश अभिलाक्षणिक कहलाता है। इसे उत्सर्जक अभिलाक्षणिक वक्र भी कहते हैं।



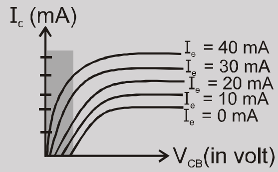

NPN ट्रांजिस्टर का निवेश अभिलाक्षणिक भी उपरोक्त चित्र के समान ही होता है, किन्तु इसके $I_e$ एवं $V_{EB}$ दोनों ऋणात्मक एवं $V_{CB}$ धनात्मक होता है।

ट्रांजिस्टर का गतिक निवेशी प्रतिरोध $R_i = \left(\frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_e}\right)_{V_{CB}=\text{constant}}$

{$R_i = 100\Omega$ की कोटि का}

**(vi) निर्गत अभिलाक्षणिक :** यदि उत्सर्जक धारा $i_e$ को नियत लें तब $I_C$ एवं $V_{CB}$ के मध्य खींचा गया ग्राफ CB विन्यास का निर्गत अभिलाक्षणिक कहलाता है।

गतिक निर्गत प्रतिरोध $R_0 = \left(\frac{\Delta V_{CB}}{\Delta i_C}\right)_{i_e=\text{constant}}$




**Note : CB प्रवर्धक की भांति ट्रांजिस्टर :**

(i) ac धारा लाभ $\alpha_c = \frac{\text{संग्राहक धारा में अल्प परिवर्तन } (\Delta i_c)}{\text{उत्सर्जक धारा में अल्प परिवर्तन } (\Delta i_e)}$

(ii) dc धारा लाभ $\alpha_{dc}$ (or $\alpha$) = $\frac{\text{संग्राहक धारा } (i_c)}{\text{उत्सर्जक धारा } (i_e)}$ $\Rightarrow \alpha_{dc}$ का मान 0.95 से 0.99

(iii) वोल्टेज लाभ $A_v = \frac{\text{निर्गत वोल्टेज में परिवर्तन } (\Delta V_0)}{\text{निवेशी वोल्टेज में परिवर्तन } (\Delta V_i)}$ $\Rightarrow A_v = \alpha_{ac} \times$ प्रतिरोध लाभ

(iv) शक्ति लाभ = $\frac{\text{निर्गत शक्ति में परिवर्तन } (\Delta P_0)}{\text{निवेशी शक्ति में परिवर्तन } (\Delta P_C)}$ $\Rightarrow$ शक्ति लाभ $= \alpha^2_{ac} \times$ प्रतिरोध लाभ

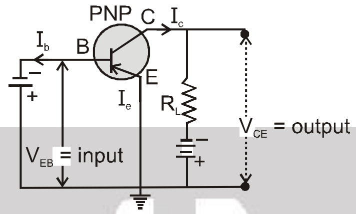
(v) कलान्तर (निवेशी तथा निर्गत के मध्य) : असमान कला

(vi) उपयोग : निम्न आवृति के लिए

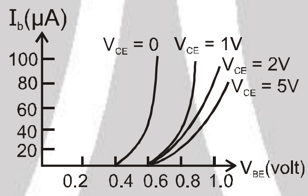
**उभयनिष्ठ उत्सर्जक (CE) :** ट्रांजिस्टर उभयनिष्ट उत्सर्जक विन्यास में सर्वाधिक प्रयुक्त होता है।

जब ट्रांजिस्टर उभयनिष्ठ उत्सर्जक अभिविन्यास में प्रयुक्त होता है तब आधार तथा उत्सर्जक के मध्य निवेशी तथा संग्राहक तथा उत्सर्जक के मध्य निर्गत प्राप्त होता है। आधार उत्सर्जक वोल्टेज $V_{BE}$ के साथ धारा $I_B$ का परिवर्तन निवेशी अभिलाक्षणिक कहलाता है। निर्गत अभिलाक्षणिक निवेशी अभिलाक्षणिक द्वारा नियंत्रित होता है। इसका अर्थ है कि संग्राहक धारा आधार धारा के साथ परिवर्तित होती है।

**CE अभिलाक्षणिक वक्र :** इसमें उत्सर्जक, आधार एवं संग्राहक दोनों के लिये उभयनिष्ठ होता है। उभयनिष्ठ उत्सर्जक परिपथ में धारा एवं वोल्टेज के बीच खींचे गए वक्रों को CE अभिलाक्षणिक वक्र कहते हैं।



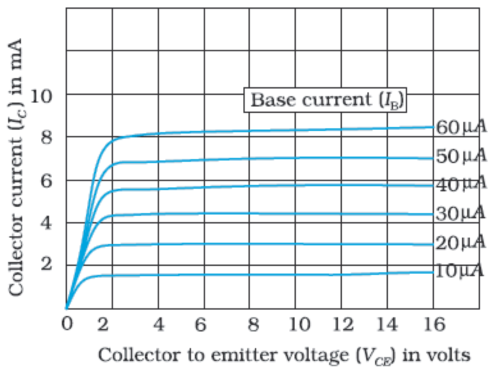

**निवेश अभिलाक्षणिक :** निवेश अभिलाक्षणिक आधार धारा $I_b$ एवं उत्सर्जक आधार वोल्टेज $V_{EB}$ के मध्य खींचा जाता है। जबकि संग्राहक उत्सर्जक वोल्टेज $V_{CE}$ नियत रहता है।




गतिक निवेशी प्रतिरोध $R_i = \left(\dfrac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}\to constant}$

**निर्गत अभिलाक्षणिक :** आधार धारा $I_B$ को नियत रखकर, संग्राहक धारा $I_c$ तथा संग्राहक उत्सर्जक वोल्टता $V_{CE}$ के बीच खींचे गये वक्र उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास के लिए संधि ट्रांजिस्टर के निर्गत अभिलाक्षणिक होते हैं। $V_{CE}$ का वह मान जिस तक $I_C$ का मान बदलता है, नी वोल्टेज (knee voltage) कहलाता है।

ट्रांजिस्टर नी वोल्टेज से अधिक वोल्टेज पर सक्रिय अवस्था में प्रचालित होता है।




गतिक निर्गत प्रतिरोध $R_0 = \left(\dfrac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B\to constant}$

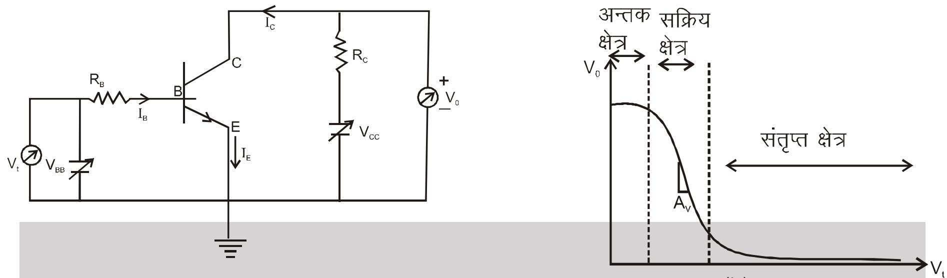
**(b) ट्रांजिस्टर युक्तियाँ :** ट्रांजिस्टर से अनेक युक्तियाँ बनाई जा सकती है जोकि इसके संयोजन विन्यास (CB, CC और CE) व E-B और B-C सन्धियों की अभिनति व क्रिया क्षेत्र (अन्तकक्षेत्र, सक्रिय क्षेत्र अथवा संतृप्त क्षेत्र) पर निर्भर करता ह।

जब ट्रांजिस्टर को अन्तकक्षेत्र एवं संतृप्त क्षेत्र में प्रयुक्त करते है तो यह कुंजी की भांति व्यवहार करता है। दूसरी ओर इसे आवर्धक के रूप में प्रयुक्त करने के लिए इसे सक्रिय क्षेत्र में प्रयुक्त करते है।

**(i) ट्रांजिस्टर कुंजी के रूप में :** ट्रांजिस्टर के कुंजी की भांति व्यवहार को समझने के लिए चित्रानुसार (a) CE विन्यास में ट्रांजिस्टर को लेंगे। इस परिपथ में निवेशी व निर्गत भाग में किरचॉफ का लूप नियम लगाने पर प्राप्त होगा

$V_{BB} = I_BR_B + V_{BE}$ तथा $V_{CE} = V_{CC} - I_CR_C$

अतः $V_i = I_BR_B + V_{BE}$ तथा $V_0 = V_{CC} - I_CR_C$




(a) (b)

$V_i$ जब शून्य से वृद्धिमान है तो देंखे $V_0$ में किस प्रकार का परिवर्तन हो रहा है। सिलिकॉन ट्रांजिस्टर में जब तक $V_i$, 0.6 V से कम है, तब तक ट्रांजिस्टर अन्तकक्षेत्र में रहेगा व $I_C$ धारा शून्य होगी। अतः $V_0 = V_{CC}$

जब $V_i$, 0.6 V से अधिक होता है, तब ट्रांजिस्टर सक्रिय अवस्था में होगा व बाह्य पथ में कुछ धारा $I_C$ होगी और निर्गत वोल्टता $V_0$ घटेगी क्योंकि पद $I_CR_C$ बढ़ रहा है। $V_i$ में वृद्धि से , $I_C$ लगभग रेखिक रूप से बढ़ेगा और $V_0$ रेखिक रूप से घटेगा जब तक कि इसका मान 1.0 V से कम नहीं हो जाता है।

इसके बाद परिवर्तन अरेखिक हो जाता है व ट्रांजिस्टर संतृप्त अवस्था में चला जाता है। $V_i$ में और वृद्धि से निर्गत वोल्टता घट कर शून्य की ओर अग्रसर होता है , किन्तु कभी भी शून्य नहीं हो पाती है। यदि $V_0$ एवं $V_i$ के मध्य वक्र खींचा जाए (चित्र b , में ट्रांजिस्टर का अभिलाक्षणिक वक्र ) तो पाएंगे कि अन्तक व सक्रिय अवस्था में और सक्रिय व संतृप्त अवस्था में कुछ क्षेत्र ऐसे होते है जहाँ अरैखिकता दर्शाती है कि अन्तक अवस्था से सक्रिय अवस्था में और सक्रिय अवस्था से संतृप्त अवस्था में परिवर्तन सटीकता से परिभाषित नहीं है।

जब तक $V_i$ कम है व ट्रांजिस्टर को अग्र–अभिनित करने में असमर्थ है तब तक $V_0$ उच्च होगा (=$V_{CC}$)। यदि $V_i$ ट्रांजिस्टर को शून्य के निकट सक्रिय करने के लिए पर्याप्त अधिक है। जब ट्रांजिस्टर चालन नहीं कर रहा है तो यह स्विच ऑफ कहलाता है। व जब यह संतृप्त अवस्था में है तो स्विच ऑन कहलाता है। यदि हम लघु (कम) या उच्च (अधिक) अवस्था को ट्रांजिस्टर की अंतक तथा संतृप्त अवस्था के तदनुरूपी स्तरों की किसी निश्चित वोल्टता से नीचे अथवा ऊपर के रूप में परिभाषित करें, तो हम यह कह सकते हैं कि कोई लघु निवेश ट्रांजिस्टर का स्विच ऑफ कर देता है जबकि उच्च निवेश ट्रांजिस्टर को 'स्विच ऑन' कर देता है। अन्य शब्दों में हम इसे इस प्रकार से भी कह सकते हैं कि **ट्रांजिस्टर को दिया गया लघु निवेश उच्च निर्गत प्रदान करता हे जबकि ट्रांजिस्टर को दिया गया उच्च निवेश लघु निर्गत प्रदान करता है।** ट्रांजिस्टर के स्विच परिपथ इस प्रकार डिजाइन किए जाते हैं कि ट्रांजिस्टर कभी भी सक्रिय अवस्था में नहीं रहता।

**(ii) ट्रांजिस्टर–प्रवर्धक के रूप में (CE-विन्यास) :** ट्रांजिस्टर को प्रवर्धक के रूप में प्रचालित करने के लिए यह आवश्यक है कि हम इसके प्रचालन बिंदु को इसके सक्रिय क्षेत्र के मध्य में कही पर नियत करे। यदि हम अंतरण वक्र के रैखिक भाग के मध्य के बिंदु के तद्नुरूपी $V_{BB}$ का मान नियत करें तब dc आधार धारा $I_b$ नियत होगी तथा संग्राहक धारा $I_c$ भी नियत होगी अतः dc वोल्टता $V_{CE} = V_{CC} - I_CR_C$ भी नियत रहेगी। $V_{CE}$ तथा $I_B$ के प्रचालन मान प्रवर्धक के प्रचालन बिन्दु को निर्धारित करते है। यदि आपूर्ति $V_{BB}$ के साथ श्रेणीक्रम में किसी सिग्नल के स्त्रोत को संयोजित करके $v_s$ आयाम की कोई लघु ज्यावक्रीय वोल्टता dc आधार बायस पर अध्यारोपित हो जाये जो निर्गत वोल्टता $V_0$ के मान में भी तदनुरूपी परिवर्तन उत्पन्न करेगें। बड़े संधारित्रों द्वारा dc वोल्टताओं को अवरूद्ध करके हम निवेश तथा निर्गत के सिरों पर ac परिवर्तनों को माप सकते है।

प्रवर्धक के उपरोक्त विवरण में हमने किसी ac सिग्नल पर विचार नहीं किया है। व्यापक रूप में प्रवर्धकों का उपयोग प्रत्यावर्ती सिग्नलों को प्रवर्धित करने के लिए किया जाता हे। मान लीजिए चित्र में दर्शाए अनुसार हम किसी ac निवेश सिग्नल $v_i$ (जिसे प्रवर्धित करना है) को बायस $V_{BB}$ (dc) पर अध्यारोपित करते हैं। निर्गत को संग्राहक तथा भू–सम्पर्कित टर्मिनल के बीच प्राप्त किया जाता है।

किसी भी प्रवर्धक की क्रियाविधि को सरलता से समझने के लिए पहले हम यह पाते हैं कि $v_i = 0$ तब निर्गत पाश पर किरचॉफ नियम का अनुप्रयोग करने पर, हमे प्राप्त होता है। $V_{CC} = V_{CE} + I_CR_L$

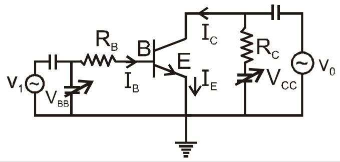
इसी प्रकार निवेशी पाश के लिए $V_{BB} = V_{BE} + I_BR_B$

जब $v_i$ शून्य नहीं हो, तो $V_{BE} + v_i = V_{BE} + I_BR_B + \Delta I_B (R_B + r_i)$

$V_{BE}$ में परिवर्तन को निवेश प्रतिरोध $r_i$ (समीकरण देखिए) तथा $I_B$ में परिवर्तन से संबद्ध किया जा सकता है। इस प्रकार

$$v_i = \Delta I_B (R_B + r_i) = r\Delta I_B$$

$I_B$ में परिवर्तन से $I_C$ में भी परिवर्तन होता है। हम समीकरण में परिभाषित प्राचल $\beta_{ac}$ की ही भांति प्राचल $\beta_{dc}$ को इस प्रकार परिभाषित करते है




$$\beta_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{i_c}{i_b}$$

इसे ac धारा लब्धि $A_i$ भी कहते हैं। प्रायः निर्गत अभिलक्षणिक के रैखिक क्षेत्र में $\beta_{ac}$ का मान $\beta_{dc}$ के निकट होता है। चूँकि $V_{CC}$ का मान नियत है। $I_B$ के कारण $I_C$ में परिवर्तन $V_{CE}$ तथा प्रतिरोध $R_L$ के सिरो पर विभवपात में परिवर्तन उत्पन्न करता है।

इन परिवर्तनों को समीकरण द्वारा इस प्रकार दर्शाया जा सकता है।

$$\Delta V_{CC} = \Delta V_{CE} + R_L\Delta I_C = 0 \qquad \text{या } \Delta V_{CE} = -R_L\Delta I_C$$

$V_{CE}$ में परिवर्तन निर्गत वोल्टता $v_0$ है। समीकरण से हमे प्राप्त होता है।

$$v_0 = \Delta V_{CE} = -\beta_{ac}R_L\Delta I_B$$

प्रवर्धक की वोल्टता लब्धि है $\quad A_v = \dfrac{v_0}{v_i} = \dfrac{\Delta V_{CE}}{r\Delta I_B} = -\dfrac{\beta_{ac}R_L}{r}$

ऋणात्मक चिन्ह यह निरूपित करता है कि **निर्गत वोल्टता कला में निवेश वोल्टता के विपरीत है।** ट्रांजिस्टर अभिलाक्षणिक की उपरोक्त व्याख्या में हमने यह पाया कि CE विन्यास में धारा लब्धि $\beta_{ac}$ होती है। इसमें हमने वोल्टता लब्धि $A_v$ भी देखी। अतः हम शक्ति लब्धि $A_p$ को धारा लब्धि तथा वोल्टता लब्धि के गुणनफल के रूप में व्यक्त कर सकते हैं। गणितीय रूप में $A_p = \beta_{ac} \times A_v$

चूंकि $\beta_{ac}$ तथा $A_v$ के मान 1 से अधिक हैं, अतः हमे ac शक्ति लब्धि प्राप्त होती है। तथापि हमें यह बोध होना चाहिए कि ट्रांजिस्टर कोई शक्ति जनन युक्ति नहीं है। निर्गत पर उच्च ac शक्ति के लिए आवश्यक ऊर्जा बैटरी द्वारा प्रदान की जाती है।

**Note: CE प्रवर्धक की भांति ट्रांजिस्टर :**

(i) ac धारा लाभ $\beta_{ac} = \left(\dfrac{\Delta i_C}{\Delta i_b}\right)_{V_{CE}=\text{नियतांक}}$ (ii) dc धारा लाभ $\beta_{dc} = \dfrac{i_c}{i_b}$

(iii) वोल्टेज लाभ : $A_v = \dfrac{\Delta V_0}{\Delta V_i} = \beta_{ac} \times$ प्रतिरोध लाभ (iv) शक्ति लाभ $= \dfrac{\Delta P_0}{\Delta P_i} = \beta^2_{ac} \times$ प्रतिरोध लाभ

(v) **अन्योन्य चालकता ($g_m$)** : निर्गत धारा (संग्राहक धारा) एवं निवेश वोल्टेज (आधार उत्सर्जक वोल्टेज) में परिवर्तन के अनुपात को अन्योन्य चालकता कहते हैं। अर्थात् $g_m = \dfrac{\Delta i_c}{\Delta V_{EB}}$. इसलिए $g_m = \dfrac{A_v}{R_L}$ ; $R_L$ = लोड प्रतिरोध

(v) कलान्तर (निवेशी तथा निर्गत के मध्य) : समान कला

(vi) उपयोग : उच्च आवृति के लिए

(iii) $\alpha$ एवं $\beta$ में सम्बन्ध : $\beta = \dfrac{\alpha}{1-\alpha}$ or $\alpha = \dfrac{\beta}{1+\beta}$

## Solved Examples

**Example 29.** यदि $i_E$, $i_C$ तथा $i_B$ क्रमशः उत्सर्जक, संग्राहक तथा आधार धारा को प्रदर्शित करते है, तो

(1) $i_C \approx i_E$ (2) $i_C > i_E$ (3) $i_B << i_E$ (4) $i_B >> i_E$

**Answer :** (1,3)

**Example 30.** उभयनिष्ट आधार आवर्धक ट्रांजिस्टर में निवेशी व निर्गत प्रतिरोध 500Ω व 40kΩ है तथा उत्सर्जक धारा 1.0mA है। निवेशी व निर्गत विभव ज्ञात कीजिए। $\alpha = 0.95$ दिया गया है।

**Solution :** निवेशी विभव, उत्सर्जक धारा व निवेशी प्रतिरोध के गुणनफल के तुल्य होता है। अर्थात

$V_{in} = i_E \times R_{in} = (1.0 \times 10^{-3}\ A) \times 500\Omega = 0.5\ V$

इसी प्रकार निर्गत विभव $V_{out} = i_C \times R_{out} = \alpha\, i_E \times R_{out}$

$= 0.95\ (1.0 \times 10^{-3}\ A) \times (40 \times 10^3\ \Omega) = 38\ V.$

**Example 31.** एक P–N–P ट्रांजिस्टर को उभयनिष्ट उत्सर्जक प्रकार के आवर्धक परिपथ में प्रयुक्त किया गया है। आधार धारा में 40μA के परिवर्तन से संग्राहक धारा में 2mA का परिवर्तन होता है व आधार उत्सर्जक विभव 0.04 V है। ज्ञात करिए।

(i) निवेशी प्रतिरोध ($R_{inp.}$), ओर (ii) आधार धारा का आवर्धन गुणांक (β).

यदि लोड प्रतिरोध 6kΩ है तब प्रवर्धक की वोल्टता लब्धि भी ज्ञात कीजिए।

**Solution :** दिया गया है $\Delta I_B = 40\mu A = 40 \times 10^{-6}\ A$

$\Delta I_C = 2mA = 2 \times 10^{-3}\ A$

$\Delta V_{BE} = 0.04$ volt, $R_L = 6k\Omega = 6 \times 10^3\,\Omega$

(i) निवेशी प्रतिरोध $R_{inp.} = \dfrac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} = \dfrac{0.04}{40 \times 10^{-6}} = 10^3\ \Omega = 1\ k\Omega$

(ii) धारा का आवर्धन गुणांक $\beta = \dfrac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \dfrac{2 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-6}} = 50$

(iii) उभयनिष्ट उत्सर्जक में वोल्टता लब्धि $A_v = \beta \dfrac{R_L}{R_{inp.}} = 50 \times \dfrac{6 \times 10^3}{1 \times 10^3} = 300.$

**Example 32.** N–P–N ट्रांजिस्टर में $10^{10}$ इलेक्ट्रांन उत्सर्जक में $10^{-6}$ s में प्रवेश करते है। आधार में 2% इलेक्ट्रोन हानि हो जाती है। धारा स्थानान्तरण अनुपात व धारा प्रवर्धन गुणांक ज्ञात करिए।

**Solution :** ज्ञातंव्य है कि धारा = आवेश / समय

उत्सर्जक धारा $I_E = \dfrac{Ne}{t} = \dfrac{10^{10} \times (1.6 \times 10^{-19})}{10^{-6}} = 1.6\ mA$

आधार धारा ($I_B$) $I_B = \dfrac{2}{100} \times 1.6 = 0.032\ mA$

ट्रांजिस्टर में $I_E = I_B + I_C$

$I_C = I_E - I_B = 1.6 - 0.032 = 1.568\ mA$

धारा स्थानान्तरण अनुपात $= \dfrac{I_C}{I_E} = \dfrac{1.568}{1.6} = 0.98$

धारा प्रवर्धन गुणांक $= \dfrac{I_C}{I_B} = \dfrac{1.568}{0.032} = 49.$

**Example 33.** जब ट्रांजिस्टर के उत्सर्जक व आधार के मध्य विभवान्तर 5 mV से परिवर्तित किया जाता है (संग्राहक वोल्टेज $V_{CE}$ को नियत रखते हुए) तो इसके उत्सर्जक की धारा 0.15 mA से परिवर्तित होती है। ट्राजिस्टर के निवेशी प्रतिरोध की गणना कीजिए।

**Answer :** 33.33 ohm

**Example 34.** एक ट्रांजिस्टर को एक प्रवर्धक परिपथ में उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में उपयोग किया जाता है। जब 20 mV का एक सिग्नल आधार उत्सर्जक वोल्टेज में जोड़ा जाता है तो आधार धारा 20μA से परिवर्तित होती है एवं संग्राहक धारा 2 mA से परिवर्तित होती है। लोड प्रतिरोध 5 kΩ है। गणना कीजिए (a) β गुणांक (b) निवेशी प्रतिरोध $R_{BE'}$ (c) अन्योन्य चालकता (transconductance) (d) वोल्टता लाभ

**Solution :** (a) $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{2\ \ mA}{20\mu A} = 100$

(b) निवेशी प्रतिरोध $R_{BE} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{20\ \ mV}{20\ \ \mu A} = 1k\Omega$

(c) अन्योन्य चालकता $= \frac{\Delta I_c}{\Delta V_{BE}} = \frac{2mA}{20mV} = 0.1$ mho.

(d) निर्गत वोल्टेज में परिवर्तन $R_L\, \Delta I_c$ है। = (5 kW) (2mA) = 10V.

आरोपित सिग्नल वोल्टज = 20 mV.

वोल्टता लब्धि $= \frac{10V}{20mV} = 500.$

**Example 35.** एक ट्रांजिस्टर का a-c धारा लाभ β= 19 है। इसके उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में 0.4 mA की आधार धारा में परिवर्तन के लिए संग्राहक धारा में परिवर्तन क्या होगा ? उत्सर्जक धारा में परिवर्तन क्या होगा ?

**Solution :** परिभाषा से a-c धारा लाभ β निम्न प्रकार दिया जाता है।

$\beta\ (a\text{-}c) = \frac{\Delta_{iC}}{\Delta_{iB}}$ $\quad\therefore\quad \Delta_{ic} = \beta \times \Delta_{iB} = 19 \times 0.4\ mA = 7.6\ mA.$

उत्सर्जक धारा, आधार धारा व संग्राहक धारा का योग है। ($i_E = i_B + i_C$)

$\therefore \quad \Delta_{iE} = \Delta_{iB} + \Delta_{iC} = 0.4\ mA + 7.6\ mA = 80\ mA.$

**Example 36.** एक ट्रांजिस्टर को उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में जोड़ा जाता है। संग्राहक पर सप्लाई वोल्टेज 8 V है एवं संग्राहक परिपथ में एक 800 Ω के प्रतिरोध पर विभवान्तर 0.5 V है। यदि धारा लाभ गुणांक (α) 0.96 है तो आधार धारा ज्ञात कीजिए।

**Solution :** प्रत्यावर्ती धारा (a-c) लाभ है $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.96}{1-0.96} = 24$

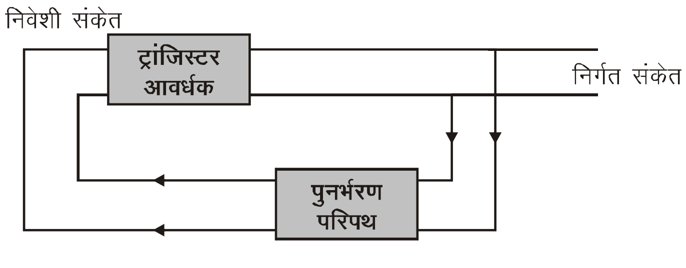
संग्राहक धारा है $i_C = \frac{\text{संग्राहक प्रतिरोध पर विभवान्तर}}{\text{प्रतिरोध}} = \frac{0.5V}{800\Omega} \times 10^{-3}$ A.

परन्तु β = , जहां $i_B$ आधार धारा है।

$\therefore \quad i_B = \frac{i_C}{\beta} = \frac{0.625 \times 10^{-3}\,A}{24} a = 26 \times 10^{-6}\ A - 26\ \mu A.$

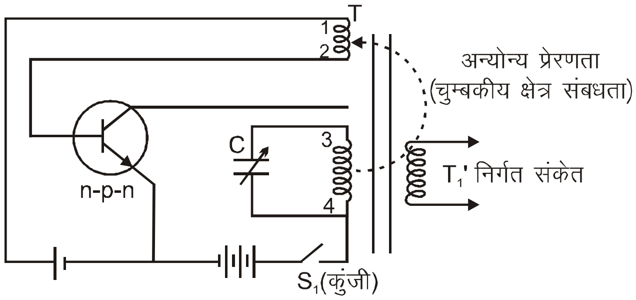
## 8. पुनर्भरण आवर्धक व ट्रांजिस्टर दोलित्र :

दोलित्र में, बिना किसी निवेशी संकेत के प्रत्यावर्ती निर्गत संकेत प्राप्त होते है। निर्गत शक्ति का एक भाग कला संबधता के साथ पुनः निवेशित किया जाता है (यह प्रक्रिया धनात्मक पुनर्भरण कहलाता है) चित्र (a) के अनुसार ऐसा पुनर्निवेशन प्रेरणीय संबधता से LC परिपथ से प्राप्त हो सकता है।



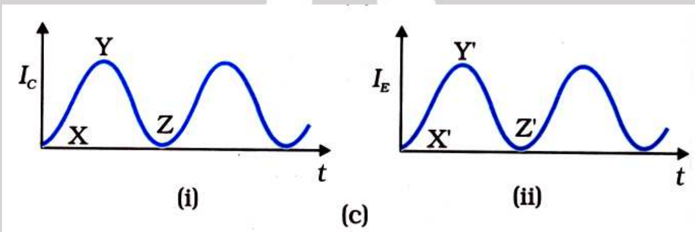

(a)

जब $S_1$ कुंजी को सम्पर्कित करते है तो ट्रांजिस्टर में संग्राहक धारा अचानक से बहने लगेगी। यह धारा कुण्डली $T_2$ से बहेगी जिसके सिरे 3 व 4 अंकित है। (चित्र b).




(b)

चित्र (C) में दर्शाये अनुसार धारा तत्काल आयाम मान प्राप्त नहीं करती है, किन्तु यह X से Y तक बढ़ती है। $T_2$ व $T_1$ कुण्डिलयों में प्रेरणीय सम्बन्धता से उत्सर्जक परिपथ में धारा बहने लगती है। (यह वास्तव में निवेशी से निर्गत को पुनर्निवेशन है)। इस धनात्मक पुनर्निवेशन के परिणामस्वरूप यह धारा ($T_1$ में उत्सर्जक धारा) भी X' से Y' तक बढ़ती है। चित्र (C) (ii)




(c)

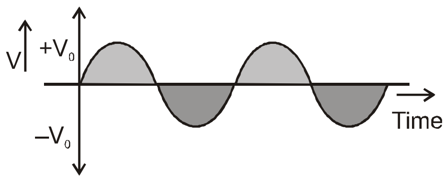
जब ट्रांजिस्टर संतृप्तता प्राप्त करता है तो $T_2$ (संग्राहक धारा) जोकि संग्राहक परिपथ से जुड़ा हुआ है, में धारा मान Y प्राप्त करती है अर्थात् अधिकतम संग्राहक धारा प्रवाहित हो रही है और इसका मान अब नहीं बढ़ सकता है। चूंकि संग्राहक धारा में कोई परिवर्तन नहीं होगा, तो $T_2$ के इर्द–गिर्द चुम्बकीय क्षेत्र की वृद्धि भी रूक जाती है। ज्योंही क्षेत्र स्थिर होता है, त्यों ही $T_2$ से $T_1$ को पुनर्निवेशन भी रूक जाता है। इससे उत्सर्जक धारा में कमी आने लगती है। परिणामस्वरूप संग्राहक धारा घटती है और $T_2$ के इर्द–गिर्द चुम्बकीय क्षेत्र क्षयित होता है। इस प्रकार $T_1$ से $T_2$ के क्षेत्र में क्षय होता है (प्रारम्भिक अवस्था के विपरीत, जब यह क्षेत्र बढ़ रहा था) इससे ओर ज्यादा कमी आती है और $I_E$ व $I_C$ का प्रवाह रूक जाता है। परिणामस्वरूप ट्रांजिस्टर अपनी प्रारम्भिक अवस्था में आ जाता है। (जब ट्रांजिस्टर को पहली बार स्विच ऑन किया गया था) यह पूरी प्रक्रिया बार–बार दोहरायी जाती है। ट्रांजिस्टर पहले संतृप्त अवस्था में, फिर अन्तकक्षेत्र में व फिर पुनः संतृप्त अवस्था में आता है। इस परिपथ का आवर्तकाल टैंक परिपथ के प्राचलों ($T_2$ कुण्डली का प्रेकरकत्व L व समान्तर संधारित्र C का मान) पर निर्भर करता है। इस टैंक परिपथ की अनुनादी आवृत्ति ($\upsilon$) दोलित्र की आवृत्ति होती है।

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

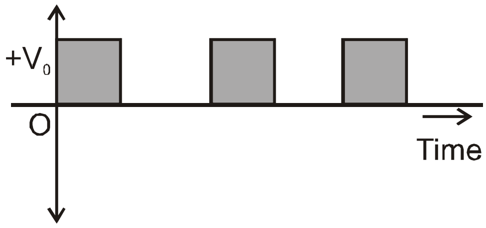
## 9. अनुरूप एवं अंकीय परिपथ (Analog and Digital Circuits):

इलेक्ट्रॉनिक परिपथ दो प्रकार के होते हैं : (a) अनुरूप परिपथ (b) अंकीय परिपथ

**(a) अनुरूप सिग्नल :** वह सिग्नल जो समय के साथ वोल्टेज के सतत् परिवर्तन को दर्शाता है अनुरूप सिग्नल कहलाता है।



**(b) अंकीय संकेत :** ऐसे संकेत जिनके केवल 2 विविक्त मान हो सकते है, अंकीय संकेत कहलाते हैं।




एक संकेत जिसके केवल वोल्टेज (या धारा) के दो स्तर होते है, अंकीय संकेत कहलाते है। चित्र एक जटिल अंकिय संकेत को प्रदर्शित करता है जिसमें किसी समय पर वोल्टेज 0 या 5V वोल्ट होता है।

अंकीय परिपथ में दिआधारी संख्या निकाय प्रयुक्त होता है, जिसके अनुसार संकेत के दो स्तर को 0 तथा 1 द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। अंकीय परिपथ केलकुलेटर, कम्प्यूटर इत्यादि का आधार होता है।

## 10. तार्किक या लॉजिक द्वार (Logic Gates) :

तार्किक या लॉजिक द्वार अंकरूप परिपथों के आधारभूत भाग है। एक तार्किक द्वार ऐसा तर्क संगत परिपथ होता है जिसमें एक या अधिक निवेशी टर्मिनल किन्तु केवल एक निर्गत टर्मिनल होता है।

गेट एक ऐसा अंकीय परिपथ (digital circuit) होता है जो निवेशी तथा निर्गत वोल्टताओं के बीच किसी निश्चित तार्किक संबंध का पालन करता है। इसीलिए व्यापक रूप में इन्हें लॉजिक गेट कहते हैं। गेट कहने का कारण यह है कि ये सूचना के प्रवाह को नियंत्रित करते हैं। व्यापक रूप में उपयोग किए जाने वाले पाँच लॉजिक गेट NOT, AND, OR, NAND तथा NOR हैं। प्रत्येक लॉजिक गेट को किसी प्रतीक द्वारा इंगित करते हैं तथा इसके प्रकार्य को एक सत्यमान सारणी द्वारा परिभाषित किया जाता है जो सभी संभव निवेशी तर्क स्तर संयोजनों तथा उनके अपने–अपने निर्गत तर्क स्तरों को दर्शाती है। सत्यमान सारणी लॉजिक गेटों के व्यवहार को समझने में सहायता करती है। इन लॉजिक गेटों को अर्द्धचालक युक्तियों का उपयोग करके बनाया जा सकता है।

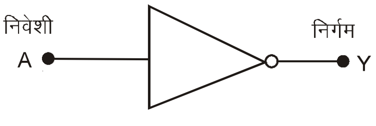
**(a) NOT Gate :** यह एक ऐसा तार्किक द्वार हैं जिसमें केवल एक ही निवेश तथा केवल एक ही निर्गत होता है तथा निर्गत पर निवेशी की विपरीत अवस्था होती है। दूसरे शब्दों में निर्गत, निवेशी का नकार (Negation) होता है अर्थात् यदि निवेशी 1 अवस्था है तो निर्गत 0 अवस्था में होगा अथवा निवेशी 0 होने पर निर्गत 1 होगा। इस कारण इसे प्रतिलोमक (inverter) भी कहा जाता है। यहाँ निवेशी A निर्गत Y से निम्न बूलीयन व्यंजक द्वारा संबन्धित है।

$\overline{A} = Y$ ,

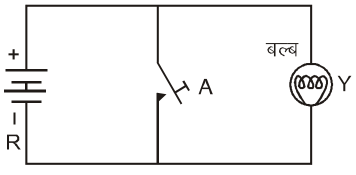
$\overline{A}$ का अर्थ है NOT A (अतः A = 0 होने पर Y = $\overline{0}$ = 1 व A = 1 होने पर $Y = \overline{1} = 0$)। नॉट संक्रिया को चित्र में दिखाये विद्युतीय परिपथ जिसमें निर्गम (बल्ब) के समान्तर क्रम में एक स्विच जुड़ा है, से समझाया जा सकता है। परिपथ की कार्यप्रणाली निम्नानुसार है।

यदि स्विच A खुला (A = 0 ) तब बल्ब चमकेगा (Y = 1)

जब स्विच A बंद (A = 1) है तब बल्ब नही चमकेगा (Y = 0)




(a)




(b)

सत्यमान सारणी

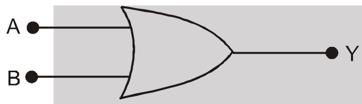
| A | $Y=\overline{A}$ |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

(c)

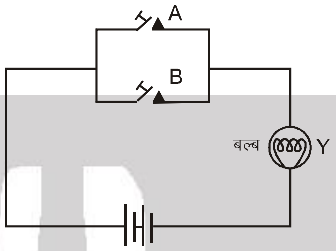
**(b) OR Gate :** यह ऐसा तार्किक द्वार है जिसमें दो या अधिक निवेश (inputs) तथा केवल एक निर्गत (output) होता है तथा किसी भी एक निवेश के उच्च (1) होने पर निर्गत भी उच्च (1) प्राप्त होता अर्थात् इस प्रकार के द्वार में जब कोई एक या अधिक निवेश टर्मिनल पर संकेत बिट 1 द्वारा निरूपित अवस्था में हैं तो निर्गत भी बिट् 1 द्वारा निरूपित अवस्था में होता है। यदि सभी निवेशी (0) अवस्था है तब निर्गत भी शून्य (0) अवस्था में होगा।

एक द्वि–निवेशी OR द्वार (two input OR gate) के लिये यदि दो निवेशी क्रमशः A व B व निर्गत को Y द्वारा व्यक्त किया जाये तो इस द्वार के संगत बूलीयन व्यंजक

A + B = Y,



(a)



(b)

सत्यमान सारणी

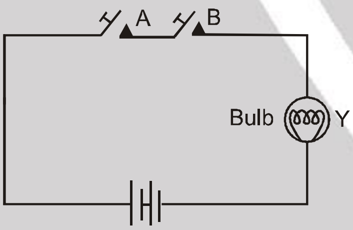
| A | B | Y= A+ B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(c)

द्वारा दिया जाता है। यहाँ A व B के मध्य + चिन्ह ओर संक्रिया (OR operation) को व्यक्त करता है। A + B = Y का अर्थ है कि Y, A OR B के बराबर है। A व B क्योंकि द्वि आधारी चर है, अतः A = 0, तथा B = 0, 1 ही हो सकते हैं।

**(c) AND Gate :** ऐन्ड द्वार में दो या अधिक निवेशी तथा एक निर्गत होता है तथा इसमें निर्गत 1 तभी प्राप्त होता जब सभी निवेशी एक ही समय पर 1 अवस्था में हों। एक द्वि निवेशी AND द्वार जिसमें A व B निवेशी व Y निर्गत को व्यक्त कर रहा है, के लिये बूलीयन व्यंजक A.B = Y द्वारा दिया जाता है। यह ऐन्ड संक्रिया (AND operation) को व्यक्त करता है। उपरोक्त बूलीयन समीकरण का अर्थ है कि Y, A AND B के बराबर है।

(a)



(b)

सत्यमान सारणी

| A | B | Y= A. B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

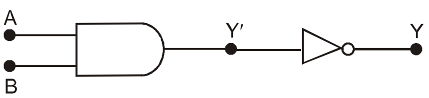
(c)

इस प्रकार AND द्वार में यदि किसी निवेश की बिट 0 है तो निर्गम की बिट भी 0 प्राप्त होगी।

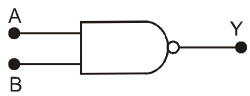
## गेटों का संयोजन :

जब तीन मूल द्वार (OR, AND तथा NOT) को एक दुसरे से अलग – अलग प्रकार से संयोजित करते है तो यह नये तर्क द्वार NAND, NOR, गेट (द्वार) बनाते हैं। NAND एवं NOR द्वार को सार्वत्रिक गेट भी कहते हैं क्योंकि इन गेटों के प्रयोग से अन्य मूलभूत गेट जैसे OR, AND तथा NOT प्राप्त कर सकते हैं।

**(i) NAND Gate :** यह तर्क द्वार एक ऐन्ड द्वार के श्रेणी क्रम में नॉट द्वार जोड़ कर बनाया जाता है जैसा कि चित्र में प्रदर्शित किया गया है। इस तर्क द्वार में दो या अधिक निवेश होते हैं एवं एक निर्गम निम्न (0) केवल तब होता है जब सभी निवेश उच्च (1) होते हैं। एक द्विनिवेशी नेन्ड द्वार का प्रतीक चित्र में दिखाया गया है।



(a)



(b)

नेन्ड द्वार में क्योंकि ऐन्ड द्वार का निर्गम A.B नॉट द्वार के लिये निवेशी है जो इसके द्वारा प्रतिलोमित कर दिया जाता है। अतः नेन्ड द्वार के निर्गम को निवेशी से निम्न प्रकार संबन्धित किया जाता है।

$\overline{A \cdot B} = Y$

इस तार्किक द्वार के लिये सत्यता सारिणी निम्नानुसार होगी।

| A | B | Y′ (= A. B) | Y (= $\overline{A.B}$) = $\overline{Y'}$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

⇒

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

**(ii) NOR Gate :** यह एक ऐसा तार्किक द्वार है जो एक OR द्वार के श्रेणी क्रम में एक NOT द्वार लगा कर प्राप्त किया जाता है। नॉर द्वार में दो या अधिक निवेशी हो सकते हैं पर निर्गम केवल एक ही होता है। एक द्विनिवेशी नॉर द्वार का प्रतीक चिन्ह चित्र में दिखाया गया है। जिसमें निर्गत पर बुलबुला (bubble) लगा रहता है।

इस द्वार के लिये बूलीयन व्यंजक $\overline{A + B} = Y$ दिया जाता है। इसके लिये सत्यता सारिणी निम्न है।

| A | B | Y′ (= A+B) | Y (= $\overline{A+B}$) = $\overline{Y'}$ |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

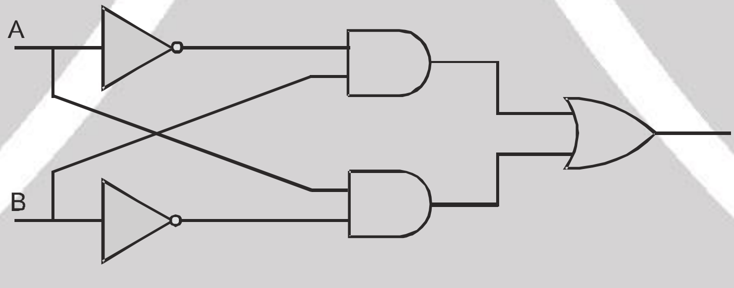
⇒

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

इस सारिणी से स्पष्ट है कि NOR द्वार में सभी निवेशी निम्न (0) होने पर ही निर्गम उच्च (1) होता है।

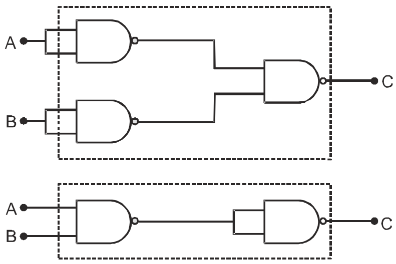
**(iii) XOR द्वार (XOR Gate) :** XOR द्वार के लिए बूलियन व्यंजक निम्न प्रकार दिया जाता है

Y = $A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$




## Solved Miscellaneous Problems

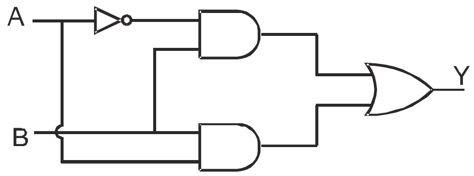
**Problem 1.** नीचे दिखाये गये 'NAND' द्वारों का संयोजन तुल्य है-




(1) क्रमशः OR द्वार तथा AND द्वार
(2) क्रमशः AND द्वार तथा NOT द्वार
(3) क्रमशः AND द्वार तथा OR द्वार
(4) क्रमशः OR द्वार तथा NOT द्वार

**Answer :** (1)

**Problem 2.** निम्न के लिए सत्यता सारणी होगी




(1)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

(2)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

(3)

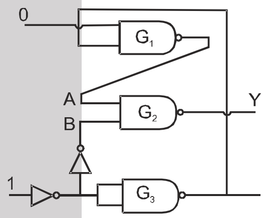
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

(4)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

**Answer.** (2)

**Problem 3.** निम्न चित्र में Y का मान होगा




(1) शून्य

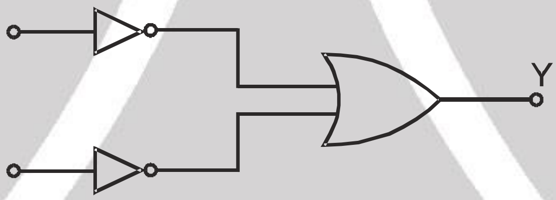
(2) 1

(3) 0 तथा 1 के मध्य परिवर्ती

(4) गणना नही कर सकते क्योंकि परिपथ को नहीं समझाया जा सकता ।

**Answer :** **(1)**

**Problem 4.** निम्न तार्किक द्वार परिपथ के लिए निर्गत Y होगा




(1) AB (2) $\bar{A}\cdot\bar{B}$ (3) $\overline{A+B}$ (4) $\overline{A\cdot B}$

**Answer :** (4)

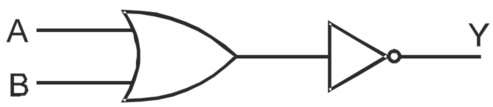
**Problem 5.** दिये गये चार द्वारों में से कौनसा द्वार सत्यता सारणी के लिए सही है

| A | B | X |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 |

(1) OR (2) NAND (3) XOR (4) NOR

**Answer :** (4)

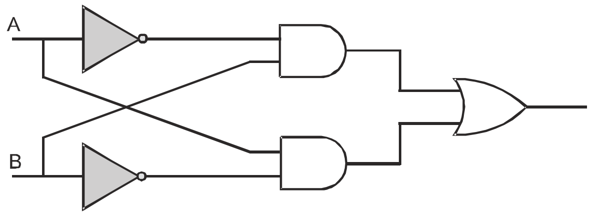
**Problem 6.** दिया गया परिपथ कौनसे द्वार (gate) के लिए उपयोग होता है-




(1) NOR (2) NAND (3) NOT (4) XOR

**Answer :** (1)

**Problem 7.** निम्न सत्य सारणी कौनसे तार्किक द्वार परिपथ के लिए है




(1)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(2)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

(3)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

(4)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

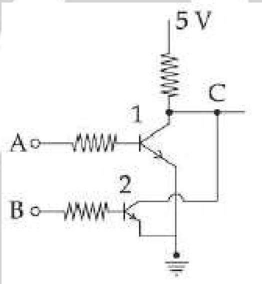
**Answer :** (2)

**Solution :** यह एक XOR द्वार भी कहलाता है, इसके लिए बुलियन समीकरण निम्न है

$Y = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$

## JEE (Main) ONLINE QUESTIONS

**1.** प्रदर्शित चित्र के अनुसार दो npn ट्रांजिस्टर की कल्पना कीजिए। यदि 0 वोल्ट, असत्य को तथा 5 वोल्ट, सत्य को प्रदर्शित करे तो C पर निर्गत होगा **[JEE (Main) 2013_ONLINE TEST]**




(1) A NAND B (2) A OR B (3) A AND B (4) A NOR B

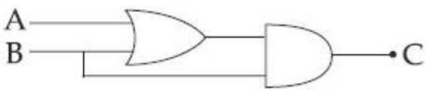
**Ans.** **(1)**

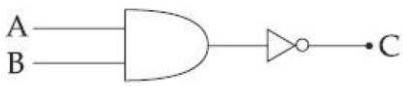
**Sol.** यह NAND गेट के तुल्य है।

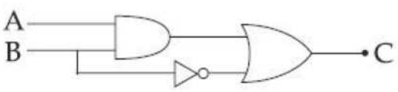
| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

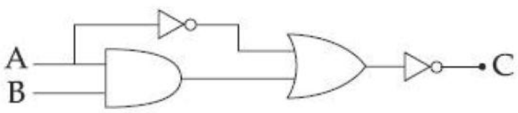
**2.** प्रदर्शित सत्य सारणी को निम्नलिखित में से कौनसा परिपथ प्रदर्शित करता है ? **[JEE (Main) 2013_ONLINE TEST]**

| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

(1) 

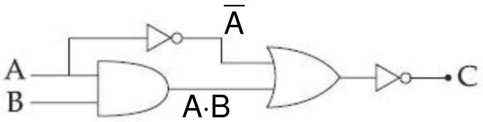

(2) 


(3) 


(4) 

**Ans.** (4)

**Sol.**

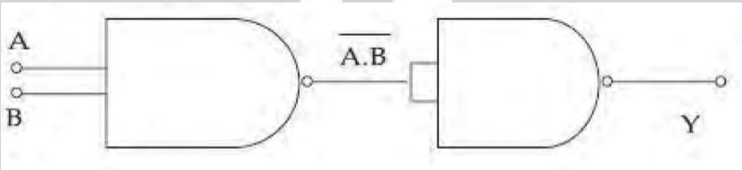



$C = \overline{\overline{A} + A \cdot B} = A \cdot (\overline{A \cdot B}) = A \cdot (\overline{A} \cdot \overline{B}) = A \cdot \overline{A} + A\overline{B}$

$C = A\overline{B}$

| A | B | C |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

**3.** प्रदर्शित गेट की पहचान करते हुए A, B, Y के मानों को सुमेलित कीजिए। **[JEE (Main) 2014_ONLINE TEST]**




(1) Not (A = 1, B = 1, Y = 1)
(2) OR (A = 1, B = 0, Y = 0)
(3) XOR (A = 0, B = 0, Y = 0)
(4) AND (A = 1, B = 1, Y = 1)

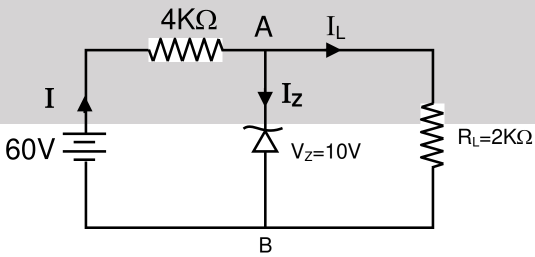
**Ans.** (4)

**4.** एक n-p-n ट्रांजिस्टर के तीन संयोजन तार A, B तथा C है। B तथा C को गिली अगुलियों की सहायता से जोड़ा जाता है। A को अमीटर के धनात्मक सिरे से तथा C को अमीटर के ऋणात्मक सिरे से जोड़ा जाता है तथा दीर्घ विक्षेप प्राप्त होता है। तो A, B तथा C किसकों प्रदर्शित करेगें **[JEE (Main) 2014_ONLINE TEST]**

(1) आधार, उत्सर्जक तथा संग्राहक
(2) उत्सर्जक, आधार तथा संग्राहक
(3) संग्राहक, उत्सर्जक तथा आधार
(4) आधार, संग्राहक तथा उत्सर्जक

**Ans.** (2)

**5.** जेनर डायोड़ को एक बैट्री तथा लोड़ से चित्रानुसार जोड़ा जाता है, तो धाराऐं I, $I_Z$ तथा $I_L$ क्रमशः होगी **[JEE (Main) 2014_ONLINE TEST]**




(1) 12.5 mA, 5mA, 7.5 mA
(2) 15mA, 7.5 mA, 7.5 mA
(3) 15mA, 5mA, 10mA
(4) 12.5 mA, 7.5 mA, 5 mA

**Ans.** (4)

**6.** एक प्रकाश उत्सर्जक डायोड़ (LED) विद्युत चुम्बकीय प्रकाश के दृश्य क्षेत्र को उत्सर्जित करता है, तो इसके लिए ऊर्जा अन्तराल की परास होनी चाहिए। **[JEE (Main) 2014_ONLINE TEST]**

(1) 0.9 eV से 1.6 eV
(2) 0.1 eV से 0.4 eV
(3) 1.7 eV से 3.0 eV
(4) 0.5 eV से 0.8 eV

**Ans.** (3)

**7.** एक अअभिनत (unbiased) n-p सन्धि में इलेक्ट्रॉन n-क्षेत्र से p-क्षेत्र की ओर विसरित होते है, क्योंकि

**[JEE (Main) 2015_ONLINE TEST]**

(1) इलेक्ट्रॉन विभवान्तर के कारण सन्धि को पार कर जाते है।

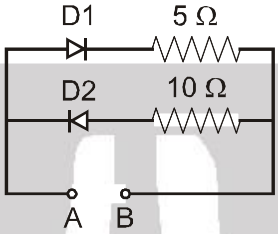
(2) n-क्षेत्र में इलेक्ट्रॉनों की सान्द्रता p-क्षेत्र की तुलना में अधिक होती है।

(3) इलेक्ट्रॉन केवल n से p क्षेत्र की ओर गति करते है, परन्तु इसका व्युत्क्रम सही नहीं है।

(4) p-क्षेत्र में उपस्थित कोटर (Hole) इनको आकर्षित करते है।

**Ans.** **(2)**

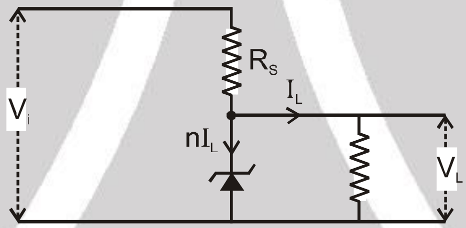
**8.** एक 2V की बैट्री AB के सिरों पर चित्रानुसार जुड़ी हुई है। बैट्री से प्रवाहित धारा निम्न दो स्थितियों में क्या होगी जब पहली स्थिति में बैट्री का धनात्मक टर्मिनल A से जुड़ा हो तथा दूसरी स्थिति में बैट्री का धनात्मक टर्मिनल B से जुड़ा हो




(1) 0.4 A तथा 0.2 A (2) 0.2 A तथा 0.4 A (3) 0.1 A तथा 0.2 A (4) 0.2 A तथा 0.1 A

**Ans.** **(1)**

**9.** चित्र में प्रदर्शित DC वोल्टेज, रेगुलेटर में आवश्यक प्रतिरोध $R_S$ का मान होगा




(1) $\frac{(V_i - V_L)}{(n+1)I_L}$ (2) $\frac{(V_i + V_L)}{(n+1)I_L}$ (3) $\frac{(V_i - V_L)}{n\ \ I_L}$ (4) $\frac{(V_i + V_L)}{n\ \ I_L}$

**Ans.** **(1)**

**10.** एक अज्ञात ट्रांजिस्टर की पहचान npn या pnp प्रकार के ट्रांजिस्टर के रूप में करनी है। +ve तथा –ve टर्मिनल युक्त एक अमीटर का प्रयोग ट्रांजिस्टर के भिन्न–भिन्न सिरों के मध्य प्रतिरोध ज्ञात करने में किया जाता है। यदि टर्मिनल 2 ट्रांजिस्टर का आधार हो तो pnp ट्रांजिस्टर के लिए निम्न में से कौनसा विकल्प सही है ?

(1) +ve टर्मिनल 3, –ve टर्मिनल 2, उच्च प्रतिरोध (2) +ve टर्मिनल 2, –ve टर्मिनल 3, निम्न प्रतिरोध

(3) +ve टर्मिनल 1, –ve टर्मिनल 2, उच्च प्रतिरोध (4) +ve टर्मिनल 2, –ve टर्मिनल 1, उच्च प्रतिरोध

**Ans.** **(4)**

**11.** जेनर डायोड़ के I - V अभिलाक्षणिक वक्र ज्ञात करने के लिए एक प्रयोग किया जाता है। जेनर डायोड़ का सुरक्षात्मक प्रतिरोध R =100Ω तथा अधिकतम शक्ति उत्सर्जन 1W है। परिपथ में DC स्त्रोत की वोल्टेज परास होगी

(1) 0 – 12V (2) 0 – 5V (3) 0 – 24 (4) 0 – 8V

**Ans.** **(3)**

**12.** चित्र में प्रदर्शित सत्य सारणी प्रदर्शित करती है।

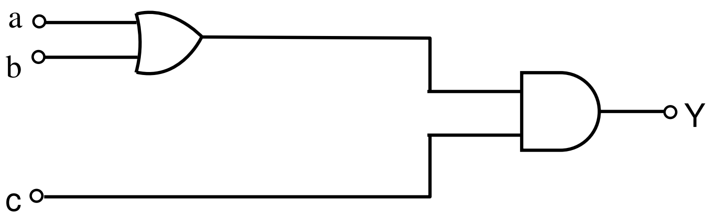
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

(1) AND - Gate (2) OR - Gate (3) NOR - Gate (4) NAND – Gate

**Ans.** **(2)**

**Sol.** सत्य सारण से सिद्ध कर सकते है।

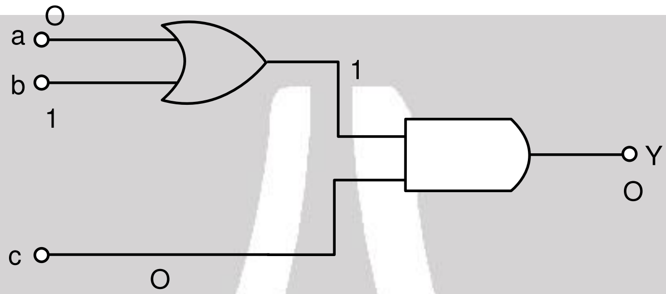
**8.** चित्र में प्रदर्शित परिपथ से 1 निर्गत के लिए निवेशी के मान होने चाहिए।




(1) a =1, b =1, c = 0 (2) a =1, b =0, c = 0 (3) a =0, b = 0, c = 1 (4) a =1, b =0, c = 1

**Ans** **(4)**

**Sol.** विकल्पों को एक के बाद एक जाँचने पर




हम देखते है कि c = 1

तथा OR गेट का निर्गत भी 1 प्राप्त होता है।

# Exercise-1

✎ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।

## वस्तुनिष्ठ प्रश्न (OBJECTIVE QUESTIONS)

**खण्ड (A) : ऊर्जा बैण्ड**

**A-1.** चालक, अर्द्धचालक और कुचालक में वर्जित ऊर्जा बैण्ड क्रमशः $EG_1$, $EG_2$ तथा $EG_3$ है। इनमें सम्बन्ध होता है
(1) $EG_1 = EG_2 = EG_3$ (2) $EG_1 < EG_2 < EG_3$
(3) $EG_1 > EG_2 > EG_3$ (4) $EG_1 < EG_2 > EG_3$

**A-2.** फर्मी ऊर्जा है-
(1) 0 K ताप पर धातुओं में इलेक्ट्रॉनों की न्यूनतम् ऊर्जा
(2) 0°C ताप पर धातुओं में इलेक्ट्रॉनों की न्यूनतम् ऊर्जा
(3) 0 K ताप पर धातुओं में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम् ऊर्जा
(4) 0°C ताप पर धातुओं में इलेक्ट्रॉनों की अधिकतम् ऊर्जा

**A-3.** निम्न में कौन सा कथन सत्य है-
(1) अचालकों में चालन बैण्ड पूर्णतया खाली होता है
(2) चालकों में चालन बैण्ड पूर्णतया खाली होता है
(3) कम ताप पर अर्द्धचालकों में चालन बैण्ड आंशिक खाली होते है
(4) अचालकों में चालन बैण्ड इलेक्ट्रॉनों से पूर्णतया भरा होता है

**A-4.** निम्न में से कौनसा कथन सत्य है-
(1) परमशून्य ताप पर अर्द्धचालक, चालक की भांति व्यवहार करता है
(2) अर्द्धचालकों में ऊर्जा अन्तराल अचालकों की अपेक्षा अधिक होता है
(3) ताप बढ़ाने पर अर्द्धचालक का प्रतिरोध बढ़ता है
(4) ताप बढ़ाने पर अर्द्धचालक का प्रतिरोध घटता है

**A-5.** 0 K पर संयोजी बैण्ड है –
(1) पूर्णतया भरा (2) पूर्णतया खाली (3) आंशिक भरा (4) कुछ नहीं कहा जा सकता

**A-6.** T केल्विन ताप पर अर्द्धचालक के चालन बैण्ड में मुक्त इलेक्ट्रॉन का घनत्व (n), $E_g$ व T के पदों में है-
(1) $n = ATe^{-Eg/kT}$ (2) $n = AT^2e^{-Eg/kT}$ (3) $n = AT^2e^{-Eg/2kT}$ (4) $n = AT^{3/2}e^{-Eg/2kT}$

**A-7.** अर्धचालक में विद्युत चालन की प्रक्रिया निम्न के कारण होती है
(1) केवल इलेक्ट्रॉन (2) केवल कोटर के कारण
(3) इलेक्ट्रॉन तथा कोटर के कारण (4) न तो इलेक्ट्रॉन तथा न कोटर के कारण

**A-8.** एक विद्युत क्षेत्र अर्धचालक पर आरोपित किया जाता है। माना आवेश वाहकों की संख्या n तथा औसत अपवहन चाल v है। यदि ताप बढ़ाया जाये तो
(1) n तथा v दोनों बढ़ेगें (2) n बढ़ेगा किन्तु v घटेगा
(3) v बढ़ेगा किन्तु n घटेगा (4) n तथा v दोनों घटेगी

**A-9.**✎ मुक्त इलेक्ट्रॉन की गतिशीलता मुक्त कोटर की तुलना में अधिक होती है, क्योंकि
(1) इन पर ऋणात्मक आवेश है।
(2) वे हल्के है
(3) वे परस्पर टकराते नहीं है
(4) अपनी गति को बनाये रखने के लिए कम ऊर्जा की आवश्यकता है।

**खण्ड (B) : शुद्ध (नैज) अर्धचालक**

**B-1.** माना नैज अर्धचालक में कोटर तथा चालन इलेक्ट्रॉनों की संख्या $n_p$ तथा $n_e$ है :
(1) $n_p > n_e$ (2) $n_p = n_e$ (3) $n_p < n_e$ (4) $n_p \neq n_e$

**B-2.** शुद्ध जर्मेनियम की चालकता बढ़ायी जा सकती है
(1) ताप बढ़ाकर (2) ग्राही अशुद्धि मादित करके
(3) दाता अशुद्धि मादित करके (4) इस पर पराबैंगनी प्रकाश आपतित करके

**खण्ड (C) : अपद्रव्यी अर्धचालक**

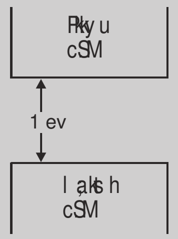
**C-1.** एक N-प्रकार का अर्द्धचालक है
(1) ऋणावेशित (2) धनावेशित (3) उदासीन (4) उपरोक्त में से कोई नहीं

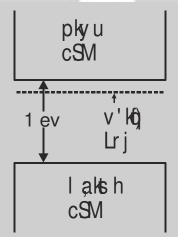
**C-2.** माना बाह्य अर्धचालक में कोटर तथा चालन इलेक्ट्रॉनों की संख्या $n_p$ तथा $n_e$ है तो
(1) $n_p > n_e$ (2) $n_p = n_e$ (3) $n_p < n_e$ (4) $n_p \neq n_e$

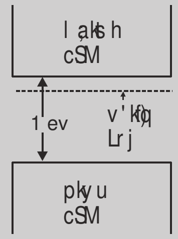
**C-3.** एक अर्धचालक में दाता अशुद्धि मिलाने पर
(1) कोटर की सान्द्रता बढ़ती है (2) कोटर की सान्द्रता घटती है
(3) इलेक्ट्रॉन की सान्द्रता बढ़ती है (4) इलेक्ट्रॉन की सान्द्रता घटती है

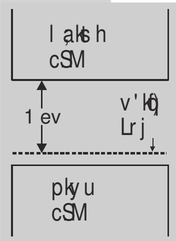
**C-4.** एक P प्रकार के अर्द्धचालक में ग्राहीस्तर संयोजी बैण्ड से 57 meV ऊपर हैं। एक कोटर उत्पन्न करने के लिए आवश्यक प्रकाश की अधिकतम तरंग दैर्ध्य होगी –
(1) 57 A° (2) $57 \times 10^{-3}$ A° (3) 217100 A° (4) $11.61 \times 10$ A°

**C-5.** निम्न में से कौनसा ऊर्जा अन्तराल N प्रकार के अर्द्धचालक को प्रदर्शित करता है –

(1) 


(2) 


(3) 


(4) 


**C-6.** एक P-प्रकार का सिलिकॉन अर्द्धचालक सिलिकॉन के प्रति $5 \times 10^7$ परमाणु में इंडियम का एक परमाणु जोड़कर बनाया जाता हैं। इसकी सान्द्रता $25 \times 10^{28}$ परमाणु/मी.$^3$ है तो सिलिकॉन के प्रति घन सेमी में ग्राही परमाणु की संख्या बताओ।
(1) $2 \times 10^{30}$ परमाणु/सेमी$^3$ (2) $5 \times 10^{15}$ परमाणु/सेमी$^3$
(3) $1 \times 10^{15}$ परमाणु/सेमी$^3$ (4) $2.5 \times 10^{36}$ परमाणु/सेमी$^3$

**C-7.** यदि N-प्रकार के अर्द्धचालक को गर्म किया जाये तो-
(1) इलेक्ट्रॉन की संख्या बढ़ती है तथा होल की संख्या घटती है
(2) होल की संख्या बढ़ती है तथा इलेक्ट्रॉन की संख्या घटती है
(3) होल व इलेक्ट्रॉन दोनों की संख्या नियत रहती है
(4) होल व इलेक्ट्रॉन की संख्या में वृद्धि समान होती है

**C-8.** GaAs है-
(1) एकल अर्द्धचालक (2) यौगिक अर्द्धचालक
(3) एक कुचालक (4) एक धात्विक अर्द्धचालक

**C-9.** 300K ताप पर शुद्ध सिलीकन क्रिस्टल का चालकत्व क्या होगा ? यदि इस ताप पर प्रति सेमी$^3$ इलेक्ट्रॉन कोटर युग्म $1.072 \times 10^{10}$ व $\mu_n = 1350$ सेमी$^2$/वोल्ट सैकण्ड़ और $\mu_p = 480$ सेमी$^2$/वोल्ट सैकण्ड़ -
(1) $3.14 \times 10^{-6}$ म्हो/सेमी (2) $3 \times 10^6$ म्हो/सेमी
(3) $10^{-6}$ म्हो/सेमी (4) $10^6$ म्हो/सेमी

**C-10.** Ge में वर्जित ऊर्जा अंतराल 0.75 eV है, जर्मेनियम अर्द्धचालक के लिए इलेक्ट्रॉन–होल युग्म उत्पन्न करने के लिए आपतित विकिरण का अधिकतम् तरंगदैर्ध्य होगा

(1) 4200 A° (2) 16500 A° (3) 4700 A° (4) 4000 A°

**C-11.** N-प्रकार के Ge में इलेक्ट्रॉन की गतिशीलता 5000 सेमी.$^2$ / वोल्ट सेकण्ड है तथा चालकता 5 म्हो/सेमी. है। यदि कोटर का प्रभाव नगण्य हो तो अशुद्धि की सांद्रता होगी-

(1) $6.25 \times 10^{15}/cm^3$ (2) $9.25 \times 10^{14}/cm^3$ (3) $6 \times 10^{13}/cm^3$ (4) $9 \times 10^{13}$ / $cm^3$

**C-12.** जर्मेनियम क्रिस्टल में 300 K पर नैज आवेश वाहक घनत्व $2.5 \times 10^{13}$ प्रति सेमी.$^3$ है। यदि N-प्रकार के जर्मेनियम अर्धचालक का 300 K पर इलेक्ट्रॉन घनत्व $0.5 \times 10^{17}$ प्रति सेमी.$^3$ हो तो इस क्रिस्टल में 300 K पर होल घनत्व (प्रति $cm^3$ में) लगभग होगा-

(1) $2.5 \times 10^{13}$ (2) $5 \times 10^6$ (3) $1.25 \times 10^{10}$ (4) $0.2 \times 10^4$

**C-13.** 300 K तापमान पर शुद्ध Si में इलेक्ट्रॉन सांद्रता ($n_e$) तथा कोटर सांद्रता ($n_h = 1.5 \times 10^{16}$ $m^{-3}$) है। इंडियम की अशुद्धि मिलाने पर $n_h = 4.5 \times 10^{22}$ $m^{-3}$ हो जाती है। $n_e$ ज्ञात करो–

(1) $5.0 \times 10^9$ $m^{-3}$ (2) $6.0 \times 10^6$ $m^{-3}$ (3) $7.0 \times 10^3$ $m^{-3}$ (4) $4.0 \times 10^9$ $m^{-3}$

**C-14.** जर्मेनियम छड़ की लम्बाई 0.58 cm तथा अनुप्रस्थ काट क्षेत्र 1mm$^2$ है। यदि जर्मेनियम के लिए $n_i = 2.5 \times 10^{19}$ $m^{-3}$, $\mu_h = 0.19$ $m^2$/ V-s, $\mu_e = 0.39$ $m^2$/ V-s, हो तो छड़ का प्रतिरोध होगा–

(1) 2.5 KΩ (2) 5.0 KΩ (3) 7.5 KΩ (4) 10.0 KΩ

**C-15.** अर्द्धचालक की कुल धारा में योगदान इलेक्ट्रॉन द्वारा $\frac{3}{4}$ तथा कोटर द्वारा $\frac{1}{4}$ है। यदि इस तापमान पर इलेक्ट्रॉन का अपवहन वेग, कोटरों का $\frac{5}{2}$ गुना है तो इलेक्ट्रॉन तथा कोटरों की सान्द्रता का अनुपात होगा-

(1) 6 : 5 (2) 5 : 6 (3) 3 : 2 (4) 2 : 3

**खण्ड (D) : डायोड**

**D-1.** P-N संधि है –

(1) एक ओमीय प्रतिरोध (2) एक अन ओमीय प्रतिरोध
(3) एक धनात्मक प्रतिरोध (4) एक ऋणात्मक प्रतिरोध

**D-2.** p-n सन्धि में विसरण धारा अपवहन धारा की तुलना में परिमाण में अधिक होगी

(1) यदि सन्धि अग्रबायसित है (2) यदि सन्धि पश्च बायसित है
(3) यदि सन्धि अग्रबायसित है (4) किसी भी स्थिति में नहीं

**D-3.** p-n सन्धि में कोटर p-भाग से n-भाग की ओर विसरित होते है। इसका अर्थ है कि :

(1) n-भाग की ओर एक बंध टुटता है तथा बंध टूटने से मुक्त हुए इलेक्ट्रॉन चालन बैण्ड में चले जाते है।
(2) p-भाग में उपस्थित चालन इलेक्ट्रॉन, टुटे हुए बंध में इसे पूर्ण करने के लिए चले जाते है।
(3) n-भाग की ओर एक बंध टुटता है तथा बंध से मुक्त इलेक्ट्रॉन p-भाग की ओर टुटे हुए बन्ध को पूर्ण करने के लिए चले जाते है।
(4) p-भाग की ओर एक बन्ध टुटता है तथा बन्ध से मुक्त इलेक्ट्रॉन, n-भाग की ओर टुटे हुए बन्ध को पूर्ण करने केक लिए चले जाते है।

**D-4.** P-N सन्धि की अवक्षय परत, खुले परिपथ में रखती है –

(1) इलेक्ट्रॉन (2) कोटर
(3) गति नहीं कर सकने वाले अशुद्धि आयन (4) अशुद्धि के परमाणु

**D-5.** निम्न वाक्यो में कौनसा कथन गलत है ? एक युक्ति जिसमें P व N प्रकार के अर्द्धचालक उपयोग किये जाते है, एक निर्वात नलिका की तुलना में अधिक उपयोगी है क्योंकि –
(1) तन्तु को गर्म करने के लिए शक्ति की आवश्यकता नही होती।
(2) यह अधिक स्थायी हैं।
(3) इसमें बहुत कम ऊष्मा उम्पन्न होती हैं।
(4) संधि पर उच्च विभवपतन के कारण इसकी दक्षता उच्च है।

**D-6.** P-N संधि में अवक्षय परत बनने का कारण है-
(1) कोटरों का अपवहन
(2) स्वतंत्र आवेश वाहको का विसरण
(3) अशुद्धि आयनो का विस्थापन
(4) इलेक्ट्रॉनों का अपवहन

**D-7.** P-N संधि में सम्पर्क विभव होता है-
(1) P क्षेत्र पर धनात्मक व N क्षेत्र पर ऋणात्मक
(2) P क्षेत्र पर ऋणात्मक व N क्षेत्र पर धनात्मक
(3) शून्य
(4) अनन्त

**D-8.** जब P-N सन्धि में धारा का मान बढ़ता है तब सम्पर्क विभव का मान –
(1) घटता है
(2) बढ़ता है
(3) अपरिवर्तित रहता है
(4) ताप पर निर्भर करता है।

**D-9.** सिलिकॉन P-N डायोड के अग्र व पश्च अभिनति में आवेश वाहकों के प्रवाह का कारण है-
(1) पश्च व अग्र अभिनति दोनों में अपवहन के कारण
(2) अग्र अभिनति में अपवहन तथा पश्च अभिनति में विसरण के कारण
(3) पश्च अभिनति में अपवहन तथा अग्र अभिनति में विसरण के कारण
(4) अग्र व पश्च अभिनति, दोनों में विसरण के कारण

**D-10.** P-N संधि में अवरोधी विभव अधिकतम होता हैं –
(1) उत्क्रम अभिनति में
(2) अग्र अभिनति में
(3) जब संधि डायोड़ दिष्टकारी के रूप में उपयोग होता हैं
(4) शून्य अभिनति में

**D-11.** P-N संधि में विसरण धारा प्रवाहित होती है –
(1) N क्षेत्र से P क्षेत्र की ओर
(2) P क्षेत्र से N क्षेत्र की ओर
(3) N क्षेत्र से P क्षेत्र की ओर यदि संधि अग्र अभिनत है एवं विपरीत दिशा में यदि यह उत्क्रम अभिनत हैं।
(4) P क्षेत्र से N क्षेत्र की ओर यदि संधि अग्र अभिनत है एवं विपरीत दिशा में यदि यह उत्क्रम अभिनत हैं।

**D-12.** P-N संधि में अपवहन धारा प्रवाहित होती है –
(1) N क्षेत्र से P क्षेत्र की ओर
(2) P क्षेत्र से N क्षेत्र की ओर
(3) N क्षेत्र से P क्षेत्र की ओर यदि संधि अग्र अभिनत है एवं विपरीत दिशा में यदि यह उत्क्रम अभिनत हैं
(4) P क्षेत्र से N क्षेत्र की ओर यदि संधि अग्र अभिनत है एंव विपरीत दिशा में यदि यह उत्क्रम अभिनत हैं

**D-13.** उत्क्रम अभिनत P-N संधि के लिए –
(1) P क्षेत्र धनात्मक है एवं धारा इलेक्ट्रॉनो के कारण हैं
(2) P क्षेत्र धनात्मक है एवं धारा कोटरों के कारण हैं
(3) P क्षेत्र ऋणात्मक है एवं धारा इलेक्ट्रॉनों के कारण हैं
(4) P क्षेत्र ऋणात्मक है एवं धारा इलेक्ट्रॉन व कोटर दोनों के कारण हैं

**D-14.** P-N संधि में जब रूके हुए इलेक्ट्रॉन तथा कोटर P से N तथा N से P की ओर गमन करते है तो-
(1) संधि पर +ve तथा –ve आयन बढ़ते है
(2) संधि पर इलेक्ट्रॉन बढ़ते है
(3) संधि पर कोटर बढ़ते है
(4) संधि पर कोटर तथा इलेक्ट्रॉन बढ़ते है।

**D-15.** Ge से निर्मित P-N संधि के अवरोधी विभव का मान है-
(1) अग्र धारा की दिशा में 0.03 वोल्ट
(2) अग्रधारा के विपरित दिशा में 0.3 वोल्ट
(3) अग्र धारा के विपरित दिशा में 25 वोल्ट
(4) अग्र धारा की दिशा में 25 वोल्ट

**D-16.** P-N संधि में वह क्षेत्र जिसमें कोई स्वतंत्र इलेक्ट्रॉन तथा कोटर नहीं होते है-
(1) P-क्षेत्र
(2) N-क्षेत्र
(3) संधि
(4) अवक्षय क्षेत्र

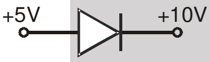
**D-17.** एक युक्ति जिसका एक सिरा ऋणात्मक टर्मिनल से तथा दूसरा सिरा धनात्मक टर्मिनल से जुड़ा हुआ है। यदि दोनों सिरों पर सप्लाई बदल दी जाये तो धारा प्रवाहित नहीं होती है तो युक्ति है-
(1) P-N संधि
(2) ट्रांजिस्टर
(3) जीनर डोयोड
(4) ट्रायोड

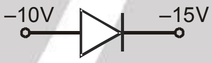
**D-18.** संधि डायोड में उत्पन्न विभव रोधिका विरोध करती है-
(1) दोनों क्षेत्रों में केवल अल्पसंख्यक वाहकों का
(2) बहुसंख्यक वाहकों का
(3) N-क्षेत्र में इलेक्ट्रॉनों का
(4) P-क्षेत्र में कोटरो का

**D-19.** P-N संधि डायोड निम्न से जोड़ने पर अचालक की भांति कार्य करता है-
(1) प्रत्यावर्ती धारा से
(2) अग्र अभिनति में
(3) पश्च अभिनति में
(4) उपरोक्त में से कोई नहीं

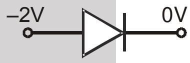
**D-20.** यदि एक डायोड पर अग्र अभिनति विभव बढ़ाया जाये तो अवक्षय परत की चौड़ाई -
(1) घटती है
(2) बढ़ती है
(3) घटती–बढ़ती है
(4) परिवर्तित नहीं होती

**D-21.** P-N संधि डायोड का पश्च अभिनति में प्रतिरोध है, लगभग-
(1) 1 ohm
(2) $10^2$ ohm
(3) $10^3$ ohm
(4) $10^6$ ohm

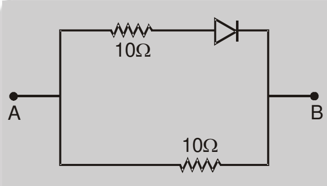
**D-22.** निम्न में से किस स्थिति में संधि डायोड पश्च अभिनति में नहीं है-
(1) 

(2) 

(3)

(4) 


**D-23.** यदि $V_A$ तथा $V_B$ बिन्दुओं A तथा B के विभव हो तो दिये गये परिपथ में A तथा B के मध्य तुल्य प्रतिरोध होगा–

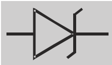
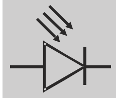
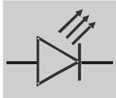



(1) 10 ओम यदि $V_A > V_B$
(2) 5 ओम यदि $V_A < V_B$
(3) 5 ओम यदि $V_A > V_B$
(4) 20 ओम यदि $V_A > V_B$

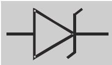
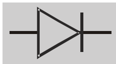
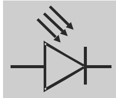
**D-24.** P-N संधि में अवलांश भंजन का कारण –
(1) फर्मी स्तर के स्थानान्तरण से
(2) चालक बेन्ड में इलेक्ट्रॉन के क्रमशः टक्कर प्रभाव से
(3) वर्जित ऊर्जा अन्तराल के बढने से
(4) कम अशुद्धि सान्द्रता से

**D-25.** यदि एक P-N संधि के दो सिरे एक तार द्वारा जोड़ा जाये तो –
(1) परिपथ में एक स्थायी धारा प्रवाहित नहीं होगी।
(2) N क्षेत्र से P क्षेत्र की ओर एक स्थायी धारा होगी।
(3) P क्षेत्र से N क्षेत्र की ओर एक स्थायी धारा होगी।
(4) धारा हो भी सकती है या नहीं भी यह संयोजक तार के प्रतिरोध पर निर्भर करता हैं।

**D-26.** फोटो डायोड का चिन्ह हैं —

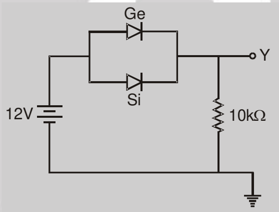
(1)  (2) (3)  (4) 

**D-27.** जीनर डायोड का संकेत है-

(1)  (2)  (3) (4) 

**D-28.** कथन 1 व 2 को ध्यान में रखकर सही उत्तर पहचानो-
[1] जीनर डायोड हमेशा पश्चअभिनति में जोड़ा जाता है।
[2] P-N संधि पर विभवरोधिका लगभग 0.1वोल्ट से 0.3 वोल्ट के मध्य स्थित होती है।
(1) [1] व [2] सही है (2) [1] व [2] गलत है
(3) [1] सही है तथा [2] गलत है (4) [1] गलत व [2] सही है

**D-29.** चित्र में जर्मेनियम व सिलीकॉन के दो डायोड चित्रानुसार 12 वोल्ट विद्युत वाहक बल की बैटरी एवं 10 kΩ के लोड प्रतिरोध से जोड़ा गया है। जर्मेनियम डायोड का चालन 0.3 वोल्ट पर व सिलीकॉन डायोड का चालन 0.7 वोल्ट पर होता है। जब परिपथ में धारा प्रवाहित होती है तो Y सिरे का विभव होगा-




(1) 12 V (2) 11 V (3) 11.3 V (4) 11.7 V

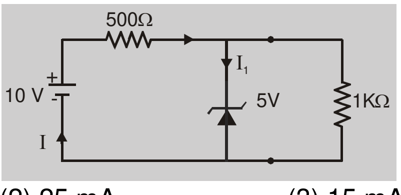
**D-30.** जब प्रकाशिक डायोड पर प्रकाश गिराते है तो इसकी चालकता बढ़ती है। प्रायोगिक तौर पर यह पाया जाता है कि चालकता तभी परिवर्तित होती है यदि आपतित प्रकाश की तरंगदैर्ध्य 620 nm से कम है तो डायोड का वर्जित ऊर्जा अन्तराल है-
(1) 0.75 eV (2) 1.1 eV (3) 1.5 eV (4) 2.0 eV

**D-31.** यदि अर्द्धचालक डायोड के अग्रविभव को 0.5V से 2V परिवर्तित किया जाये तो अग्र धारा 1.5 mA से परिवर्तित होती है तो डायोड का अग्र प्रतिरोध होगा-
(1) 1KΩ (2) 2KΩ (3) 4KΩ (4) 8KΩ

**D-32.** यदि अर्द्धचालक डायोड में पश्च विभव 10 वोल्ट तथा 20 वोल्ट पर पश्च धारा क्रमशः 25μA तथा 50μA हो तो डायोड का पश्च प्रतिरोध होगा-
(1) 40Ω (2) $4 \times 10^5$ Ω (3) 40KΩ (4) $4 \times 10^{-5}$ Ω

**D-33.** यदि निवेशी प्रत्यावर्ती विभव की आवृति n हैं, तब पूर्ण तरंग दिष्टकारी की निर्गत विभव की ऊर्मिका (ripple) आवृति होगी।
(1) 2n (2) n (3) $\frac{n}{2}$ (4) $\frac{n}{4}$

**D-34.** दिये गये परिपथ में जीनर डायोड से प्रवाहित धारा है-

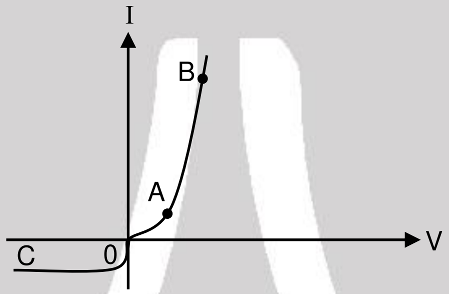



(1) 20 mA (2) 25 mA (3) 15 mA (4) 5 mA

**D-35.** दिष्टकारी का कार्य होता है
(1) प्रत्यावर्ती धारा को द्विष्ट धारा में परिवर्तित करना
(2) द्विष्ट धारा को प्रत्यावर्ती धारा में परिवर्तित करना
(3) (1) तथा (2) दोनों
(4) उपरोक्त में से कोई नहीं

**D-36.** एक दिष्टकारी परिपथ से एक समान धारा प्राप्त करने के लिए प्रयुक्त विद्युत परिपथ है–
(1) दोलित्र (2) पूर्ण तरंग दिष्टकारी (3) प्रवर्धक (4) फिल्टर

**D-37.** प्रदर्शित चित्र में सिलिकन डायोड़ के लिए I – V अभिलाक्षणिक वक्र प्रदर्शित है। इसके संगत तीन कथन दिये गये है।
(I) OC क्षेत्र डायोड़ के पश्च् बायस को प्रदर्शित करता है, (II) बिन्दु A का विभव लगभग 0.2 वोल्ट है तथा (III) Y अक्ष की धनात्मक तथा ऋणात्मक के अनुदिश भिन्न–भिन्न पैमाने उपयोग में लिये गये है।




(1) केवल कथन (I) सही है।
(2) केवल कथन (I) तथा (II) सही है।
(3) केवल कथन (I) तथा (III) सही है।
(4) (I), (II) तथा (III) सभी कथन सही है।

**खण्ड (E) : ट्रान्जिस्टर**

**E-1.** ट्रान्जिस्टर में –
(1) उत्सर्जक का मादन सबसे कम होता है।
(2) संग्राहक का मादन सबसे कम होता है।
(3) आधार का मादन सबसे कम होता है।
(4) सभी तीनों क्षेत्र का मादन समान होता है।

**E-2.** ट्रॅान्जिस्टर का सबसे पतला भाग हैं ?
(1) उत्सर्जक
(2) आधार
(3) संग्राहक
(4) ट्रान्जिस्टर प्राचाल के अनुसार इनमें से कोई नहीं।

**E-3.** ट्रांजिस्टर संकेत में, तीर किसकी दिशा दर्शाता हैं ?
(1) उत्सर्जक में धारा
(2) उत्सर्जक में इलेक्ट्रॉन धारा
(2) उत्सर्जक में कोटर धारा
(4) उपरोक्त में कोई नहीं

**E-4.** ट्रान्जिस्टर (प्रवर्धक) में निर्गत प्रतिरोध की तुलना में निवेशी प्रतिरोध है।
(1) न्यून (2) उच्च (3) न्यून और उच्च (4) इनमें से कोई नहीं।

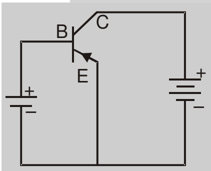
**E-5.** ट्रॅांजिस्टर की सामान्य संक्रिया में
(1) आधार उत्सर्जक सन्धि अग्रबायसित होती है।
(2) आधार संग्राहक सन्धि अग्रबायसित होती है।
(3) आधार उत्सर्जक सन्धि पश्चबायसित होती है।
(4) आधार, संग्राहक संन्धि पश्चबायसित होती है।

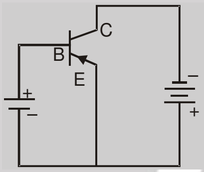
**E-6.** एक उचित रूप से अभिनत (biased) ट्रांजिस्टर में-
(1) दोनों अवक्षय परतें समान रूप से बड़ी है
(2) दोनों अवक्षय परतें समान रूप से छोटी है
(3) उत्सर्जक–आधार अवक्षय परत बड़ी है लेकिन आधार–संग्राहक अवक्षय परत छोटी है
(4) उत्सर्जक–आधार अवक्षय परत छोटी है लेकिन आधार–संग्राहक अवक्षय परत बड़ी है

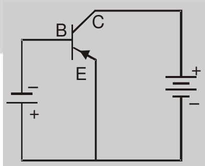
**E-7.** N-P-N ट्रान्जिस्टर में, उत्सर्जक धारा हैं –
(1) संग्राहक धारा से थोडी सी अधिक (2) संग्राहक धारा से हल्की थोडी सी कम
(3) संग्राहक धारा के बराबर (4) आधार धारा के बराबर

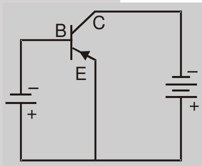
**E-8.** एक N-P-N ट्रांजिस्टर का चालन होता है जब-
(1) दोनों संग्राहक तथा उत्सर्जक, आधार के सापेक्ष धनात्मक है
(2) आधार के सापेक्ष संग्राहक धनात्मक है तथा उत्सर्जक ऋणात्मक है
(3) संग्राहक धनात्मक है तथा उत्सर्जक उसी विभव पर है
(4) आधार के सापेक्ष संग्राहक तथा उत्सर्जक ऋणात्मक है

**E-9.** निम्न परिपथों में से कौनसा एक CE विन्यास में सक्रिय क्षेत्र (active region) में कार्य करते हुये एक PNP ट्रांजिस्टर की सही अभिनति (biasing) प्रदर्शित करता है-

(1) 

(2) 

(3) 

(4) 


**E-10.** ट्रान्जिस्टर को प्रवर्धक के रूप में उपयोग करने के लिए।
(1) उत्सर्जक आधार संधि अग्र अभिनत में एवं सग्राहक संधि उत्क्रम अभिनत में होती हैं।
(2) अभिनत विभव आवश्यक नहीं हैं।
(3) दोनो संधि अग्र अभिनत में।
(4) दोनो संधि उत्क्रम अभिनत में।

**E-11.** प्रवर्धक कुछ नहीं बल्कि एक दोलित्र है जिसमें होता है –
(1) धनात्मक पुनः निवेशन (2) उच्च लब्धि (3) कोई पुर्नभरण नहीं (4) ऋणात्मक पुर्नभरण निवेशन

**E-12.** जब N-P-N ट्रांजिस्टर का एक प्रवर्धक के रूप में प्रयोग किया जाता है-
(1) इलेक्ट्रॉन आधार से उत्सर्जक की ओर गति करते है (2) इलेक्ट्रॉन उत्सर्जक से आधार की ओर गति करते है
(3) इलेक्ट्रॉन संग्राहक से आधार की ओर गति करते है (4) कोटर आधार से उत्सर्जक की ओर गति करते है

**E-13.** उभयनिष्ठ उत्सर्जक परिपथ को एक प्रवर्धक के रूप में उपयोग करते है, इसका धारा लाभ 50 है। यदि निवेशी प्रतिरोध 1 kΩ है एवं निवेशी विभव 5 volt है तब निर्गत धारा होगी।
(1) 250 mA (2) 30 mA (3) 50 mA (4) 100 mA

**E-14.** N-P-N ट्रान्जिस्टर परिपथ में संग्राहक धारा 10 mA है। यदि उत्सर्जित इलेक्ट्रॉनो में सें 90% संग्राहक पर पहुँचते है तो उत्सर्जक धारा ($I_E$) एवं आधार धारा ($I_B$) होगी –
(1) $I_E$ = 1mA; $I_B$ = 11 mA (2) $I_E$ = 11 mA; $I_B$ = 1 mA
(3) $I_E$ = –1 mA; $I_B$ = 9 mA (4) $I_E$ = 9 mA ; $I_B$ = –1 mA

**E-15.** निम्न में से कौनसा सत्य हैं–
(1) उभयनिष्ठ आधार ट्रान्जिस्टर ज्यादातर उपयोग में लेते हैं, क्योंकि धारा लाभ अधिकतम हैं।
(2) उभयनिष्ठ उत्सर्जक ज्यादातर उपयोग में लेते है, क्योंकि धारा लाभ अधिकतम हैं।
(3) उभयनिष्ठ संग्राहक ज्यादातर उपयोग में लेते हैं, क्योंकि धारा लाभ अधिकतम हैं।
(4) उभयनिष्ठ उत्सर्जक सबसे कम उपयोग में आने वाला ट्रांजिस्टर हैं।

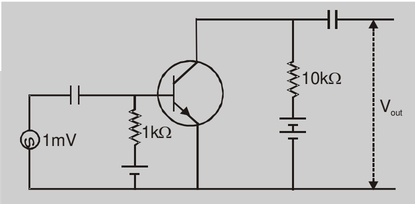
**E-16.** ट्रान्जिस्टर के लिए धारा प्रवर्धन गुणांको में सम्बन्ध है –
(1) $\alpha = \frac{\beta}{1-\beta}$ (2) $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (3) $\alpha = \frac{1+\beta}{\beta}$ (4) $\beta = \frac{\alpha}{1+\alpha}$

**E-17.** एक ट्रांजिस्टर के लिए, $\alpha$ = 0.9, हो तो $\beta$ का मान है-
(1) 1 (2) 0.09 (3) 0.9 (4) 9

**E-18.** एक उभयनिष्ठ–आधार प्रवर्धक की तरह कार्यरत् एक P-N-P ट्रांजिस्टर में धारा लाभ 0.96 है तथा उत्सर्जक धारा 7.2 mA. है। आधार धारा है-
(1) 0.4 mA (2) 0.2 mA (3) 0.29 mA (4) 0.35 mA

**E-19.** एक NPN ट्रांजिस्टर में, उत्सर्जक से $10^{10}$ इलेक्ट्रॉन $10^{-6}$ s में उत्सर्जित होते है तथा 2% इलेक्ट्रॉन आधार में कोटर के साथ पुनः संयोजित हो जाते है, तो धारा लाभ $\alpha$ तथा $\beta$ है-
(1) 0.49, 9.8 (2) 0.58, 4.9 (3) 0.78, 49 (4) 0.98, 49

**E-20.** दिखाये गये चित्र में उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में एक N-P-N ट्रांजिस्टर जिसका धारा लाभ $\beta$ = 100 है, का प्रयोग किया जाता है। प्रवर्धक का निर्गत वोल्टेज होगा-




(1) 10 mV (2) 0.1 V (3) 1.0 V (4) 10 V

**E-21.** एक N-P-N ट्रांजिस्टर को उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में जोड़ा जाता है, जिसमें संग्राहक स्त्रोत पर विभव पतन 8 वोल्ट है तथा संग्राहक परिपथ में जुड़े हुये 800 ओम के लोड प्रतिरोध के सिरों पर विभव पतन 0.8 वोल्ट है। यदि धारा प्रवर्धन गुणक ($\alpha$) $\frac{25}{26}$ है तथा ट्रांजिस्टर का निवेशी प्रतिरोध 200 ओम है, तो संग्राहक–उत्सर्जक वोल्टता, आधार धारा, वोल्टता लाभ व शक्ति लाभ है-
(1) 3.5 V, $2 \times 10^{-5}$ A तथा $A_V$ = 50V, $A_P$ = 6500 (2) 7.2 V, $4 \times 10^{-5}$ A तथा $A_V$ = 100V, $A_P$ = 2500
(3) 4.5 V, $3 \times 10^{-5}$ A तथा $A_V$ = 50V, $A_P$ = 6500 (4) 5.6 V, $3 \times 10^{-5}$ A तथा $A_V$ = 60V, $A_P$ = 7500

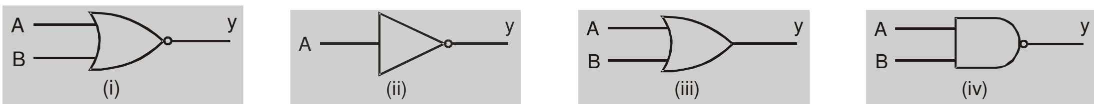
**E-22.** एक NPN ट्रांजिस्टर में आधार धारा तथा संग्राहक धारा क्रमशः 100μA तथा 9 mA है, तो उत्सर्जक धारा होगी-
(1) 9.1mA (2) 18.2mA (3) 9.1μA (4) 18.2μA

**E-23.** एक उभयनिष्ठ परिपथ में, यदि $V_{CE}$ 0.2V से परिवर्तित होता है, तो संग्राहक धारा $4 \times 10^{-3}$ mA से परिवर्तित हो जाती है। निर्गत प्रतिरोध होगा-
(1) 10 kΩ (2) 30 kΩ (3) 50 kΩ (4) 70 kΩ

**E-24.** कौन सा कथन सत्य नहीं है-
(1) एक दोलक में दोलन होते रहते हैं।
(2) दोलक एक सक्रिय (active) परिपथ होता है
(3) एक दोलक में कोई वोल्टता लाभ नहीं होता है
(4) दोलक एक प्रवर्धक की तरह कार्य करता है जिसका वोल्टता लाभ अनन्त होता है

**खण्ड (F) : तार्किक द्वारक**

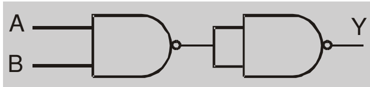
**F-1.** नीचे दिये चार तार्किक द्वार के चिन्ह है। NAND, NOR तथा OR क्रमशः है-




(1) (iv), (i), (iii) (2) (i), (iii), (iv) (3) (i), (ii), (iii) (4) (i), (iv), (ii)

**F-2.** OR द्वार का निर्गत (output) 1 है-
(1) यदि दोनों निवेशी सिग्नल शून्य हो (2) यदि एक या दोनों निवेशी सिग्नल 1 हो
(3) केवल तभी जब दोनों निवेशी सिग्नल 1 हो (4) यदि प्रत्येक निवेशी सिग्नल शून्य हो

**F-3.** निम्न चित्र जिस तर्क फलन (logic function) को बतायेगा, वह है–




(1) AND गेट (2) NAND गेट (3) OR गेट (4) XOR गेट

**F-4.** दी गई सत्य सारणी किस तर्क द्वार के लिए है-

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |

(1) AND (2) OR (3) NOR (4) NAND

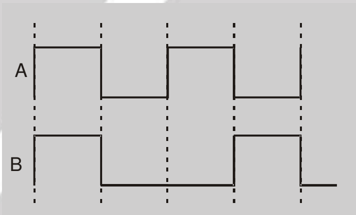
**F-5.** NAND द्वार :
(1) एक मूलभूत द्वार है (2) एक सार्वत्रिक द्वार नहीं है
(3) एक सार्वत्रिक द्वार (4) इनमें से कोई नही।

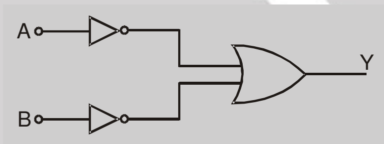
**F-6.** निम्न सत्य सारणी किस तार्किक द्वार (gate) के लिए दी गई है-

| **A** | **B** | **Y** |
|---|---|---|
| 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 |

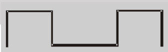
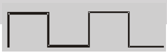
(1) NAND (2) XOR (3) NOR (4) OR

**F-7.** निम्न दिये गय परिपथ में दो निवेशी तरंग A तथा B को एक साथ आरोपित किया जाता है -

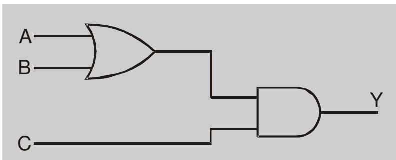



तो परिणामी Y तरंग प्रतिरूप होगा -

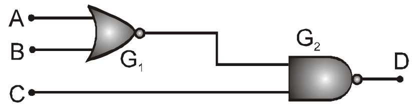
(1) (2)  (3)  (4)

**F-8.** निम्न परिपथ के लिए बूलीयन व्यंजक है–




(1) Y = ABC (2) Y = A + BC (3) Y = (A + B) C (4) Y = AB + C

**F-9.** दिये गये लॉजिक गेटों के निकाय के लिए यदि निवेशी (inputs) A, B, C की स्थिति A = B = C = 0 तथा A = B = 1, C = 0 हो, तो निर्गत (output) D की स्थिति होगी :




(1) 0, 0 (2) 0, 1 (3) 1, 0 (4) 1, 1

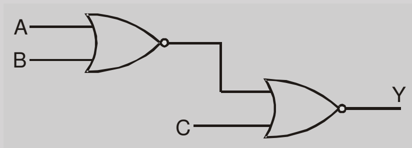
**F-10.** NOR द्वार का बूलीयन समीकरण है-

(1) C = A + B (2) $C = \overline{A+B}$ (3) C = A + B (4) $C = \overline{A \cdot B}$

**F-11.** बूलीयन व्यंजक $(\overline{A+B}) \cdot (\overline{A \cdot B}) = 1$ के लिए निवेशी (input) A तथा B के मान क्या होंगे

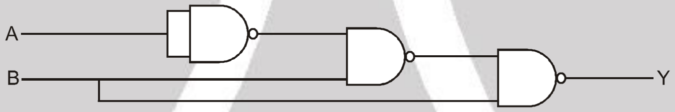
(1) 0, 0 (2) 0, 1 (3) 1, 0 (4) 1, 1

**F-12.** निम्न Y निर्गत के लिए बुलीयन व्यंजक–




(1) $(\overline{A+B}) + C$ (2) $(A+B) + \overline{C}$ (3) $\overline{(\overline{A+B}) + C}$ (4) $(\overline{A+B+C})$

**F-13.** प्रदर्शित NAND गेट की व्यवस्था निम्न की तरह कार्य करती है।




(1) AND gate (2) OR gate (3) NAND gate (4) NOR gate

# Exercise-2

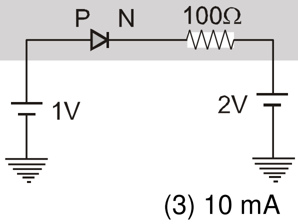
**✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।**

## भाग - I : वस्तुनिष्ठ प्रश्न (OBJECTIVE QUESTIONS)

**1.✍** सिलिकॉन डायोड में अवक्षय परत की चौड़ाई 1 $\mu$m है तथा विभव 0.6 V है, तब अवक्षय परत में विद्युत क्षेत्र होगा

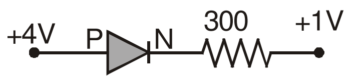
(1) शून्य (2) 0.6 $Vm^{-1}$ (3) 6 × $10^4$ V/m (4) 6 × $10^5$ V/m

**2.** चित्र में दिखाये गये परिपथ में लगे एक आदर्श PN-संधि से प्रवाहित धारा है




(1) शून्य (2) 1 mA (3) 10 mA (4) 30 mA

**3.** संलग्न चित्र में धारा का मान होगा

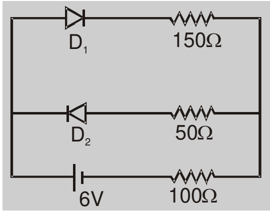



(1) 0 amp (2) $10^{-2}$ amp (3) 1 amp (4) 0.10 amp

**4.** पूर्ण तरंग दिष्टकारी की अधिकतम दक्षता है

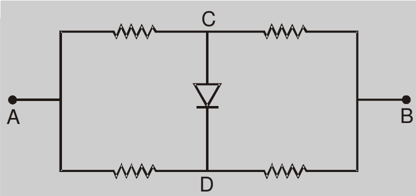
(1) 100 % (2) 25.20 % (3) 40.2 % (4) 81.2 %

**5.** दिये गये परिपथ में दो डायोड है, प्रत्येक का अग्र दिशा में प्रतिरोध 50 Ω है तथा पश्च प्रतिरोध अनन्त है। यदि बैटरी का विभव 6V हो तो 100 Ω प्रतिरोध से धारा की गणना कीजिए –



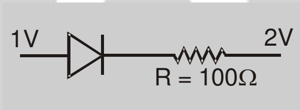

(1) 0.01 A (2) 0.05 A (3) 0.02 A (4) 0.03 A

**6.** चार एक समान प्रतिरोधों को (प्रत्येक 10 Ω) चित्रानुसार जोड़ा गया है। A तथा B के मध्य तुल्य प्रतिरोध लिखिये -



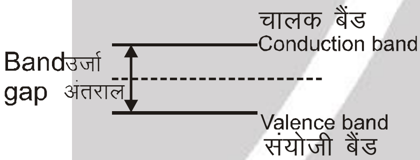

(1) 40 ohm (2) 20 ohm (3) 10 ohm (4) 5 ohm

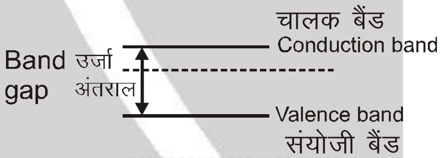
**7.** दिये गये चित्र में डायोड से धारा होगी –

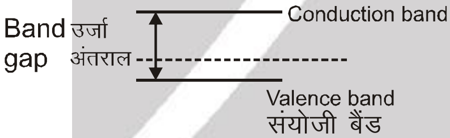


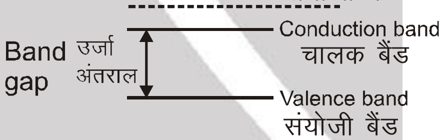

(1) 10 mA (2) 1 mA (3) 20 mA (4) Zero शून्य

**8.** निम्न में से कौनसा चित्र p–प्रकार के अर्द्धचालक में उर्जा स्तर सही रूप में दर्शाता है।

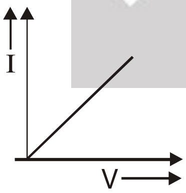
(1) 

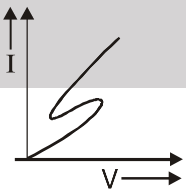

(2) 

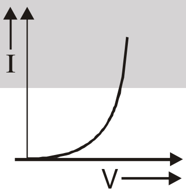

(3) 

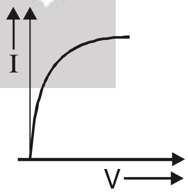

(4) 


**9.** p–n संधि की अग्र अभिनति के लिए सही अभिलाक्षणिक वक्र पहचानिये।

(1) 


(2) 


(3) 


(4) 

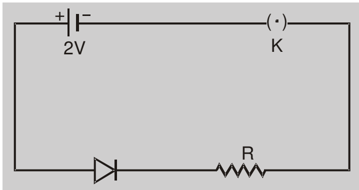

**10.** ट्रांजिस्टर स्थिरांक $\alpha$ तथा $\beta$ के लिए

(1) $\alpha = \beta$ (2) $\beta < 1$ , $\alpha > 1$ (3) $\alpha\beta = 1$ (4) $\beta > 1$ , $\alpha < 1$

**11.** यदि $\alpha = 0.98$ एवं उत्सर्जक से प्रवाहित धारा $i_e = 20$ mA हो, तो $\beta$ का मान है

(1) 4.9 (2) 49 (3) 96 (4) 9.6

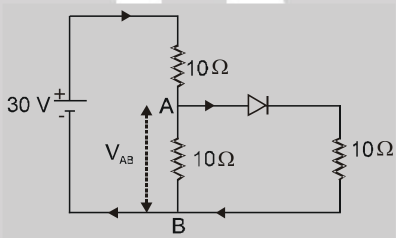
**12.** एक डायोड को 2 वोल्ट की बैटरी से अग्रबायसित किया जाता है जिससे डायोड पर 0.5 वोल्ट विभवान्तर उत्पन्न होता है जो धारा से स्वतंत्र है। 10 mA से भी अधिक धारा प्रवाहित करने पर अत्याधिक जूल हानि होती है। तथा डायोड को खराब हो जाता है। यदि डायोड 5 mA पर उपयोग में लिया जाये तो, श्रेणीक्रम में प्रयुक्त प्रतिरोध होगा-




(1) 3 KΩ (2) 300 KΩ (3) 300 Ω (4) 200 KΩ

**13.** एक P–N संधि डायोड के लिए अग्र व पश्च बायस अवस्था में प्रतिरोध का अनुपात होता है-
(1) $10^2 : 1$ (2) $10^{-2} : 1$ (3) $1 : 10^{-4}$ (4) $1 : 10^4$

**14.** दिये गये परिपथ के लिए विभवान्तर $V_{AB}$ है –

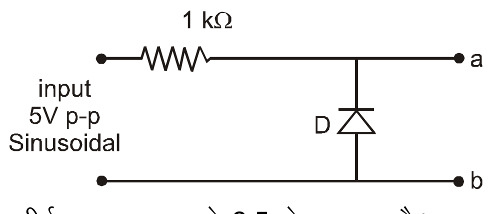



(1) 10 V (2) 20 V (3) 30 V (4) इनमें से कोई नही

**15.** जेनर डायोड प्रयुक्त किया जाता है-
(1) प्रवर्धक की तरह (2) दिष्टकारी की तरह
(3) दोलित्र की तरह (4) विभव नियंत्रक की तरह

**16.** जेनर भंजन होगा यदि-
(1) अशुद्धि परमाणुओं की सांद्रता कम हो (2) अशुद्धि परमाणुओं की सांद्रता उच्च हो
(3) n-भाग में अशुद्धि परमाणुओं की सांद्रता कम हो (4) p-भाग में अशुद्धि परमाणुओं की सांद्रता कम हो

**17.*** नीचे प्रदर्शित परिपथ में सिरों a तथा b के मध्य प्रेक्षित निर्गत विभव $V_0$ हो, तो




(1) यदि डायोड़ आदर्श हो तो $V_0$ का शीर्ष मान न्यूनतम से 2.5 वोल्ट ऊपर है।
(2) निवेशी का अर्द्ध धनात्मक चक्र काट दिया जाता है।
(3) परिपथ दिष्टकारी की तरह कार्य करता है।
(4) यदि डायोड़ सिलिकन डायोड (अआदर्श) हो तो $V_0$ का शीर्ष मान न्यूनतम से 3.2 वोल्ट ऊपर है।

**18.** एक प्रत्यावर्ती स्त्रोत (ज्यावक्रीय स्त्रोत जिसकी आवृत्ति 50 Hz है) को दिष्टकारी डायोड़ के साथ श्रेणीक्रम में 100Ω प्रतिरोध तथा 1000μF धारिता के संधारित्र तथा एक मिलिमीटर से जोड़ा जाता है। कुछ समय पश्चात् मिलिमीटर शून्य पाठ्यांक देता है। DC वोल्टमीटर की सहायता से संधारित्र के सिरों पर मापा गया विभव

(1) प्रत्यावर्ती स्त्रोत का शीर्ष विभव है।

(2) प्रत्यावर्ती स्त्रोत का rms विभव है।

(3) प्रत्यावर्ती स्त्रोत के अर्द्धचक्र का औसत विभव है।

(4) प्रत्यावर्ती स्त्रोत के पूर्ण चक्र का औसत विभव है।

**19.** सेतु दिष्टकारी में दी गई प्रत्यावर्ती धारा की निर्गत आवृर्ती क्या होगी

(1) 50 Hz (2) शून्य (3) 100 Hz (4) 25 Hz

**20.** निम्न में से कौनसा उपकरण इस पर आपतित प्रकाश की तीव्रता से प्रतिक्रिया नहीं दिखाता है ?

(1) फोटोप्रतिरोधक (LDR) (2) फोटोडायोड

(3) प्रकाश उत्सर्जक डायोड (4) सौर सेल

**21.*_** एक द्विध्रुवीय टांजिस्टर में

(1) सर्वाधिक भारी डूबा हुआ क्षेत्र उत्सर्जक है

(2) डूबा हुआ स्तर उत्सर्जक तथा संग्राहक दोनों में समान है

(3) इसका आधार सबसे पतला भाग है

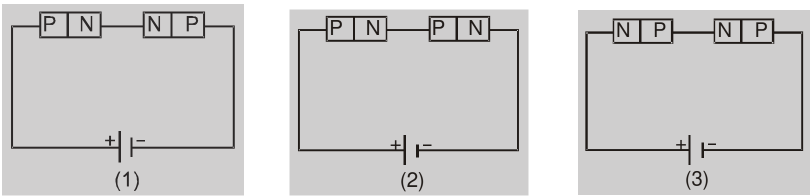
(4) जब इसे उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में जोड़ते है, तो मुख्य धारा सामान्यतः μA कोटि की होती है।

## Exercise-3

**✍ चिन्हित प्रश्न दोहराने योग्य प्रश्न है।**

**भाग - I : JEE (ADVANCED) / IIT-JEE (पिछले वर्षो) प्रश्न**

**1.** दो समरूप P-N संधि श्रेणीक्रम में एक बैटरी के साथ तीन प्रकार से जोड़ी जाती है (चित्र में)। किसमें दोनो P-N संधि पर विभवान्तर समान है –




(1) परिपथ 1 व 2 (2) परिपथ 2 व 3 (3) परिपथ 3 व 1 (4) केवल परिपथ 1

**2.** एक P-N संधि डायोड में, जो किसी अन्य परिपथ में जुड़ा हुआ नहीं है तो-

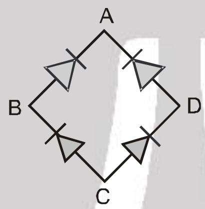
(1) सभी स्थान पर विभव समान होगा

(2) P-भाग की तरफ, N-भाग की अपेक्षा उच्च विभव होगा

(3) संधि पर N-भाग से P-भाग की ओर विद्युत क्षेत्र होगा

(4) संधि पर P-भाग से N-भाग की ओर विद्युत क्षेत्र होगा

**3.** चित्र में प्रदर्शित परिपथ को पूर्ण तरंग दिष्टकारी की तरह उपयोग करने के लिए निवेशी a.c. ........व........ पर जोड़ी जानी चाहिए तथा निर्गत d.c. ........व........ पर प्रकट होगी।




(1) A, C और B, D (2) B, D और A, C (3) A, B और C, D (4) C, A और D, B

**4.** एक...... अभिनित P-N संधि में कोटरों का परिणामी प्रवाह N-क्षेत्र से P-क्षेत्र की ओर होता हैं—

(1) अग्र (2) उत्क्रम (3) नहीं (4) 1 व 2 दोनों

---

**भाग - II : JEE (MAIN) / AIEEE (पिछले वर्षो) प्रश्न**

---

**1.** परम शून्य ताप पर Si का व्यवहार किसके समान होगा **[AIEEE-2002]**

(1) अधातु (2) धातु

(3) कुचालक (4) इनमें से कोई नही

**2.** ताप बढाने से चालक व अर्द्वचालक पदार्थ के विशिष्ट प्रतिरोध :

(1) दोनो के लिए बढेगे (2) दोनो के लिए घटेगें

(3) क्रमशः बढते है व घटते है। (4) क्रमशः घटते है व बढते है।

**3.** बंध उर्जा अन्तराल अधिकतम किस पदार्थ के लिए होता है। **[AIEEE-2002]**

(1) धातु (2) अतिचालक पदार्थ

(3) विधुतरूद्ध पदार्थ (4) अर्धचालक

**4.** बहुसंख्यक आवेश वाहको को उत्पन्न करने के लिए, ट्राजिस्टर के किस भाग को सर्वाधिक मादित (doped) किया जाता है **[AIEEE-2002]**

(1) उत्सर्जक (2) आधार

(3) संग्राहक (4) उपर्युक्त तीनों में से कोई भी

**5.** तांबे व जर्मेनियम की पट्टिका को कक्षीय ताप से 80 K तक ठण्डा किया गया है, इनका प्रतिरोध **[AIEEE-2003]**

(1) दोनो के लिए घटेगा

(2) तांबे की पट्टिका का बढेगा व जर्मेनियम का घटेगा

(3) तांबे की पट्टिका का घटेगा व जर्मेनियम का बढेगा

(4) दोनो के लिए बढेगा

6. धातु और अर्धचालक में ताप के साथ प्रतिरोध में परिवर्तन का मुख्य कारण है – [AIEEE-2003]
(1) जालक संरचना
(2) ताप के साथ आवेश वाहको की संख्या में परिवर्तन
(3) बंध प्रकार
(4) ताप के साथ विक्षेपण प्रक्रिया में परिवर्तन

7. जब P-N सन्धी डायोड को अग्र बायसित किया जाता है तो - [AIEEE-2004]
(1) अवक्षय परत घटती है तथा अवरोधी ऊचाँई बढ़ती है।
(2) अवक्षय परत चौड़ी होती है तथा अवरोधी ऊचाँई घटती है।
(3) अवक्षय परत तथा अवरोधी ऊचाँई दोंनो घटती है।
(4) अवक्षय परत तथा अवरोधी ऊचाँई दोंनो बढ़ती है।

8. जब npn ट्राजिस्टर को आवर्धक की भांति प्रयोग किया जाता है। तो [AIEEE-2004]
(1) इलेक्ट्रान आधार से संग्राहक की ओर प्रवाहित होते है।
(2) कोटर उत्सर्जक से आधार की ओर प्रवाहित होते है
(3) इलेक्ट्रान संग्राहक से आधार की ओर प्रवाहित होते है।
(4) कोटर आधार से उत्सर्जक की ओर प्रवाहित होते है।

9. अर्ध चालक की विधुत चालकता बढती है जब इस पर 2480 nm से कम तरंग दैर्ध्य के विकिरण आपतित होते है। इस अर्ध चालक का वर्जित उर्जा अन्तराल (eV) होगा [AIEEE-2005]
(1) 1.1 eV (2) 2.5 eV (3) 0.5 eV (4) 0.7 eV

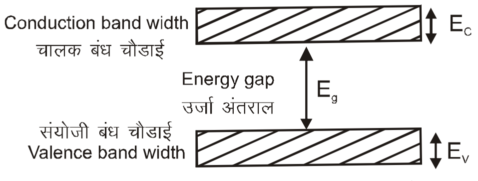
10. उभयनिष्ट आधार आवर्धक में निवेशी विभव संकेत व निर्गत विभव संकेत में कलान्तर होगा । [AIEEE-2005]
(1) $\frac{\pi}{4}$ (2) $\pi$ (3) शून्य (4) $\frac{\pi}{2}$

11. 50 Hz आवृत्ति पर कार्यकारी पूर्णतरंग दिष्टकारी के निर्गत तरंग संकेत की मूल आवृत्ति क्या होगी। [AIEEE-2005]
(1) 50 Hz (2) 25 Hz (3) 100 Hz (4) 70.7 Hz

12. किसी अर्द्धचालक में इलेक्ट्रान व कोटर की सान्द्रताओं का अनुपात $\frac{7}{5}$ है व धाराओं का अनुपात $\frac{7}{4}$ है। तब अपवहन वेगों का अनुपात क्या होगा । [AIEEE 2006]
(1) 5/8 (2) 4/5 (3) 5/4 (4) 4/7

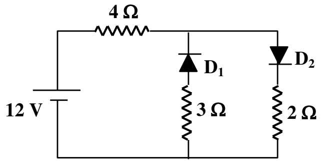
13. उभयनिष्ट आधार बायसित ट्रांजिस्टर में संग्राहक धारा 5.488 mA, उत्सर्जक धारा 5.60 mA है। आवर्धन गुणांक ($\beta$) का मान होगा [AIEEE 2006]
(1) 49 (2) 50 (3) 51 (4) 48

14. यदि इस अर्द्धचालक का जालक नियतांक घटाया जाये तो निम्न में से कौनसा विकल्प सही है। [AIEEE 2006]



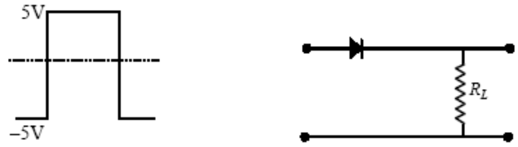

(1) सभी $E_C$, $E_g$ , $E_v$ बढेगें
(2) $E_C$ व $E_V$ बढेगा किन्तु $E_g$ घटेगा
(3) $E_c$ व $E_v$ घटेगा किन्तु $E_g$ बढेगा
(4) सभी $E_C$,$E_g$ , $E_v$ घटेगें

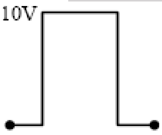
**15.** परिपथ में दो डायोड विपरीत दिशा में समान्तर क्रम जुडे हैं। परिपथ में प्रवाहित धारा ज्ञात करिए। **[AIEEE 2006]**

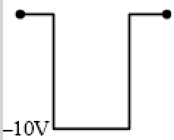


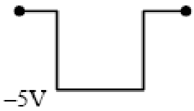

(1) 2.31 A (2) 1.33 A (3) 1.71 A (4) 2.00 A

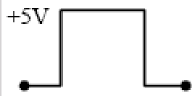
**16.** यदि p-n संधि डायोड में 10 V वर्गाकार निवेशी संकेत लगाया जाये तो $R_L$ पर निर्गत संकेत होगा। **[AIEEE 2007]**




(1) 

(2) 

(3) 

(4) 


**17.** कार्बन, सिलीकॉन, व जर्मेनियम प्रत्येक में चार संयोजी इलेक्ट्रान होते है। कक्षीय ताप पर निम्न में से कौनसा कथन सर्वाधिक उपयुक्त है। **[AIEEE 2007]**

(1) कार्बन में मुक्त चालक इलेक्ट्रॉन की संख्या *Si* व *Ge*.से अधिक होती है।

(2) तीनों मे मुक्त चालक इलेक्ट्रॉन की संख्या नगण्य होती है।

(3) तीनों मे मुक्त चालक इलेक्ट्रॉन की संख्या बहुत अधिक होती है।

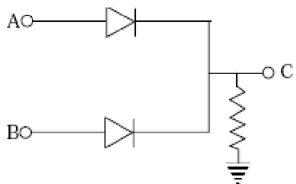
(4) *Si* व *Ge* में मुक्त चालक इलेक्ट्रॉन की संख्या कार्बन की तुलना में अधिक होती है।

**18.** एक कार्यकारी ट्रांजिस्टर के तीनो पद P, Q व R मल्टीमीटर द्वारा जांचे जाते है। P व Q के मध्य कोई चालन प्राप्त नही होता है। मल्टीमीटर के उभयनिष्ट सिरा (ऋणात्मक) को R से सम्पर्क करने पर व दुसरे सिरे (धनात्मक ) को P अथवा Q से सम्पर्कित करने पर मल्टीमीटर द्वारा कुछ प्रतिरोध मापित होता है। इस ट्राजिस्टर के लिए निम्न में से कोनसा विकल्प सही होगा । **[AIEEE 2008]**

(1) यह एक pnp ट्रांजिस्टर है जिसमें R संग्राहक है (2) यह एक pnp ट्रांजिस्टर है जिसमें R उत्सर्जक है

(3) यह एक npn ट्रांजिस्टर है जिसमें R संग्राहक है (4) यह एक npn ट्रांजिस्टर है जिसमें R आधार है

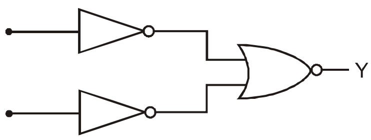
**19.** निम्न परिपथ में A व B दो निवेशी संकेत दर्शाते है व C निर्गत संकेत दर्शाता है। **[AIEEE 2008]**

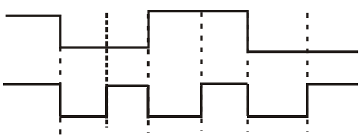


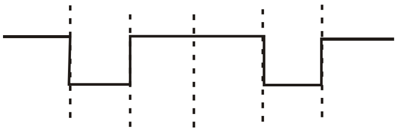

परिपथ व्यक्त करता है।

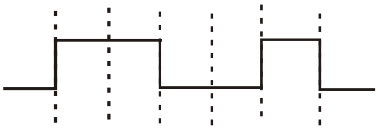
(1) AND द्वारक (2) NAND द्वारक (3) OR द्वारक (4) NOR द्वारक

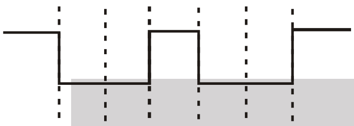
**20.** निर्दिष्ट तार्किक परिपथ ( logic circuit ) में निवेशी तरंग रूप 'A' व 'B' है। उपयुक्त निर्गत तरंग रूप चुनिये।
**[AIEEE 2009]**

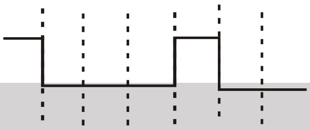


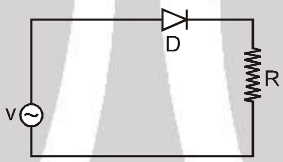

(1) 

(2) 

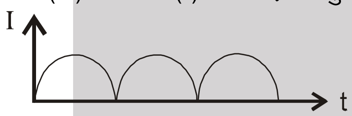
(3) 

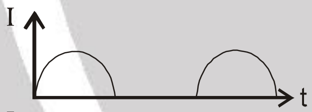
(4) 

**21.** चित्र में दर्शायी p-n संधि (4) दिष्टकारी की भांति व्यवहार करती है। परिपथ में प्रत्यावर्ती धारा स्रोत (V) जोडा गया
**[AIEEE 2009]**

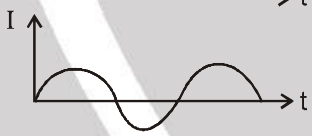



प्रतिरोध (R) में धारा (I) के लिए उपयुक्त वक्र होगा

(1) 


(2) 

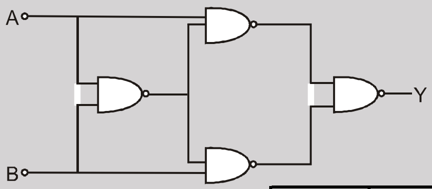

(3)


(4) 


**22.** OR गेट के निर्गत को NAND गेट के दोंनो निवेशों से जोड़ा जाता है। संयोजन इस भांति कार्य करेगा :
**[AIEEE 2011, 11 May; 4, –1]**

(1) NOT गेट (2) NOR गेट (3) AND गेट (4) OR गेट

**23.** चित्र में दर्शाये चार NAND गेट की सत्य सारिणी होगी : **[AIEEE 2012 ; 4, –1]**




(1)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

(2)

| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

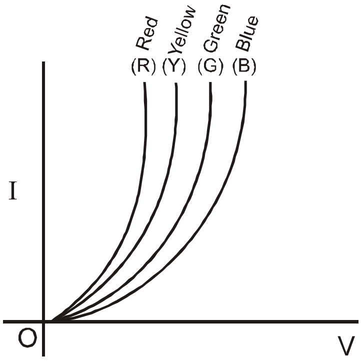
(3)

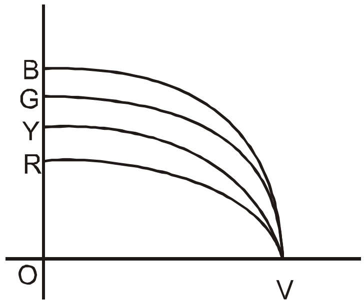
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

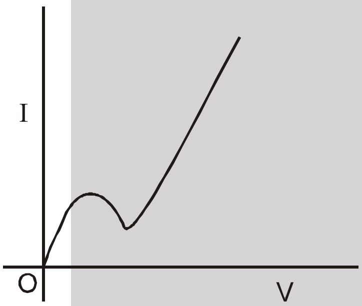
(4)

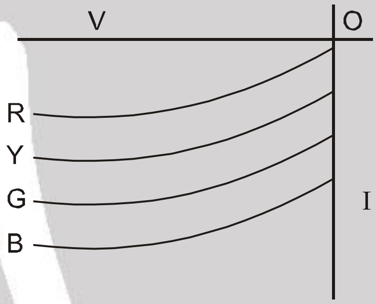
| A | B | Y |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

**24.** एक LED की I – V लक्षणता है : **[JEE-MAIN 2013]**

(1)



(2)



(3)



(4)



**25.** अग्रसित बायस वाला डायोड जोड़ है **[JEE-MAIN 2014 ; 4/120. –1]**

(1)

(2)

(3)

(4)

**26.** तॉबा तथा अमादित (undoped) सिलिकान के प्रतिरोधों की उनके तापमान पर निर्भरता, 300 – 400 K तापमान अंतराल में, के लिये सही काथन है : **[JEE-MAIN 2016 ; 4/120. –1]**

(1) तॉबा के लिये रेखीय बढ़ाव तथा सिलिकान के लिये चारघतांकी बढ़ाव

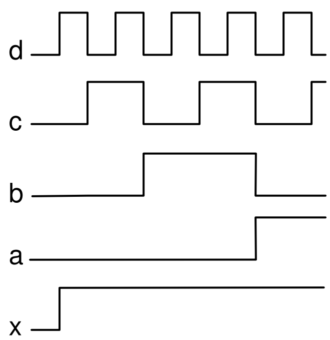
(2) तॉबा के लिये रेखीय बढ़ाव तथा सिलिकान के लिये चरघातांकी घटाव

(3) तॉबा के लिये रेखीय घटाव तथा सिलिकान के लिये रेखीय घटाव

(4) तॉबा के लिये रेखीय बढ़ाव तथा सिलिकान के लिये रेखीय बढ़ाव।

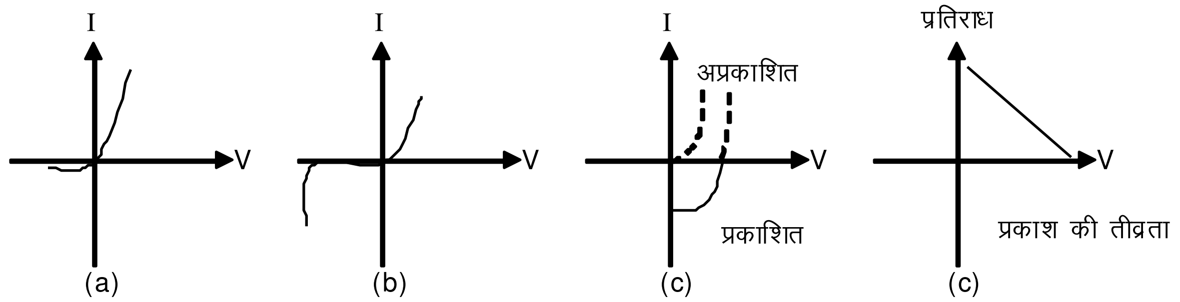
**27.** एक गेट में a,b,c,d इनपुट है और x आउटपुट है। तब दिये गये टाइम –ग्राफ के अनुसार गेट है।

**[JEE-MAIN 2016 ; 4/120. –1]**




(1) AND (2) OR (3) NAND (4) NOT

**28.** चित्र क्रमशः किन सेमीकन्डक्टर डिवाईस के अभिलक्षाणिक ग्राफ है। **[JEE(Main)-2016; 4/120, –1]**




(1) जीनर डयोड, साधारण डायोड, LDR (लाईट डिपेन्डेन्ट रेजिस्टेन्स), सोलर सेल

(2) सोलर सेल, LDR (लाईट डिपेन्डेन्ट रेजिस्टेन्स) जीनर डयोड, साधारण डायोड

(3) जीनर डायोड, सोलर सेल, साधारण डायोड, LDR (लाईट डिपेन्डेन्ट रेजिस्टेन्स)

(4) साधारण डायोड, जीनर डायोड, सोलर सेल, LDR (लाईट डिपेन्डेन्ट रेजिस्टेन्स)

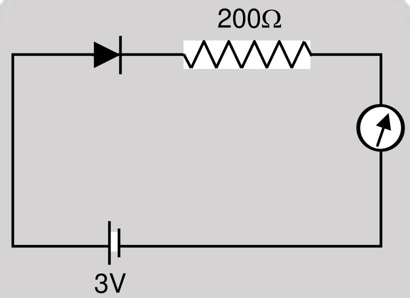
**29.** उभयनिष्ट–उत्सर्जक विन्यास के लिये $\alpha$ तथा $\beta$ के बीच निम्न में से कौनसा संबंध गलत है $\alpha$ तथा $\beta$ चिह्न सामान्य मतलब वाले है : **[JEE (Main) 2016 ; 4/120, –1]**

(1) $\alpha = \frac{\beta}{1-\beta}$ (2) $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$ (3) $\alpha = \frac{\beta^2}{1+\beta^2}$ (4) $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} + 1$

**30.** n-p-n ट्रांजिस्टर से बनाये हुए एक उभयनिष्ठ उत्सर्जक प्रवर्धक परिपथ में निवेशित तथा निर्गत विभवों के बीच कलांतर का मान होगा। **[JEE (Main) 2017; 4/120, –1]**

(1) 180° (2) 45° (3) 90° (4) 135°

**31.** दिये गये परिपथ में silicon डायोड के लिए अमीटर का पाठ्यांक होगा– **[JEE(Main)-2018, 4/120, –1]**




(1) 11.5mA (2) 13.5 mA (3) 0 (4) 15 mA

# Answers

## EXERCISE – 1

**Section (A)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **A-1.** | (2) | **A-2.** | (3) | **A-3.** | (1) |
| **A-4.** | (4) | **A-5.** | (1) | **A-6.** | (4) |
| **A-7.** | (3) | **A-8.** | (2) | **A-9.** | (4) |

**Section (B)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **B-1.** | (2) | **B-2.** | (1,2,3,4) |

**Section (C)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **C-1.** | (3) | **C-2.** | (4) | **C-3.** | (3) |
| **C-4.** | (3) | **C-5.** | (2) | **C-6.** | (2) |
| **C-7.** | (4) | **C-8.** | (2) | **C-9.** | (1) |
| **C-10.** | (2) | **C-11.** | (1) | **C-12.** | (3) |
| **C-13.** | (1) | **C-14.** | (1) | **C-15.** | (1) |

**Section (D)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **D-1.** | (2) | **D-2.** | (1) | **D-3.** | (3) |
| **D-4.** | (3) | **D-5.** | (4) | **D-6.** | (2) |
| **D-7.** | (2) | **D-8.** | (1) | **D-9.** | (3) |
| **D-10.** | (1) | **D-11.** | (2) | **D-12.** | (1) |
| **D-13.** | (4) | **D-14.** | (1) | **D-15.** | (2) |
| **D-16.** | (4) | **D-17.** | (1) | **D-18.** | (2) |
| **D-19.** | (3) | **D-20.** | (1) | **D-21.** | (4) |
| **D-22.** | (2) | **D-23.** | (3) | **D-24.** | (2) |
| **D-25.** | (1) | **D-26.** | (3) | **D-27.** | (1) |
| **D-28.** | (3) | **D-29.** | (4) | **D-30.** | (4) |
| **D-31.** | (1) | **D-32.** | (2) | **D-33.** | (1) |
| **D-34.** | (4) | **D-35.** | (1) | **D-36.** | (4) |
| **D-37.** | (3) | | | | |

**Section (E)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **E-1.** | (3) | **E-2.** | (2) | **E-3.** | (1) |
| **E-4.** | (1) | **E-5.** | (1, 4) | **E-6.** | (4) |
| **E-7.** | (1) | **E-8.** | (2) | **E-9.** | (4) |
| **E-10.** | (1) | **E-11.** | (1) | **E-12.** | (2) |
| **E-13.** | (1) | **E-14.** | (2) | **E-15.** | (2) |
| **E-16.** | (2) | **E-17.** | (4) | **E-18.** | (3) |
| **E-19.** | (4) | **E-20.** | (3) | **E-21.** | (2) |
| **E-22.** | (1) | **E-23.** | (3) | **E-24.** | (3) |

**Section (F)**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **F-1.** | (1) | **F-2.** | (2) | **F-3.** | (1) |
| **F-4.** | (1) | **F-5.** | (3) | **F-6.** | (1) |
| **F-7.** | (1) | **F-8.** | (3) | **F-9.** | (4) |
| **F-10.** | (2) | **F-11.** | (1) | **F-12.** | (3) |
| **F-13.** | (3) | | | | |

## EXERCISE – 2

**PART– I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1.** | (4) | **2.** | (1) | **3.** | (2) |
| **4.** | (4) | **5.** | (3) | **6.** | (3) |
| **7.** | (4) | **8.** | (3) | **9.** | (3) |
| **10.** | (4) | **11.** | (2) | **12.** | (3) |
| **13.** | (4) | **14.** | (1) | **15.** | (4) |
| **16.** | (2) | **17.** | (1,2,3,4) | **18.** | (3) |
| **19.** | (3) | **20.** | (3) | **21.** | (1,3,4) |

## EXERCISE – 3

**PART – I**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1.** | (2) | **2.** | (3) | **3.** | (2) |
| **4.** | (2) | | | | |

**PART – II**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1.** | (3) | **2.** | (3) | **3.** | (3) |
| **4.** | (1) | **5.** | (3) | **6.** | (2) |
| **7.** | (3) | **8.** | (4) | **9.** | (3) |
| **10.** | (3) | **11.** | (3) | **12.** | (3) |
| **13.** | (1) | **14.** | (2) | **15.** | (4) |
| **16.** | (4) | **17.** | (4) | **18.** | (4) |
| **19.** | (3) | **20.** | (4) | **21.** | (2) |
| **22.** | (2) | **23.** | (1) | **24.** | (1) |
| **25.** | (1) | **26.** | (2) | **27.** | (2) |
| **28.** | (4) | **29.** | (1,3) | **30.** | (1) |
| **31.** | (1) | | | | |