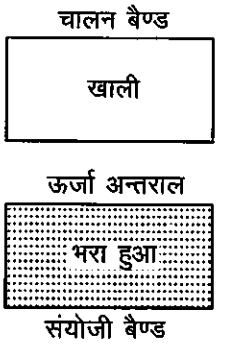
43 अर्ध चालक इलेक्ट्रॉनिकी

ठोसों में ऊर्जा बैण्ड



(i) संयोजी बैंड
(ii) चालन बैंड
(iii) वर्जित ऊर्जा बैण्ड

चालक

(i) जिसमें संयोजी व चालन बैंडों के मध्य कोई वर्जित ऊर्जा अन्तराल नहीं होता।
(ii) चालकता 10^6 से 10^8 म्हो/मी. के मध्य।
(iii) प्रतिरोधकता 10^{-8} से 10^{-6} ओम-मी. के मध्य।
(iv) प्रतिरोध ताप गुणांक धनात्मक।
(v) धारा मुक्त इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह द्वारा।
(vi) सब धातुयें चालक होती हैं।

कुचालक

(i) जिसमें संयोजी व चालन बैंडों के मध्य वर्जित ऊर्जा अन्तराल तापीय ऊर्जा (~ 0.025 eV) के सापेक्ष बहुत अधिक (~ 5 eV) होता है।
(ii) चालकता नगण्य, 10^{-7} से 10^{-16} म्हो/मी. के लगभग।
(iii) प्रतिरोधकता बहुत अधिक, 10^7 से 10^{16} ओम-मी. के मध्य।
(iv) प्रतिरोध ताप गुणांक ऋणात्मक।
(v) उदाहरण हीरा, लकड़ी काँच इत्यादि।

अर्धचालक

(i) जिसमें संयोजी व चालन बैंडों के मध्य वर्जित ऊर्जा अन्तराल 1 eV की कोटि का होता है। Ge में 0.78 eV, Si में 1.1 eV । ये आवर्त सारणी के चतुर्थ वर्ग के तत्व होते हैं।
(ii) चालकता 10^{-3} से 10^{1} म्हो/मी. के मध्य।
(iii) प्रतिरोधकता 10^{-1} से 10^{3} ओम-मी. के मध्य।
(iv) प्रतिरोध ताप गुणांक ऋणात्मक होता है, क्योंकि आवेश वाहकों की संख्या ताप वृद्धि के साथ बढ़ती है।
(v) धारा प्रवाह इलेक्ट्रॉन व होल के द्वारा होता है।

नैज अर्धचालक

(i) शुद्ध अर्धचालक जैसे Ge, Si

(ii) परम शून्य पर कुचालक की भाँति व्यवहार करते हैं।

(iii) तापीय ऊर्जा से सहसंयोजी आबन्ध टूटते हैं, जिससे मुक्त इलेक्ट्रान व होल प्राप्त होते हैं।

(iv) चालन बैंड में इलेक्ट्रॉन संख्या संयोजी बैंड में होल संख्या के बराबर होती है।

(v) धारा घनत्व $J = nq(\bar{v}_e + \bar{v}_h)$

(vi) चालकता $\sigma = \frac{J}{E} = nq(\mu_e + \mu_h)$

(vii) चालन बैंड में ताप TK पर इलेक्ट्रॉन संख्या घनत्व

$$n = AT^{3/2} e^{-\Delta Eg/2kT}$$

अपद्रव्यी अर्धचालक

(i) अशुद्धि द्वारा मादित (doped)। अशुद्धियाँ पाँचवें या तीसरे वर्ग की होती हैं।

(ii) अशुद्धि पंचम वर्ग की (P, Sb, As, Bi आदि) होने पर N-प्रकार का अर्धचालक प्राप्त होता है।

(iii) अशुद्ध तृतीय वर्ग की (B, Al, In आदि) P- होने पर P-प्रकार का अर्धचालक प्राप्त होता है।

N-प्रकार का अर्धचालक

(i) बहुसंख्यक आवेश वाहक इलेक्ट्रॉन होते हैं।

(ii) $J \approx nq\ \bar{v}_e$

(iii) $\sigma = nq\mu_e$

P-प्रकार का अर्धचालक

(i) बहुसंख्यक आवेश वाहक होल होते हैं।

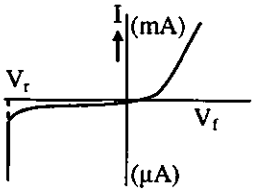
(ii) $J \approx pq\ \bar{v}_h$

(iii) $\sigma = pq\mu_h$

P-N संधि डायोड

(i) P-प्रकार व N-प्रकार के अर्धचालकों को परमाणवीय रूप से जोड़ने से प्राप्त होता है।

(ii) संधि पर मुक्त आवेशववाहक रहित परत होती है। जिसे अवक्षय परत कहते हैं।



(iii) संधि पर एक विभव रोधिका उत्पन्न हो जाती है।

(iv) अग्र-अभिनति में विभव रोधिका घट जाती है, धारा चरघातांकी रूप से बढ़ती है व गतिक प्रतिरोध कम (~100 ओम की कोटि का) होता है।

(v) उत्क्रमित अभिनति व्यवस्था में विभव रोधिका बढ़ जाती है, धारा विपरीत दिशा में लगभग नियत (संतृप्ति धारा) व अत्यल्प (~ μA) व गतिक प्रतिरोध अधिक (~ 10^6 ओम कोटि का) होता है।

(vi) I-V सम्बन्ध है। $I = I_0 (e^{qV/kT} - 1)$

जीनर डायोड

(i) उत्क्रमित बायस की अवस्था में एक निश्चित वोल्टता से अधिक आरोपित वोल्टता पर धारा एकाएक बढ़ जाती है।

(ii) यह प्रक्रिया ऐवलांश भंजन के कारण होती है।

(iii) क्रांतिक वोल्टता जीनर वोल्टता कहलाती है।

(iv) जीनर डायोड वोल्टता नियामक के रूप में प्रयुक्त होते हैं।

दिष्टकारी

(i) प्रत्यावर्ती वोल्टता से दिष्ट वोल्टता प्राप्त करने की प्रक्रिया दिष्टकरण होती है व युक्ति दिष्टकारी।

(ii) अर्धतरंग दिष्टकारी-अर्ध तरंग का उपयोग होता है। निर्गत धारा व वोल्टता स्पंदमान होती है।

$$I_{dc} = \frac{I_0}{\pi}, I_{rms} = \frac{I_0}{2}, \text{ऊर्मिका गुणांक } r = 1.21$$

दक्षता $$\eta = \frac{40.6}{1 + r_p / R_L}\%, \eta_{max} = 40.6\ \%$$

(iii) **पूर्ण-तरंग दिष्टकारी**

(a) पूर्ण तरंग का उपयोग होता है।

(b) दो सर्वसम डायोड प्रयुक्त होते हैं। निर्गत धारा व वोल्टता स्पंदमान होती है जिसकी आवृत्ति निविष्ट वोल्टता की आवृत्ति की दुगुनी होती है।

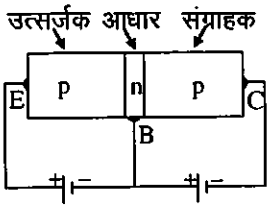
(c) $I_{dc} = \frac{2I_0}{\pi}$, $I_{rms} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, ऊर्मिका गुणांक $r = 0.48$

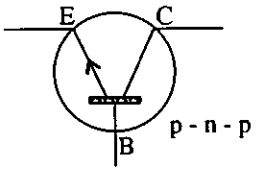
दक्षता $$\eta = \frac{81.2}{1 + r_p / R_L}\%, \eta_{max} = 81.2\ \%$$

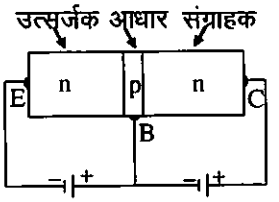
ट्रांजिस्टर

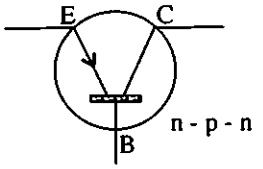
(i) निवेश पर अल्प प्रतिरोध से निर्गम पर उच्च प्रतिरोध में धारा प्रवाहित करता है। धारा नियंत्रित युक्ति है।

(ii) दो प्रकार के NPN व PNP









(iii) मध्य भाग आधार तथा अंत्य भाग उत्सर्जक तथा संग्रहक।

(iv) दोनों अंत्य भाग एक ही प्रकार के अर्धचालक होते हैं, परन्तु मध्य भाग आधार विपरीत प्रकार का होता है।

(v) $I_E = I_B + I_C$, $I_B << I_C$ अतः $I_C = I_E$

(vi) निवेश प्रतिरोध अल्प व निर्गम प्रतिरोध बहुत अधिक होता है।

ट्रांजिस्टर के अभिविन्यास

उभयनिष्ठ आधार विन्यास।

(i) उभयनिष्ठ आधार विन्यास

(ii) उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास।

(iii) उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास।

धारा लाभ

(i) उभयनिष्ठ आधार विन्यास में

$$\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \approx 1 \text{ (1 से कुछ कम)}$$

(ii) उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में धारा लाभ

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} >> 1$$

(iii) $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$

ट्रांजिस्टर प्रवर्धक

(i) उभयनिष्ठ आधार अथवा उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यासों का सामान्यतः उपयोग होता है।

(ii) उभयनिष्ठ आधार एवं उभयनिष्ठ संग्राहक विन्यास में निवेशित तथा निर्गत विभव में कलान्तर शून्य होता है। परन्तु उभयनिष्ठ उत्सर्जक विन्यास में निर्गत तथा निवेशी विभव में कलान्तर π का होता है।

(iii) निवेश प्रतिरोध R_i व लोड प्रतिरोध R_L के लिये धारा लाभ

धारा लाभ $A_i = \alpha$ या β, विन्यास के अनुसार वोल्टता लाभ

वोल्टता लाभ $A_v =$ धारा लाभ $\times$ प्रतिरोध लाभ $= (\alpha \text{ or } \beta) \times \frac{R_L}{R_i}$

शक्ति लाभ $A_p =$ धारा लाभ $\times$ वोल्टता लाभ $= (\alpha \text{ or } \beta)^2 \times \frac{R_L}{R_i}$