भौतिकी

अध्याय-14: अर्धचालक

अर्धचालक पदार्थ

वह पदार्थ जिनकी चालकता, चालकों तथा अचालकों के बीच होती है अर्धचालक (semiconductor) कहलाते हैं। जैसे कार्बन, जर्मेनियम तथा सिलिकॉन।
इन पदार्थों में विद्युत धारा का संचालन कुछ परिस्थितियों में हो जाता है। इनके विपरीत कुछ परिस्थितियों में विद्युत धारा का संचालन नहीं होता है। इसलिए ही इन पदार्थों को अर्धचालक कहते हैं।

अर्धचालक दो प्रकार के होते हैं।

(1) निज अर्धचालक
(2) बाह्य अर्धचालक

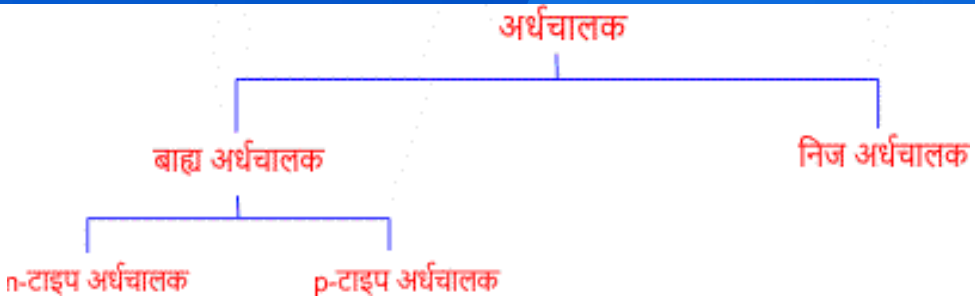
निज अर्धचालक

कोई भी अर्धचालक जिसमें कोई अपद्रव्य (मिलावट) न हो, अर्थात वह शुद्ध अवस्था में होता है तो इस प्रकार के अर्धचालक को निज अर्धचालक कहते हैं। जर्मेनियम तथा सिलिकॉन अपनी प्राकृतिक अवस्था में शुद्ध होते हैं। इसलिए यह निज अर्धचालक के उदाहरण हैं।

बाह्य अर्धचालक

अर्धचालकों की चालकता बहुत कम होती है। इनकी चालकता बढ़ाने के लिए कुछ ऐसे पदार्थ की मात्रा जिनकी संयोजकता 5 अथवा 3 है। अगर अर्धचालकों में मिला दी जाती है तो इससे अर्धचालकों की चालकता काफी बढ़ जाती है। इस प्रकार कम संयोजकता के पदार्थ को मिश्रित करने की क्रिया को अपमिश्रण कहते हैं। एवं इससे बने अर्धचालक को बाह्य अर्धचालक कहते हैं। कहीं-कहीं इसे अशुद्ध अर्धचालक भी कहते हैं।

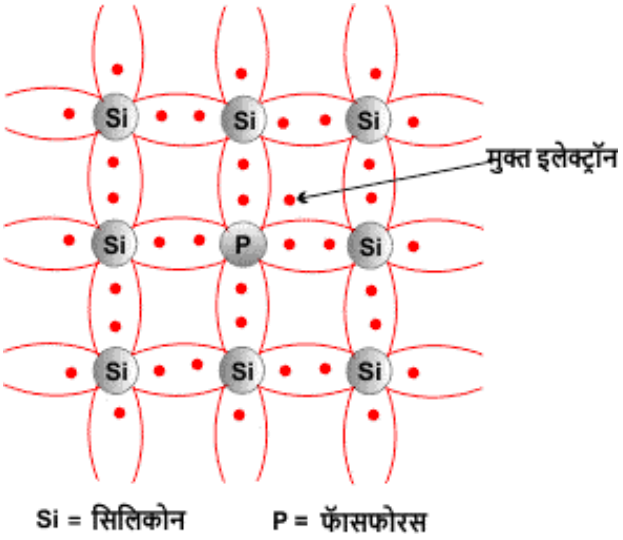
बाह्य अर्धचालक दो प्रकार के होते हैं।
(1) n-टाइप अर्धचालक
(2) p-टाइप अर्धचालक



n-टाइप अर्धचालक

जब किसी शुद्ध अर्धचालक (जैसे जर्मेनियम तथा सिलिकॉन) में 5 संयोजकता वाला अपद्रव्य (जैसे आर्सेनिक, फास्फोरस तथा एंटीमनी) को मिला दिया जाता है तो इस प्रकार के मिश्रित अर्धचालक को n टाइप अर्धचालक (n type semiconductor) कहते हैं।

n टाइप अर्धचालक में बहुसंख्यक (बहुत ज्यादा) आवेश वाहक मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं। तथा अल्प (बहुत कम) संख्यक आवेश वाहक कोटर होते हैं।



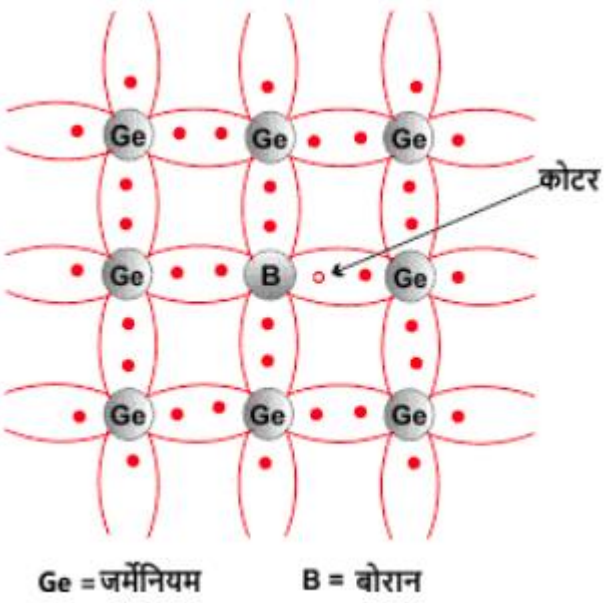
n टाइप अर्धचालक

चित्र द्वारा स्पष्ट है कि यहां सिलिकॉन Si में पांच संयोजकता वाला अपद्रव्य पदार्थ फास्फोरस P को मिलाया गया है।

p टाइप अर्धचालक

जब किसी शुद्ध अर्धचालक (जैसे जर्मेनियम तथा सिलिकॉन) में 3 संयोजकता वाला अपद्रव्य (जैसे एल्यूमीनियम, बोरान तथा गैलेनियम) को मिला दिया जाता है तो इस प्रकार के मिश्रित अर्धचालक को p टाइप अर्धचालक (p type semiconductor) कहते हैं।

p टाइप अर्धचालक में बहुसंख्यक (बहुत ज्यादा) आवेश वाहक मुक्त कोटर होते हैं। तथा अल्प (बहुत कम) संख्यक आवेश वाहक इलेक्ट्रॉन होते हैं।



p टाइप अर्धचालक

चित्र द्वारा स्पष्ट है कि यहां जर्मेनियम Ge में तीन संयोजकता वाला अपद्रव्य पदार्थ बोरान B को मिलाया गया है।

बहुसंख्यक तथा अल्पसंख्यक आवेश वाहक

n टाइप अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन तथा p टाइप अर्धचालक में कोटर बहुसंख्यक आवेश वाहक होते हैं। जबकि n टाइप अर्धचालक में कोटर तथा p टाइप अर्धचालक में इलेक्ट्रॉन अल्पसंख्यक आवेश वाहक होते हैं।

कोटर

p टाइप अर्धचालक में अपद्रव्य जो मिलाया जाता है यह परमाणु के एक ओर इलेक्ट्रॉन की ही रिक्ति होती है उसे कोटर कहते हैं। कोटर बिल्कुल इलेक्ट्रॉन की ही तरह होता है बस इस पर धन आवेश होता है जबकि इलेक्ट्रॉन पर ऋण आवेश होता है। इस कारण ही कोटर धनावेशित कण की भांति व्यवहार करता हैं।

pn संधि डायोड

जब p टाइप क्रिस्टल को विशेष विधि द्वारा n टाइप क्रिस्टल से जोड़ा जाता है। तो इस संयोजन को pn संधि डायोड (pn junction diode) कहते हैं।

जैसे ही pn संधि बनती है वैसे ही आवेश वाहकों का संधि के आर-पार विसरण प्रारंभ हो जाता है। और प्रत्येक आवेश वाहक अपने-अपने पूर्णांकों से मिलकर उदासीन हो जाते हैं। और इस प्रकार pn संधि के समीप आवेश वाहक नहीं रहते हैं। चित्र द्वारा स्पष्ट है। अब संधि के आर-पार विभवांतर उत्पन्न हो जाता है और एक अतिरिक्त विद्युत क्षेत्र E विस्थापित हो जाता है यह विद्युत क्षेत्र कुछ समय बाद इतना प्रबल हो जाता है कि आवेश वाहकों का विसरण रुक जाता है। अतः इस प्रकार pn संधि डायोड में आवेश वाहक गति करते हैं।

अवक्षय परत

pn संधि के दोनों ओर की वह परत जिसमें दाता वह ग्राही आयन उदासीन हो जाते हैं। अर्थात जिसमें कोई चलनशीन आवेश वाहक नहीं होते हैं। उस परत को अवक्षय परत कहते हैं।

अवक्षय परत की मोटाई 10^{-6} मीटर की कोटी की होती है अवक्षय परत के सिरों के बीच उत्पन्न विभवांतर को रोधिका विभव या विभव प्राचीर कहते हैं। इसका मान जर्मेनियम संधि के लिए 0.3 वोल्ट तथा सिलिकॉन संधि के लिए 0.7 वोल्ट होता है।

pn संधि डायोड में धारा का प्रवाह

यदि संधि डायोड में कोई बाह्य बैटरी न लगी हो तो उसमें कोई धारा नहीं बहती है।
pn संधि डायोड को बाह्य ऊर्जा स्रोत से दो प्रकार से जोड़ा जा सकता है।

(i) अग्र अभिनति

(i) पश्च (उत्क्रम) अभिनति

अग्र अभिनति

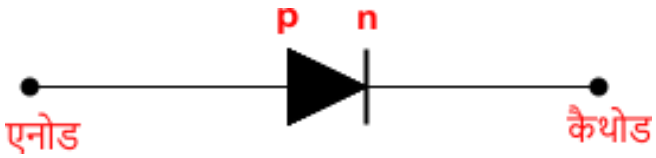
जब संधि डायोड के p-क्षेत्र को बाह्य बैटरी के धन सिरे से तथा n-क्षेत्र को बाह्य बैटरी के ऋण सिरे से जोड़ा जाता है तो संधि को अग्र अभिनति कहते हैं। चित्र द्वारा स्पष्ट है।

पश्च (उत्क्रम) अभिनति में pn संधि डायोड

जब संधि डायोड के p-क्षेत्र को बाह्य बैटरी के ऋण सिरे से तथा n-क्षेत्र को बाह्य बैटरी के धन सिरे से जोड़ा जाता है तो संधि को उत्क्रम (पश्च) अभिनति कहते हैं। यह भी चित्र द्वारा स्पष्ट है।

pn संधि डायोड का प्रतीक चिन्ह

pn संधि डायोड को प्रस्तुत प्रतीक (symbol of pn sandhi diode) द्वारा दर्शाया जाता है।



प्रकाश उत्सर्जक डायोड LED

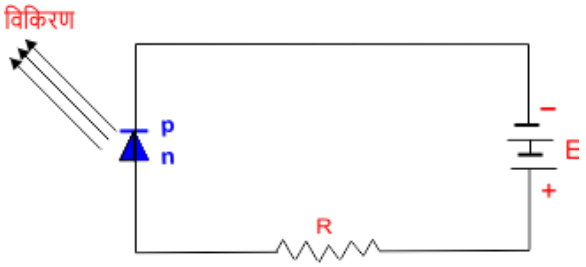
यह एक प्रकार की p-n संधि है जो साधारण p-n संधियों से बहुत अधिक अपमिश्रित होती है। यह अग्र अभिनति में विकिरण ऊर्जा का उत्सर्जन करती है। इसे प्रकाश उत्सर्जक डायोड या LED भी कहते हैं।

LED का पूरा नाम - light emitting diode (प्रकाश उत्सर्जक डायोड) होता है। प्रकाश उत्सर्जक डायोड एक ऐसी युक्ति है, जो किसी बाह्य बैटरी से प्राप्त विद्युत ऊर्जा को विकिरण ऊर्जा में परिवर्तित करती है।

LED का सिद्धांत

प्रकाश उत्सर्जक डायोड एलईडी का प्रतीक चिन्ह प्रस्तुत परिपथ में दिया गया है।

चित्र में E दिष्ट धारा (D.C.) बैटरी, स्रोत है जिसका धन सिरा p-n संधि डायोड के p-क्षेत्र से जोड़ा जाता है। एवं बैटरी का ऋण सिरा, p-n संधि डायोड के n-क्षेत्र से जोड़ा गया है। एवं परिपथ में बैटरी के धन सिरे तथा डायोड के p-क्षेत्र के बीच एक प्रतिरोध R लगाते हैं। यह प्रतिरोध एलईडी में प्रवाहित धारा, अगर सीमा से ऊपर चली जाती है तब एलईडी को प्रतिरोध क्षतिग्रस्त होने से बचाता है। उत्सर्जित विकिरण की ऊर्जा E = hν होती है।



प्रकाश उत्सर्जक डायोड LED

LED की कार्यविधि

जब प्रकाश उत्सर्जक डायोड को अग्र अभिनति में जोड़ा जाता है तो डायोड के n-क्षेत्र से बहुसंख्यक आवेश बाहर इलेक्ट्रॉन तथा p-क्षेत्र में बहुसंख्यक आवेश कोटर, संधि की ओर गति करते हैं। एवं संधि क्षेत्र में संयोजित हो जाते हैं संयोजन की इस क्रिया में जो ऊर्जा मुक्त होती है। वह संधि डायोड पर विद्युत चुंबकीय तरंगों के रूप में उत्पन्न हो जाती है।

अब ऐसे फोटोन जिनकी ऊर्जा LED के पदार्थ की ऊर्जा के बराबर या उससे कम होती है तो वह फोटोन एलईडी की संधि से बाहर प्रकाश के रूप में आ जाते हैं। जैसे-जैसे अग्र धारा का मान बढ़ता है वैसे ही उत्सर्जित प्रकाश की तीव्रता बढ़ने लगती है और अंत में अधिकतम मान प्राप्त कर लेती है। अगर यदि अग्र धारा का मान उपयुक्त मान से और ज्यादा कर दिया जाता है तो उत्सर्जित प्रकाश की तीव्रता घटने लगती है। इस प्रकार स्पष्ट होता है कि एलईडी को ऐसे अभिनत किया जाता है। जिसे उत्सर्जित प्रकाश की तीव्रता का मान अधिकतम हो।

LED के उपयोग

LED के मुख्य उपयोग क्या है नीचे दिए गए हैं -

1. कंप्यूटर, केलकुलेटर तथा इलेक्ट्रॉनिक डिवाइसों के अंग प्रदर्शन में LED का उपयोग किया जाता है।
2. चोर की सूचना देने वाली घंटी LED की सहायता से बनाई जाती हैं।
3. टी०वी० एल०सी०डी० तथा डी०वी०डी० प्लेयर के रिमोट कंट्रोल में LED का प्रयोग किया जाता है।

फोटो डायोड

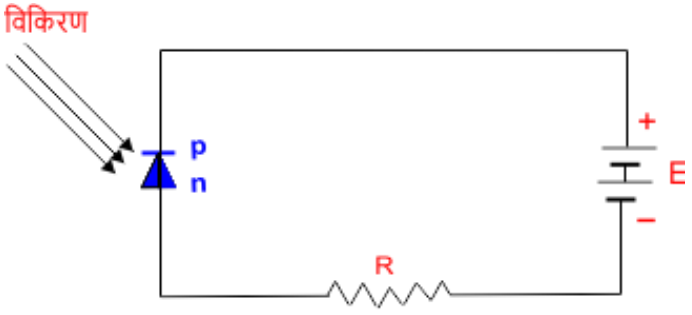
फोटो डायोड एक ऐसी होती है जो प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करती है। इसमें p-n संधि डायोड को उत्क्रम (पश्च) अभिनति में जोड़ा जाता है। फोटो डायोड (photodiode) प्रकाश विद्युत प्रभाव पर आधारित होती है।

चूंकि इसमें डायोड उत्क्रम अभिनति में जुड़ा होता है। इसलिए इसमें बहने वाली धारा अल्पसंख्यक आवेश वाहकों के कारण ही होती है।

फोटो डायोड एक प्रकार का सोर सेल ही होता है बस यह सौर सेल का छोटा रूप होता है। बाकी दोनों को कार्य प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित करना ही है।

फोटो डायोड का सिद्धांत

इसके सिद्धांत को समझने के लिए एक परिपथ तैयार करते हैं। परिपथ में एक बाह्य बैटरी की सहायता से विद्युत धारा का प्रवाह करते हैं। परिपथ में एक p-n संधि डायोड भी जोड़ा जाता है जिसका n-क्षेत्र बैटरी का धन टर्मिनल से तथा संधि डायोड का p-क्षेत्र बैटरी के ऋण टर्मिनल से जोड़ा गया है। इसमें संधि के p-क्षेत्र को बहुत पतला व पारदर्शी रखा जाता है एवं संधि के ऊपर कांच या प्लास्टिक का आवरण चढ़ाया जाता है। जिससे संधि डायोड पर कोई क्षति ना हो।



फोटो डायोड

फोटो डायोड की कार्यविधि

फोटो डायोड का विद्युत परिपथ ऊपर प्रदर्शित किया गया है। जब p-n संधि डायोड पर बिना प्रकाश के बाह्य बैटरी से पर्याप्त वोल्टेज लगाकर उत्क्रम अभिनत किया जाता है, तो संधि के दोनों ओर के अल्पसंख्यक आवेश वाहक संधि को पार कर अवक्षय परत पर पहुंच जाते हैं। जिसके फलस्वरूप परिपथ में एक लघु धारा का प्रवाह शुरू हो जाता है यह धारा संधि पर n-क्षेत्र से p-क्षेत्र की ओर बहती है।

जब फोटोडायोड को अग्र अभिनति में रखा जाता है तो यह फोटो डायोड एक सामान्य संधि डायोड की भांति ही कार्य करता है। इसलिए फोटोडायोड में संधि उत्क्रम अभिनति में ही रखी जाती है। अग्र अभिनति में p-n संधि पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है।

फोटो डायोड के उपयोग

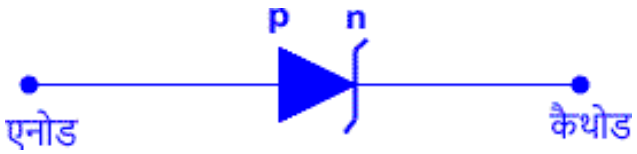
(i) इसका उपयोग प्रकाश संचालित कुंजियों में किया जाता है।
(ii) किसका उपयोग कंप्यूटर पंच कार्डों आदि को पढ़ने में किया जाता है।

जेनर डायोड

जेनर डायोड p-n संधि का ही एक रूप है। लेकिन इसमें कुछ विशेष गुण होते हैं यह विशेष गुण ही p-n संधि डायोड को जेनर डायोड (zener diode) बनाते हैं। जेनर डायोड की खोज वैज्ञानिक क्लीयरेंस जेलर ने की थी। जेनर डायोड कोई युक्ति नहीं है। एक प्रकार की p-n संधि ही है।

जेनर डायोड को इस प्रकार से बनाया जाता हैं कि यह उत्क्रम (पश्च) अभिनति में भी बिना खराब हुए लगातार कार्य कर सकता है।

जेनर डायोड का प्रतीक चिन्ह

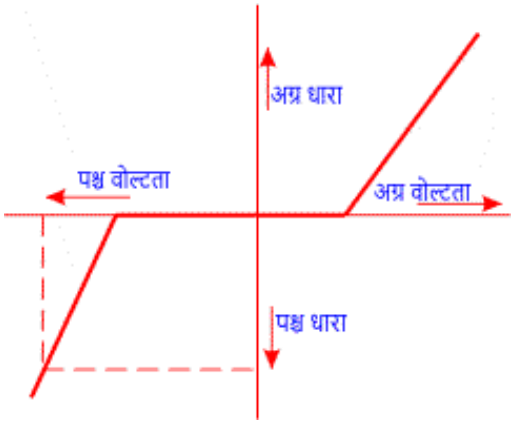


जेनर डायोड का प्रतीक चिन्ह

जेनर डायोड को प्रस्तुत प्रतीक चिन्ह द्वारा दर्शाया जाता है यह बिल्कुल p-n संधि के ही समान है बस कुछ भिन्नताएं हैं।

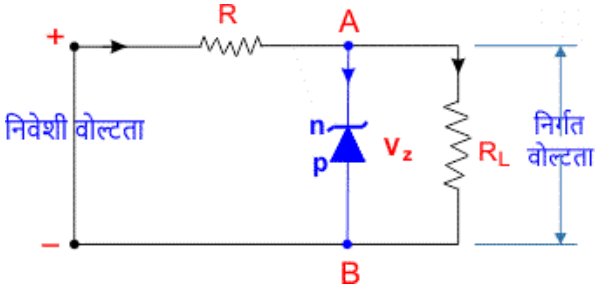
जेनर डायोड के अभिलक्षण

इसके लिए हम सबसे पहले किरण आरेख खींचते हैं जो नीचे दर्शाया गया है। जब किसी जेनर डायोड को अग्र अभिनति में परिपथ में जोड़ा जाता है तो वह एक साधारण p-n संधि डायोड की तरह ही काम करता है। लेकिन जब जेनर डायोड को उत्क्रम अभिनति में परिपथ में जोड़ा जाता है तो इसमें भंजक वोल्टता उत्पन्न हो जाती है। जिस पर यह बिना किसी खराबी के निरंतर कार्य करता है जेनर डायोड का अभिलाक्षणिक वक्र चित्र में प्रदर्शित किया गया है।



वोल्टता नियंत्रक के रूप में जेनर डायोड

जेनर डायोड को वोल्टता निरंतर के रूप में प्रयोग करने के लिए सबसे पहले एक परिपथ तैयार करते हैं। जेनर डायोड पर एक निवेशी वोल्टेज को एक प्रतिरोध में से गुजारते हुए श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है। इस स्थिति में जेनर डायोड उत्क्रम अभिनति में होता है जब निवेशी वोल्टेज के मान में वृद्धि की जाती है तो परिपथ में प्रवाहित धारा के मान में भी वृद्धि हो जाती है। यदि परिपथ में प्रवाहित वोल्टता का मान जेनर डायोड की जेनर वोल्टता (V_z) से अधिक है तब डायोड भंजक स्थिति में होता है इसमें जेनर डायोड की वोल्टता नियत रहती है।

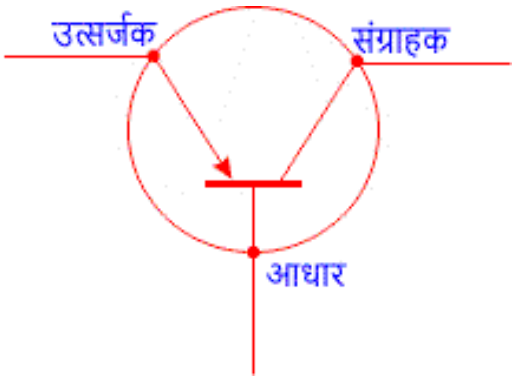


वोल्टता नियंत्रक के रूप में जेनर डायोड

तथा जब निवेशी वोल्टता के मान में कमी की जाती है तो परिपथ में प्रवाहित धारा के मान में भी कमी आ जाती है। अब परिपथ में वोल्टता में कोई परिवर्तन नहीं होता है लेकिन प्रतिरोध के सिरों पर वोल्टता में कमी आ जाती है। अतः स्पष्ट है कि निवेशी वोल्टता के मान में कमी यह वृद्धि करने पर जेनर वोल्टता (V_z) में बिना परिवर्तन के प्रतिरोध R के सिरों पर वोल्टता में वृद्धि या कमी हो जाती है। तो इस प्रकार जेनर डायोड वोल्टता निरंतर के रूप में कार्य करता है।

ट्रांजिस्टर

ट्रांजिस्टर एक अर्धचालक युक्ति है जो p व n प्रकार के अर्धचालक से बनी होती है यह इलेक्ट्रॉन और विद्युत के प्रवाह को रोकने के काम आता है। ट्रांजिस्टर के तीन भाग होते हैं पहला आधार दूसरा संग्राहक तथा तीसरा उत्सर्जक होता है। ट्रांजिस्टर (transistor) अर्धचालक की खोज वैज्ञानिकों बार्डीन, शोकले तथा बेरिन ने सन् 1948 ई० में की थी, इस खोज पर इनको सन् 1956 ई० में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया।



ट्रांजिस्टर के प्रकार

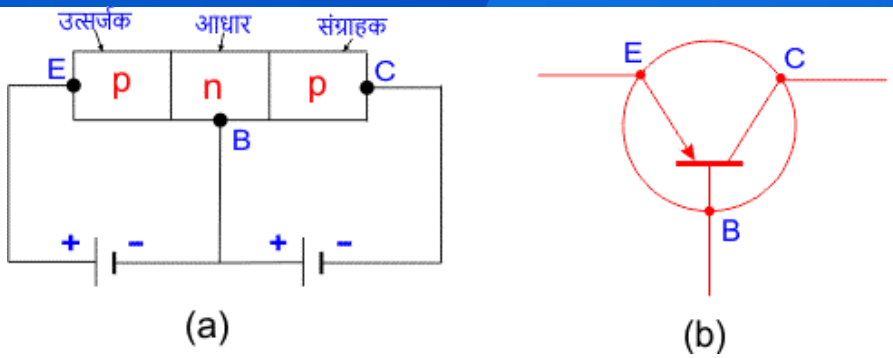
ट्रांजिस्टर दो प्रकार के होते हैं। यहां हम कक्षा 12वीं के भौतिकी के बारे में पढ़ रहे हैं।

(i) pnp ट्रांजिस्टर

(ii) npn ट्रांजिस्टर

PNP ट्रांजिस्टर

इसमें n-टाइप अर्धचालक की एक बहुत पतली परत होती है जो दो p-टाइप अर्धचालकों के छोटे-छोटे क्रिस्टलों के बीच दबा कर रखते हैं। इस पतली परत को आधार तथा दाएं व बाएं ओर के क्रिस्टलो को संग्राहक व उत्सर्जक कहते हैं। इन्हें क्रमशः B, C तथा E से प्रदर्शित करते हैं।



PNP ट्रांजिस्टर

उपरोक्त चित्र (a) में p-n-p ट्रांजिस्टर को दर्शाया गया है एवं चित्र (b) में PNP ट्रांजिस्टर का प्रतीक चिन्ह है।

PNP ट्रांजिस्टर की कार्यविधि

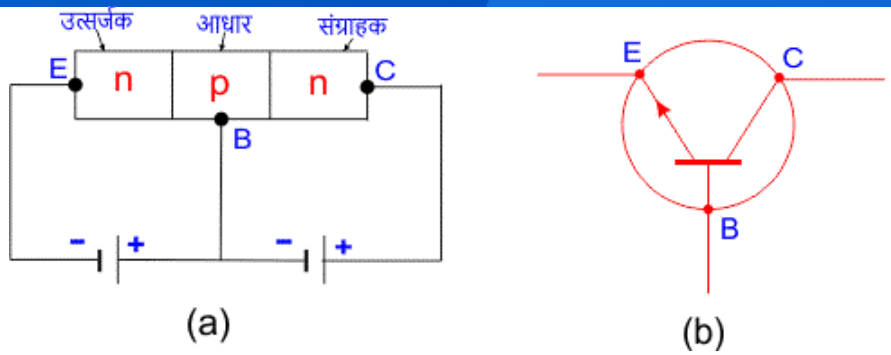
इसमें p-क्षेत्र में आवेश वाहक कोटर होते हैं। तथा n-क्षेत्र में आवेश वाहक इलेक्ट्रॉन होते हैं एक तरफ की संधि को ज्यादा अग्र अभिनति तथा दूसरी तरफ की संधि को कम उत्क्रम अभिनति विभव दिया जाता है। अग्र अभिनति होने के कारण उत्सर्जक E में उपस्थित कोटर आधार B की ओर चलने लगते हैं। जबकि आधार B में उपस्थित इलेक्ट्रॉन उत्सर्जक E की ओर चलने लगते हैं। क्योंकि आधार B बहुत पतला होता है अतः इसमें प्रवेश करने वाले अधिकतम कोटर संग्राहक C में पहुंच जाते हैं। तथा बहुत कम कोटर आधार B में उपस्थित इलेक्ट्रॉन से संयोग करते हैं।

टर्मिनल B में प्रवेश करने वाली धारा को आधार धारा I_B तथा टर्मिनल C में प्रवेश करने वाली धारा I_C होती है। यह धाराएं आपस में मिलकर टर्मिनल E में प्रवेश करती हैं जिसे उत्सर्जक धारा I_E कहते हैं। अतः

$$\boxed{I_E = I_B + I_C}$$

NPN ट्रांजिस्टर

इसमें p-टाइप अर्धचालक की एक बहुत पतली परत होती है जो दो n-टाइप अर्धचालकों के छोटे-छोटे क्रिस्टलों के बीच दबा कर रखी जाती है। इस पतली परत को आधार तथा दाएं व बाएं ओर के क्रिस्टलो को संग्राहक व उत्सर्जक कहते हैं। इन्हें क्रमशः B, C, E से प्रदर्शित करते हैं।



NPN ट्रांजिस्टर

उपरोक्त चित्र (a) में n-p-n ट्रांजिस्टर को दर्शाया गया है तथा चित्र (b) में NPN ट्रांजिस्टर का प्रतीक चिन्ह है।

NPN ट्रांजिस्टर की कार्यविधि

इसमें p-क्षेत्र में आवेश वाहक कोटर होते हैं। तथा n-क्षेत्र में आवेश वाहक इलेक्ट्रॉन होते हैं एक तरफ की संधि को कम अग्र अभिनति तथा दूसरी तरफ की संधि को ज्यादा उत्क्रम अभिनति विभव दिया जाता है। अग्र अभिनति होने के कारण उत्सर्जक E में उपस्थित इलेक्ट्रॉन आधार B की ओर चलने लगते हैं। जबकि आधार B में उपस्थित कोटर उत्सर्जक E की ओर चलने लगते हैं। क्योंकि आधार B बहुत पतला होता है अतः इसमें प्रवेश करने वाले अधिकतम इलेक्ट्रॉन संग्राहक C में पहुंच जाते हैं। तथा बहुत कम इलेक्ट्रॉन आधार B में उपस्थित कोटर से संयोग करते हैं।

टर्मिनल B में प्रवेश करने वाली धारा को आधार धारा I_B तथा टर्मिनल C में प्रवेश करने वाली धारा, संग्राहक धारा I_C होती है। ये धाराएं मिलकर टर्मिनल E में प्रवेश करती हैं जिसे उत्सर्जक धारा I_E कहते हैं। अतः

$$\boxed{I_E = I_B + I_C}$$

लॉजिक गेट

यह लॉजिक गेट नोट्स कक्षा 12वीं के स्टूडेंट के लिए खासकर बनाए गए हैं। लॉजिक गेट ऐसे डिजिटल परिपथ होते हैं जो कि निवेशी तथा निर्गत सिग्नलों के बीच किसी तर्क संगत संबंध पर आधारित होते हैं। लॉजिक गेट डिजिटल परिपथों का आधार है। यह

सामान्य स्विचों, रिले, डायोडो, ट्रांजिस्टर तथा एकीकृत परिपथ (I.C.) को प्रयुक्त करके बनाए जाते हैं।

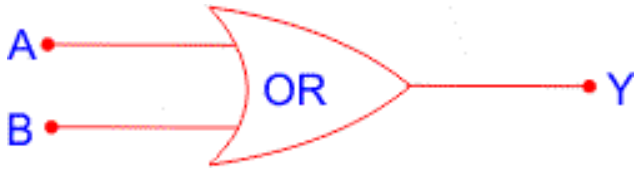
मूल लॉजिक गेट तीन प्रकार के होते हैं -
(1) OR गेट
(2) AND गेट
(3) NOT गेट

OR गेट

OR गेट वह युक्ति है जिसमें दो निवेशी तथा एक निर्गत चर होता है जो क्रमशः A, B तथा Y द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

OR गेट का बुलियन व्यंजक $\boxed{A + B = Y}$

OR गेट का प्रतीक चिन्ह



OR गेट का प्रतीक चिन्ह

सत्यता सारणी

A	B	A+B=Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

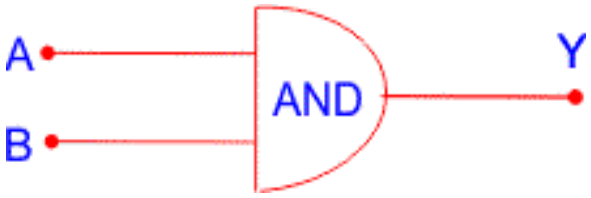
AND गेट

AND गेट वह युक्ति है जिसमें दो निवेशी तथा एक निर्गत चर होता है जिसे क्रमशः A, B तथा Y द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

AND गेट का बुलियन व्यंजक

$$A \bullet B = Y$$

AND गेट का प्रतीक चिन्ह



AND गेट का प्रतीक चिन्ह

सत्यता सारणी

A	B	A·B=Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

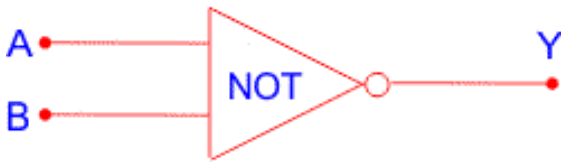
NOT गेट

NOT गेट वह युक्ति है जिसमें एकल निवेशी तथा एकल निर्गत चर होता है जो क्रमशः A तथा Y द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

NOT गेट का बुलियन व्यंजक

$$\boxed{\overline{A} = Y}$$

NOT गेट का प्रतीक चिन्ह



NOT गेट का प्रतीक चिन्ह

सत्यता सारणी

A	$\bar{A}$=Y
0	1
1	0

लॉजिक गेट का संयोग

मूल गेटों OR, AND तथा NOT में से कोई भी एक अकेला गेट बार-बार प्रयुक्त होकर कोई अन्य गेट उत्पन्न नहीं कर सकता है। परंतु NAND गेट तथा NOR गेट को बार-बार प्रयुक्त करके तीनों मूल गेट प्राप्त किए जा सकते हैं।

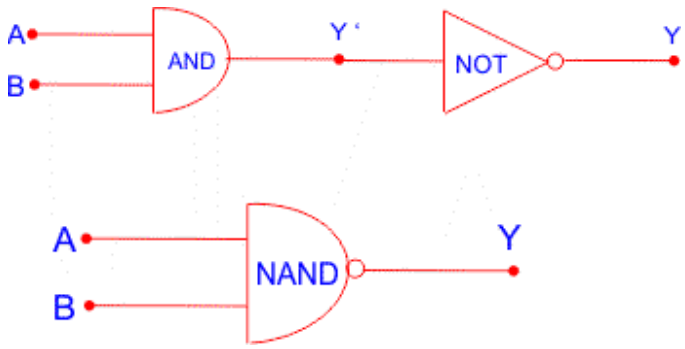
NAND गेट

NAND गेट, AND गेट तथा NOT गेट के संयोग से बनता है। इसमें भी दो निवेशी तथा एकल निर्गत चर होता है।

NAND गेट का बुलियन

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

NAND गेट का प्रतीक चिन्ह



NAND गेट का प्रतीक चिन्ह

सत्यता सारणी

A	B	$\bar{A} \cdot \bar{B} = Y$
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

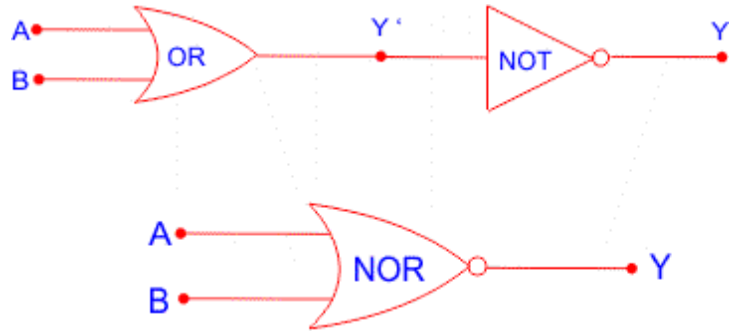
NOR गेट

NOR गेट, OR गेट तथा NOT गेट के संयोग से बनता है। इसमें दो निवेशी तथा एकल निर्गत चर होता है।

NOR गेट का बुलियन

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

NOR गेट का प्रतीक चिन्ह



NOR गेट का प्रतीक चिन्ह

सत्यता सारणी

A	B	$\bar{A}+\bar{B}=Y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0