PN जन्कशन - अर्द्ध चालक डायोड (PN Junction - semi conductor diodes)

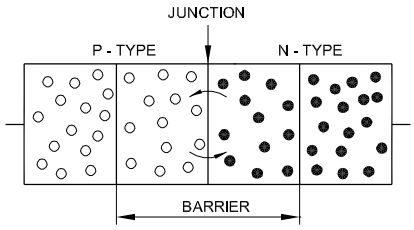
उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे :

- **PN जन्कशन में डिफ्यूशन और बेरियर पोटेन्शियल स्पष्ट करना**
- **PN जन्क्शन की फारवर्ड और बैकवर्ड बियासिंग तथा सेमीकन्डक्टर डियोड और उनकी VI विशेषताएँ स्पष्ट करना**
- **डियोड के अनुप्रयोग विनिर्देश स्पष्ट करना और उनके प्रकार बताना**
- **डियोड नम्बरिंग हेतु विभिन्न औद्योगिक मानदण्ड बताना तथा डियोड के समतुल्य खोजना**
- **डियोड परीक्षण की विधि बताना और पोलारिटीको पहचानना**
- **विशेष डियोड, उनके प्रकार्य तथा PIV बताना।**

PN संधि (PN junction): P तथा N पदार्थ के संयोजन से डायोड बनाते है। सतह जिस पर यह पदार्थ मिलते है को, PN संधि कहते है।

जब P तथा N पदार्थ एक साथ जुड़ते हैं, तब विसरण होता है। (Fig 1) N पदार्थ मे कुछ इलेक्टान, संधि के निकट, P पदार्थ मे कोटर (hole) से आकर्षित होते है, इस तरह से N पदार्थ में कोटर (छिद्र) रह जाते है। विद्युत आवेश का विसरण, संधि के निकट छोटे क्षेत्र में विभांतर उत्पन्न करता है। (Fig 1) इसके परिणाम से, पदार्थ एक दिशा में संवाहन करता है, लेकिन विपरीत दिशा में नही, इसी कारण वह क्षेत्र, जिसमें यह emf अस्तित्व में होता है, उसे रोधिका (Barrier) कहते हैं।

Fig 1



आंतरिक अवरोध विभव (V_b) (Internal barrier potintial (V_b)): यद्यपि यह एक आंतरिक सम्पर्क विभव है जिसे सीधे नही मापा जा सकता है, फिर भी प्रभाव को **Ge** संधि के लिए 0.3V या **Si** के लिए 0.7V से निष्प्रभावित किया जा सकता है। **Si** के लिए रोधिका विभाव अधिक होता है क्योकि इसका कम परमाणु क्रमांक सह संयोजी बन्ध में अधिक स्थिरता देता है, जैसे कि पूर्व में बताया जा चुका है।

PN संधि, रिक्तीकरण क्षेत्र आवर्धित के साथ यह दर्शाता है कि आयन, जिसके पास धनात्मक तथा ऋणात्मक आवेश हैं, वे रोधिका पर आंतरिक सम्पर्क विभव V_b उत्पन्न करते है। (Fig 2)

PN युक्ति को डायोड कहते है। डायोड तथा उसके चिन्ह को (Fig 3) में दर्शाये गए है। इस प्रकार की रचना, धारा को एक दिशा में प्रवाह होने देती है पर विपरीत दिशा में नही।

PN संधि की अभिनति (Biasing the PN junction)

अग्र अभिनति (Forward bias): अग्र अभिनति PN संधि को (Fig 4) में दर्शाया गया है। धनात्मक सिरा, P साईड (पार्श्व) से जुड़ा रहता है तथा DC आपूर्ति का ऋणात्मक सिरा, संधि के N साईड से जुड़ा होता है।

Fig 2

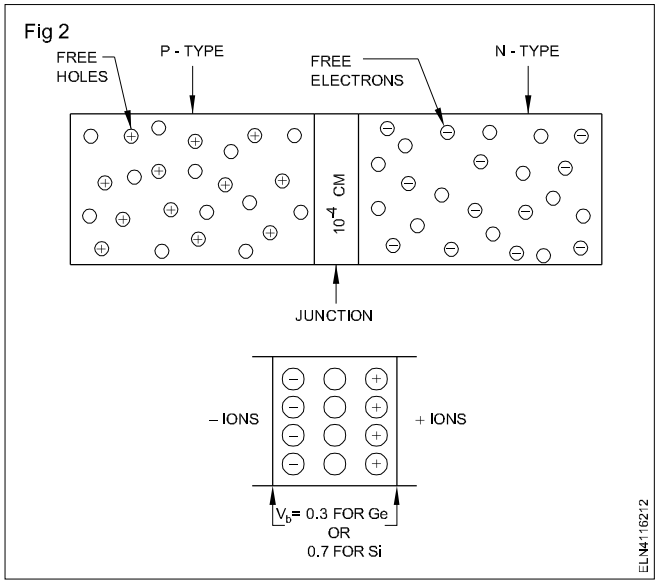


Fig 3

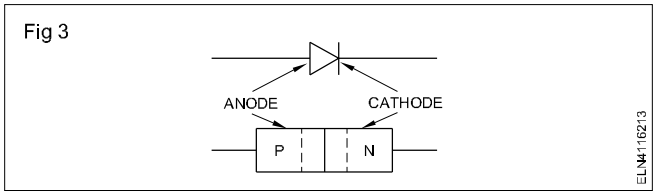
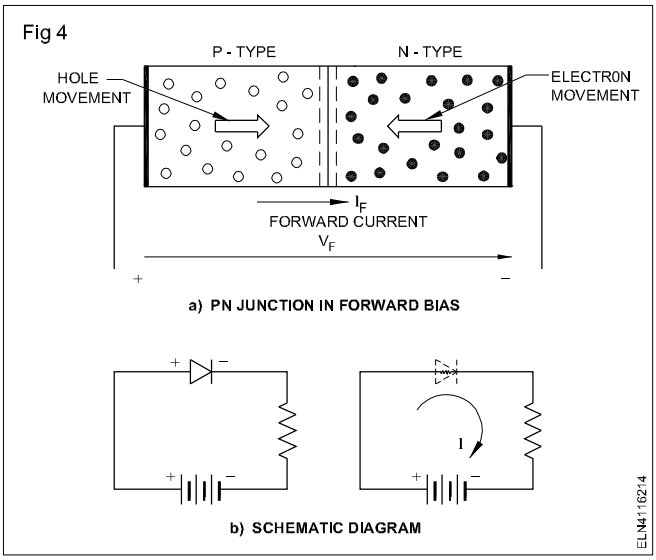


Fig 4



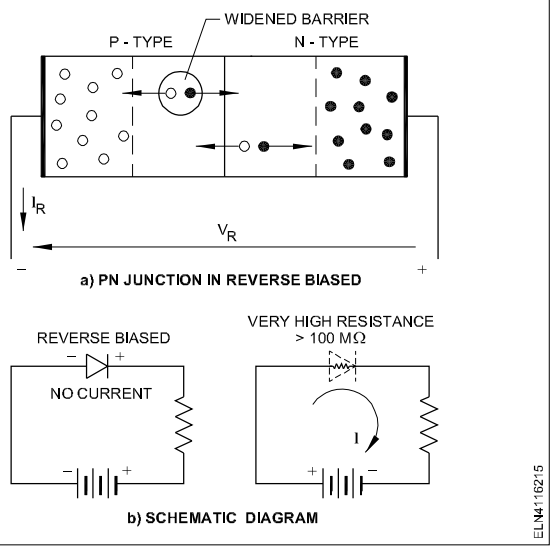
(Fig 4) में दर्शाये गए अनुसार, डायोड में से धारा प्रवाहित होगी। बैटरी के लिए धनात्मक सिरा, अतिरिक्त कोटर (Holes) को छोडते हुए P पदार्थ से इलेक्ट्रानो को आकर्षित करता है। क्योकि संधि में से निकलते

इलेक्ट्रान (drifting away) निकलते है, इसलिए संधि के निक्ट अतिरिक्त होल संचित होते है। उसी क्षण, बैटरी के ऋणात्मक सिरे से इलेक्ट्रान, डायोड के कम ऋणात्मक N पदार्थ की तरफ आकर्षित होते हैं। यह क्रिया, संधि पर रोधिका को निष्प्रभावित करती हैं, तथा इलेक्ट्रान को, P पदार्थ के अतिरिक्त होल में जाने देती है, इसके परिणम से एक दिशा में इलेक्ट्रान लगातार प्रवाह होते रहते है। अग्र अभिनति संवहन में आवेश वाहको को चलने के लिए आवश्यक वोल्टता को रोधिका वोल्टता (barrier voltage) कहते है।

विपरीत अभिनति (Reverse Bias) :

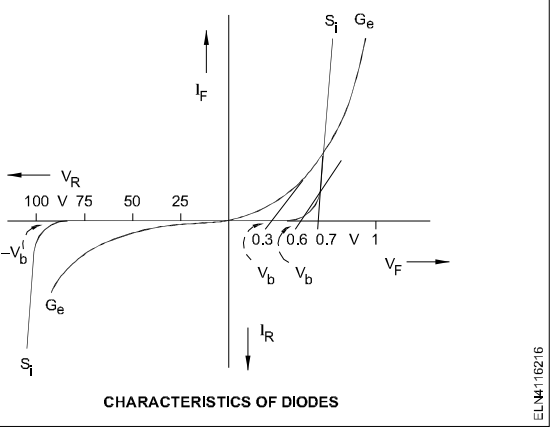
यदि DC आपूर्ति की ध्रुवता, (Fig 5) में दर्शाये गए अनुसार हो तो PN संधि को विपरीत अभिनति का कहते हैं, अर्थात साइड P, ऋणात्मक से तथा साइड N, आपूर्ति के धनात्मक सिरे से सम्बंधन होते है। (Fig 5) विपरीत बैटरी सम्बंधन (विपरीत अभिनति) को दर्शाता है। उसी समय, P पदार्थ में इलेक्ट्रान के विस्थापन के कारण, धनात्म्क होल, डायोड के लिए सिरे के निकट संधि से और आगे जाते है, जो बैटरी के ऋणात्मक सिरे से जुड़े हैं। यह क्रिया PN संधि पर चौड़ी रोधिका उत्पन्न करती है जिसमें से इलेक्ट्रान प्रवाहित नही हो सकते है। (फिर भी बहुत कम धारा का क्षरण हो सक्ता है)।

Fig 5



PN संधि के V-I अभिलक्षण (V-I characteristic of PN junction): स्थैतिक धारा वोल्टता अभिलक्षण (Fig 6) मे दर्शाये गये है।

Fig 6



अग्र दिशा में धारा, अग्र वोल्टता V_b तक पहुंचने पर शीघ्रता से बढ़ती है, जिसे रोधिका विभव या संधि विभव कहते है। जर्मेनियम के लिए रोधिका विभव 0.3V तथा सिलिकॉन के लिये 0.7V है। PN संधि का व्यवहार, अधिकतम अग्र धारा से सीमित रहता है, क्योकि अत्याधिक धारा, अधिक ऊष्मा उत्पन्न होने के कारण डायोड को नष्ट कर सकती है।

संधि के विपरीत दिशा में धारा बहुत कम होती है। विपरीत दिशा में - V_b तक पहुंचने पर, विपरीत धारा अचानक बढ़ जाती है। -V_b विपरीत दिशा में जहॉ धारा बढना प्रारंभ होती है को नी विभव (Knee Potential) या विभंग वोल्टता (break down voltage) कहते है। सामान्यतः इस क्षेत्र में डायोड को प्रचालित नही किया जाता हैं। नी वोल्टता, डायोड के प्रकार पर निर्भर करता है जो 3V से 20kV या अधिक तक परिवर्तित होता है।

डायोड के अनुप्रयोग (Application of diodes) : अर्धचालक डायोड विभिन्न अनुप्रयोगो के लिए उपयोग किये जाते है। अनुप्रयोगों के कुछ मुख्य क्षेत्र की सूचि नीचे दी गई है।

- संचार प्राप्ता (Communication reveiver) में अधिमिश्रण (Modulation) तथा अनधिमिश्रण
- उच्च गति के अंकीय (डिजिटल) परिपथ की स्विचन
- निम्न शक्ति तथा उच्च शक्ति दिष्ट करण
- EM रिले तथा अन्य परिपथो में तंरग की संरक्षक (Surge protectors)
- तरंग रूप को क्लिप तथा क्लेम्प करने के लिए

विभिन्न अनुप्रयोग के लिए, विभिन्न धारा प्रवाह की क्षमता, विभिन्न PIV क्षमता, इत्यादी के डायोड की आवश्यकता होती है। इसलिए निर्माता, विभिन्न विनिर्देश के साथ विभिन्न अनुप्रयोगो की व्यवस्था करने के लिए डायोड बनाते है। किसी विशिष्ट अनुप्रयोग के लिए डायोड का उपयोग करने के पूर्व यह आवश्यक है कि दिये गये डायोड की वोल्टता, धारा तथा ताप के लक्षण, आवश्यकता अनुसार हैं या नहीं।

डायोड के महत्वपूर्ण विनिर्देश (Important specifications of a diodes)

पदार्थ (The material): डायोड अपमिश्रण (dopped) अर्धचालक पदार्थ से बनते है। यह सिलिकन या जरमेनियम या सेलेनियम हो सकता हे। यह महत्वपूर्ण है क्योकि कट-इन वोल्टता, डायोड के पदार्थ पर निर्भर करती है। उदाहरण के लिए Ge डयोड में कट-इन वोल्टता लगभग 0.3v है जबकि Si डायोड में कट-इन इन वोल्टता लगभग 0.7V है।

अधिकतम सुरक्षित विपरीत वोल्टता (Maximum safe inverse voltage) : इसे V_R या Vr से प्रदर्शित करते है तथा इसे डायोड के मध्य प्रयुक्त किया जा सकता है। इसे पीक इनवर्स वोल्टता (उत्क्रम शिखर मान) या PIV कहते है। यदि निर्धारण PIV से उच्च विपरीत वोल्टता को डायोड के मध्य प्रयुक्त किया जाये तो वह स्थाई रूप से दोषपूर्ण हो जायेगा।

अधिकतम औसत अग्र धारा (Maximum average forward current): I_f या I_F जो डायोड, बिना खराब हुए अपने में से प्रवाह होने दे।

अग्र वोल्टता पतन (Forward Voltage drop) : V_F या V_f अग्र वोल्टता पतन जो कि डायोड के मध्य प्रकट होती है, जब अधिकतम औसत, I_f धारा उसमें से लगातार प्रवाहित होती है।

अधिकतम विपरीत धारा (Maximum reverse current): I_{vr} जो अधिकतम विपरीत वोल्टता, PIV प्रयुक्त होने पर डायोड में से प्रवाहित होती है।

अधिकतम अग्र सर्ज (surge) धारा (Maximum forward surge current) : I_s जो डायोड में से समय के निश्चित कम अंतराल में से प्रवाह हो सकता है।

अधिकतम संधि ताप (Maximum junction temperature): डिग्री सेंटाग्रेड में, जो डायोड संधि को क्षतिग्रस्त किये बिना या वह कार्य जिसके लिए वह बना है, उसे किसे बिना, सहन कर सकता हैं।

डायोड के निर्माताओं के कोड (Manufacturer's code of diodes): डायोड पर टाइप नम्बर मुद्रित होता है। जब इस टाइप नम्बर को निर्माता की पुस्तिका से देखा जाये तो डायोड के किसी निश्चित टाइप नम्बर के लिये विस्तृत विनिर्देश प्राप्त हो सकते है।

डयोड तथा अन्य पुर्जो जो विभिन्न निर्माताओ द्वारा निर्मित है मे मानकीकरण लाने के लिए पुर्जों के उपयोगकर्ता के नाम के लिए, निर्माताओ तथा प्रमाणिक संस्थाओं ने कुछ निश्चित अंतराष्ट्रीय मानक सेट किये है। मुख्य उद्योगो मानक अंकन पद्वति का यहाँ पर वर्णन किया गया है।

1 JEDEC टाईप कोण (The JEDEC type code) : USA मे EIA ने 1N, 2N टाईप जिसे लोकप्रिय रूप से JEDEC टाईप कहते है, जिसे विश्वव्यापी स्वीकृति मिली है, का एक रजिस्टर बनाया है।

1N को एक संधि के साथ अर्धचालक के लिए उपसर्ग की तरह उपयोग किया गया है। उदाहरण के लिए सभी 1N पुर्जे, डायोड को संदर्भ करते है, क्योकि डायोड की एक संधि होती है। इसी तरह से, उपसर्ग 2N का उपयोग, दो संधि के पुर्जा के लिए उपयोग होता है, इत्यादी।

2 The PRO-ELECTRON टाइप कोड (The PRO-ELECTION type code) : यूरोपीय में प्रो इलेक्ट्रान अंतराष्ट्रीय संस्था ने प्रो इलेक्ट्रोन टाईप का एक रजिस्टर बनाया है, जिसे यूरोप में व्याप्त स्वीकृति मिली है।

प्रो इलेक्ट्रान पद्वति में पुर्जो में निम्नलिखित होते हैं

- उपभोक्ता के उपकरणो के लिए दो अक्षर तथा आंकित कोड होता है (उदाहरण के लिए, BY127) तथा इत्यादी
- औद्योगिक उपकरणो के लिए तीन अक्षर तथा आंकिक कोड होता है (उदाहरण के लिए, ACY17 तथा इत्यादी)।

प्रो इलेक्ट्रान टाईप कोड में प्रथम अक्षर, उपकरण को बनाने में उपयोग हुए अर्धचालक के प्रकार को संकेत करता है। उदाहरण A से प्रारंभ होने वाले उपकरण नम्बर जरमेनियम के बने हेते है, और आगे के विवरण तथा उदाहरण के लिए डायोड आंकड़ा पुस्तिका को देखें करें।

द्वितीय तथा तृतीय अक्षर पुर्जों अनुप्रयोगो को संकेत करता है। उदाहरण, टाईप कोड BY127 में द्वितीय अक्षर Y संकेत करता है कि यह दिष्टकारी डायोड है।

द्वितीय तथा तृतीय अक्षर के बाद का अंक, उसके विस्तृत वोल्टता, धारा तथा ताप के विनिर्देश का कोड नम्बर हैं।

3 JIS टाईप कोड (The JIS type code) : जापान में JIS (जापानी औद्योगिक मानक) कोड उपयोग होता है। पुर्जो को नम्बर करने की यह पद्वति लगभग सर्वव्यापी है। इस पद्वति में, सभी पुर्जो के नम्बर 2S से प्रारंभ होते है, इसके बाद अक्षर फिर अनेक नम्बर। उदाहरण : 2SB364, S के बाद के अक्षर का, निम्नलिखित अभिप्राय है।

A = pnp hf

B = pnp if

c = npn hf

d = npn if

कुछ पुर्जे पर टाईप नम्बर होता है जो ऊपर कहे गए किसी भी अंतर्राष्ट्रीय मानक से मेच नही करते है। फिर, ये टाईप नम्बर, व्यक्गित निर्माता के लिए विशिष्ट है। इन कोडो को सामान्यतः, निर्माता के हाऊस कोड कहा जाता है। फिर भी ये टाईप नम्बर एक या अधिक अन्तराष्ट्रीय मानक की पुष्टि करते है। लगभग सभी मानक डायोड आंकड़ा पुस्तिका में प्रसिद्व हाऊस की सूची दी गई हैं।

अनुदेशक, किसी प्रसिद्ध डायोड ओकडा पुस्तिका को देख कर आपके क्षेत्र से सम्बंधित कुछ निर्माताओ के हाऊस कोड को बता सकते है। एक आंकड़ा पुस्तिका, 4 प्रशिक्षणर्थियो के प्रत्येक बैच को दें। काले / सफेद बोर्ड पर कुछ डायोड टाईप कोड लिखे तथा बैच को विनिर्देश पता लगाने को कहें।

डायोड तुल्यांक (Doide equivalent): ऐसे अनेक अवसर आते है, विशेषतः जब इलेक्ट्रानिकी परिपथ की सेवाई करना हो तो किसी विशेष टाईप नम्बर के डायोड के लिए प्रतिस्थपना मिलना सम्भव न हो। ऐसी स्थितियों में बदले जाने वाले के निकटतम विनिर्देश के डायोड प्राप्त किया जा सकते है।

उदाहरण: परिपथ में डायोड 1N 4007 दोषपूर्ण पाया जाता है, तथा यदि 1N 4007 स्टाक (भण्डार) में उपलब्ध न हो तो, 1N 4007 के स्थान पर BY 127 का उपयोग किया जा सकता है क्योकि वह 1N 4007 के तुल्यांक है।

कुछ आंकड़ा पुस्तिका में तुल्यांक की सूची दी रहती है ।

डायोड का वर्गीकरण (Classification of Diodes) :

1 उनके धारा वहन करने की क्षमता/ शक्ति सहन करने की क्षमता पर आधारित, डायोड को निम्नानुसार वर्गीकरण किया जा सकता है

- **कम शक्ति के डायोड (low power diodes)**

  केवल अनेक मिलीवॉट की शक्ति ही प्रहस्तन कर सकते है।

- **मध्यम शक्ति के डायोड (medium power diodes)**

  केवल अनेक वॉट की शक्ति ही प्रहस्तन कर सकते है।

- **उच्च शक्ति के डायोड (high power diodes)**

  अनेक 100 वाट को शक्ति को प्रहस्तन कर सकते है।

2 उनके मुख्य अनुप्रयोगो पर आधारित, डायोड को निम्नानुसार वर्गीकृत किया जा सकता है।

- **सिग्नल डायोड (Signal diodes)**

  संचार परिपथ जैसे रेडिया रिसिवर इत्यादी में उपयोग होने वाले कम शाक्ति के डायोड, सिग्नल पता लगाने तथा मिक्सिंग के लिये।

- **स्विचिंग डायोड (Switching diodes)**

  परिपथों में शीघ्र ऑन/ ऑफ स्विन के लिये डिजिटल इलेक्ट्रानिकी इत्यादी जैसे स्विचन परिपथो में उपयोग होने वाले कम शक्ति के डायोड।

- **दिष्टकारी डायोड (Rectifier diodes)**

  AC को DC वोल्टता में परिवर्तित करने के लिये, इलेक्ट्रानिकी परिपथो के लिये, शक्ति प्रदाय में उपयोग होने वाले मध्यम से उच्च शक्ति।

3 उपयोग हुई निर्माण की तकनीक पर आधरित, डायोड को निम्नानुसार वर्गीकृत किया जा सकता है।

- **प्वाइंट कान्टेक्ट (बिन्दु सम्पर्क) डायोड (point contact diodes)**

  छोटे जरमेनियम (Ge) या सिल्कन (Si) पर दाब के साथ जुड़े एक धातु की सुई।

- **संधि (जंक्शन) डायोड (Junction diodes)**

  अर्ध चालक पदार्थ पर P तथा N पदार्थ को विसरण (diffuse) करके या बढ़ा कर या मिश्रण से बनाये जाते है।

डायोड पेकिंग के प्रकार (Types of diode packaging): डायोड पर दी गई पैक करने का प्रकार, मुख्यतः डायोड के धारा वहन की क्षमता पर आधारित होता है। कम शक्ति के डायोड या तो कॉच या प्लास्टिक पेकिंग में होते है। मध्यम शक्ति के डायोड या तो प्लास्टिक या धातु की पेकिंग में हो सकते हैं। उच्च शक्ति के डायोड, अपरिवर्तनीय रूप से या तो धातु के केन वाले या सिरेमिक पेकिंग के हो सकते है। उच्च शक्ति डायोड सामान्यतः स्टड-आरोहण प्रकार के होते है।

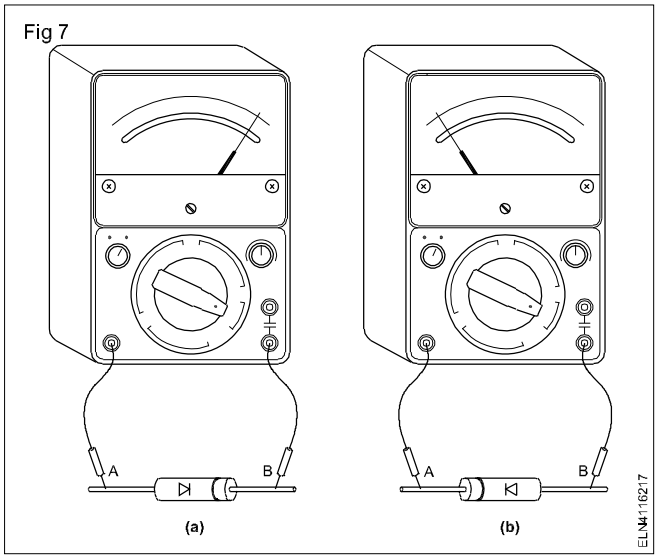
ओह्ममापी के उपयोग से दिष्टकारी डायोड का परीक्षण (Testing rectifier diodes using ohmmeter): एक सरल ओह्ममापी का उपयोग, डायोड की स्थिति को शीघ्रता से परीक्षण करने के लिये किया जा सकता है। परीक्षण की इस विधि में, डायोड के प्रतिरोध को अग्र तथा विपरीत अभिनति की स्थिति को उसकी स्थिति सुनिश्चित करने के लिये जाँच किया जाता है।

प्रत्यास्मरण करें कि प्रतिरोध के परास में ओह्ममापी या बहुमापी के अंदर एक बैटरी होगी। यह बैटरी वोल्टता, (Fig 7) में दर्शाये गये अनुसार मापी के टर्मिनल के लीड़ के साथ श्रेणी क्रम में आता है। (Fig 7) में लीड A धनात्मक लीड, B ऋणात्मक है।

यदि प्रारंभ में मापी की लीड की ध्रुवता मालूम न हो तो, मापी के लीड की ध्रुवता को, ओह्ममापी टर्मिनल के मध्य वोल्टमापी का उपयोग करके ज्ञात किया जा सकता है।

यदि ओह्ममापी की धनात्मक लीड, (Fig 7) में लीड A, डायोड के एनोड से तथा ऋणात्मक (लीड B) कैथोड से जुडी हो तो, डायोड अग्र अभिनति का होगा। धारा प्रवाहित होगी तथा मापी कम प्रतिरोध को संकेत करेगा।

Fig 7



दूसरी तरफ, यदि मापी की लीड को विपरीत कर दिया जाये तो, डायोड विपरीत अभिनति का होगा। बहुत कम धारा प्रवाहित होगी, क्योकि अच्छा डायोड का बहुत उच्च प्रतिरोध होगा, जब वह विपरीत अभिनति का होगा, तथा मापी बहुत उच्च प्रतिरोध का संकेत करेगा।

उपरोक्त परीक्षण करते समय यदि अग्र (forward) तथा विपरीत (reverse) अभिनति (biased) दोनो में बहुत कम प्रतिरोध दर्शाता है तो फिर परीक्षण किये जा रहे डायोड, क्षतिग्रस्त है तथा अधिक विशिष्ट रूप से लघुपथित हैं। दूसरी तरफ, डायोड को खुला तब कहॉ जाता हैं जब, मापी अग्र तथा विपरीत अभिनति दोनो स्थितियों में बहुत उच्च प्रतिरोध दर्शाता है।

डायोड पर ध्रुवता का चिन्हांकन (Polarity marking on the diodes) : डायोड का कैथोड सिरा, सामान्यतः एक वृताकार बैन्ड से या डॉट से धन (+) के चिन्ह से अंकित होता है। कुछ डायोडो में डायोड का चिन्ह जो स्वंय ध्रुवता का सकेंत करता है, डायोड की काय पर मुद्रित होता है।

विशिष्ट डायोड (Special diodes): सभी डायोड मूलतः PN संधि डायोड है और अनुप्रयोग के आधार पर बनाये जाते हें। कई प्रकार के विशिष्ट उद्देश्य हेतु डायोड है, जिनमें जेनर डायोड का उपयोग वोल्टेज नियामक के रूप में बहुतायत किया जाता है।

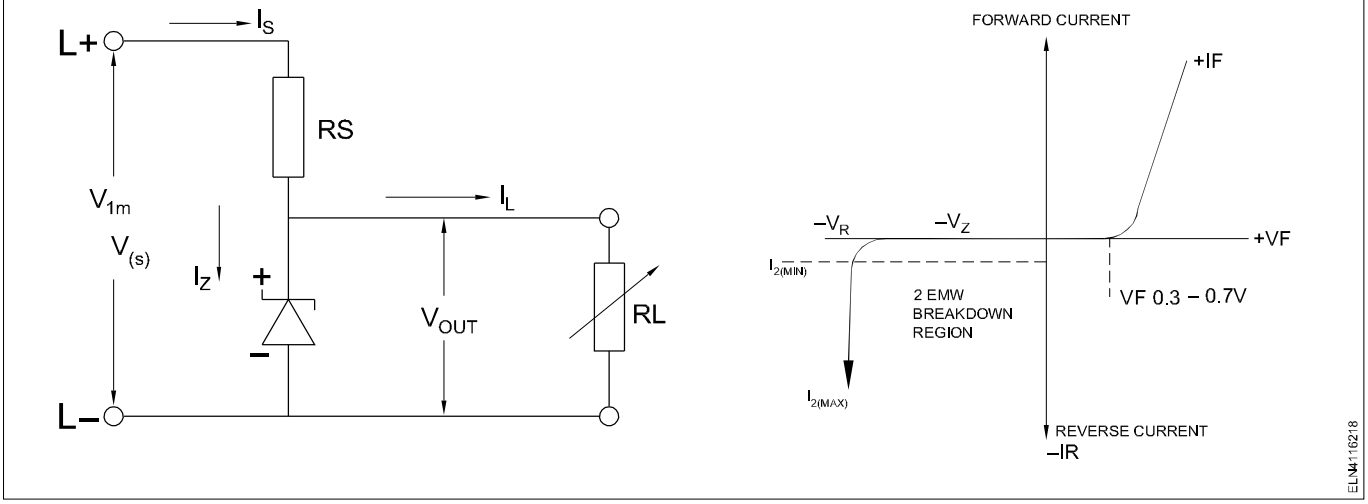
जेनर डायोड (Zener diode): यह विशेष रूप से वोल्टेज नियामक के लिए बनाया जाता है। बहुत प्रकार के वोल्टेज नियामक जेनर डायोड पाये जाते हैं।

यह एक PN संधि डायोड है जिसे अत्यधिक डोपिंग करके वोल्टेज नियामक उद्देश्य के लिए बनाया जाता है। फारवर्ड बायस में इसका अभिलाक्षणिक (characteristic) (वोल्टेज करंट वक्र) सामान्य होता है लेकिन इसका अभिलाणिक (VI) एकाएक बदल जाता है जब इसे रिवर्स बायस से जोड़ा जाता है।

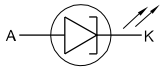
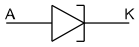
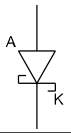
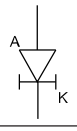
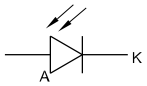
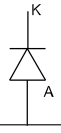
रिवर्स बायस की स्थिति में केवल लीकेज करंट माइक्रो एम्पियर की सीमा में प्रवाहित होता है। जब रिवर्स वोल्टेज किसी विशिष्ट तय किये गये वोल्टेज पर पहुँच जाता है तो संधि टूट जाता है। जिसे जेनर भंजन (avalanche breakdown) कहा जाता है।

जब नियत वोल्टेज पर उच्च धारा प्रवाहित होता है। वोल्टेज लगातार नियत रहता है। आगे यदि वोल्टेज में वृद्धि होती है तो धारा अचानक बढ़ जाता है। Fig 8 जेनर डायोड का रिवर्स बायस अभिलाक्षणित प्रदर्शित करता है।

Fig 8



Few more special diodes listed below in Table 1

Sl.No	Name	Purpose	Symbol
1	LED	Light emitting diode - exhibits light in conduction	
2	TUNEL or ESAKI	Un effected by change in temperature	
3	SCHOTTKY	Fast switching	
4	VARICAP	Varactor -Variable capacitance diode or tuning diode	
5	SCHOKLEY	Constant current diode	
6	PHOTO DIODE	Light dependent diode	
7	IMPATT DIODE	Heavily doped PN layers	
8	PIN DIODE	Low capacitance switching