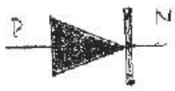
प्रयोग सं. 8

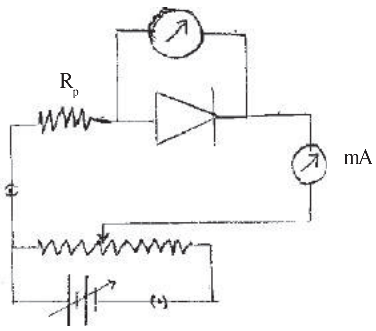
उद्‌देश्य – अग्रदिशिक तथा पश्चदिशिक अभिनति में P - N संधि के I - V वक्र अभिलाक्षणिक वक्र खींचना तथा अग्र एवं पश्च प्रतिरोध ज्ञात करना।

उपकरण एवं सामग्री – एक P - N संधि डायोड (IN 4007 या अन्य), 3Ω, $\frac{1}{2}$ वाट का एक प्रतिरोध (कार्बन प्रतिरोध), (0-12V) का DC परिवर्ती स्रोत, एक (0-200mA) का मिली अमीटर; एक (0-200μA) का माइक्रो अमीटर, (0-12V) का वोल्टमीटर; (0-1.5V) का वोल्टमीटर, संयोजी तार एवं एकमार्गी कुंजी।

दिष्टकारी डायोड



डायोड प्रतीक



डायोड अभिलाक्षणिक परिपथ

चित्र 8.1

सिद्धांत – P-प्रकार एवं N-प्रकार के अर्धचालकों से जब P-N संधि बनती है तो संधि क्षेत्र के बहुत पतले भाग $(\approx 10^{-6}m)$ में कोई भी स्वतन्त्र धारावाही उपलब्ध नहीं होते, जिसे अवक्षय परत कहते हैं। P प्रकार के अर्धचालक से कोटर N प्रकार तथा N-प्रकार के अर्धचालक से मुक्त इलेक्ट्रोन, P-प्रकार के अर्धचालक में जाने से संधि तल पर एक सम्पर्क विभव / विभव अवरोध स्थापित हो जाता है। जिसका धन टर्मिनल N प्रकार तथा ॠृण टर्मिनल P-प्रकार के अर्धचालक की ओर होता है। यह सम्पर्क विभव और अधिक धारावाहियों को संधि तल पार करने से रोकता है।

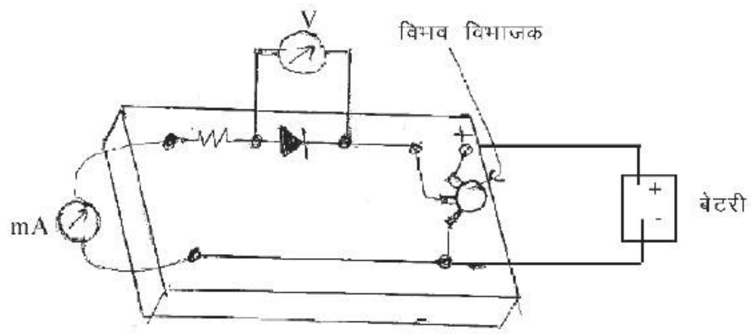
अग्र बायस– जब P-प्रकार के अर्धचालक को बेटरी के धन टर्मिनल से तथा N-प्रकार के अर्ध चालक को बेटरी के ॠृण टर्मिनल से जोड़ते हैं तो इस संयोजन को अग्र बायस कहते हैं। अग्र बायस की स्थिति में संधि तल पर विभव का मान शून्य से बढ़ाना आरम्भ करते हैं एवं प्रवाहित धारा का मापन करते हैं। विभव के अल्प मान (0.1V, 0.2V....) पर धारा नगण्य होगी, परन्तु विभव का मान अधिक करने पर धारा चरघातांकी रूप से बढ़ती है। यह धारा मुख्य धारावाही द्वारा प्राप्त होती है।

उत्क्रम बायस (पश्च बायस, Reverse bias)

जब P-प्रकार के अर्धचालक को बेटरी के ऋृण टर्मिनल तथा N-प्रकार के अर्धचालक को बेटरी के धन टर्मिनल से जोड़ा जाता है, तो इस संयोजन को पश्च बायस/उत्क्रम बायस कहते हैं।

उत्क्रम बायस की अवस्था में संधि तल पर अवक्षय परत की मोटाई एवं विभव अवरोध का मान बढ़ जाता है। इस अवस्था में कोई भी बहुसंख्यक धारावाही संधि तल की ओर प्रवाहित नहीं होते हैं एवं संधि तल का प्रतिरोध बहुत उच्च हो जाता है। अल्पसंख्यक धारावाही (P-प्रकार में इलेक्ट्रोन व N-प्रकार में कोटर) के कारण अत्यन्त अल्प धारा संधि से प्रवाहित होती है। पश्च बायस में विभव के एक निश्चित मान पर बहुत अधिक पश्च धारा प्रवाहित होगी। इस स्थिति में अवक्षय परत में बॉन्ड व्यवस्था टूटने से बहुत अधिक स्वतन्त्र धारावाही उत्पन्न होते हैं। इस पश्च विभव को जेनर विभव कहते हैं।

विधि – कई प्रयोगशालाओं में अर्धचालक डायोड के अभिलाक्षणिक के लिए इस प्रकार का (Plug-in-type) उपकरण उपलब्ध होता है जिसमें सारे संयोजन किए होते हैं एवं छात्र को केवल वोल्टमीटर एवं अमीटर के पाठयांक लेने होते हैं परन्तु यह अच्छा रहता है कि इस प्रयोग के लिए चित्रानुसार एक बोर्ड तैयार करें एवं विभिन्न उपकरणों को संयोजित करें।



डायोड अभिलाक्षणिक बोर्ड (उत्क्रम बायस संयोजन)

अग्र बायस अभिलाक्षणिक–

1. चित्रानुसार उपकरणों का संयोजन करें।
2. अग्र बायस में विभव का मान शून्य से 0.1V के क्रम में बढ़ाते जाएं एवं संगत मिली अमीटर का पाठयांक ज्ञात करके सारणीबद्ध करें। शुरू में विभव के साथ धारा में वृद्धि बहुत कम होती है, परन्तु कुछ अधिक विभव ($\simeq 0{\cdot}6V - 0.7V$) के बाद धारा का मान तेजी से बढ़ता है।

3. उत्क्रम बायस/पश्च बायस अभिलाक्षणिक के लिए–

(i) डायोड को खोलकर उल्टा संयोजन करें तथा वोल्टमीटर एवं अमीटर को बदलकर उचित परास के मीटर संयोजित करें। (माइक्रोमीटर तथा अधिक परास का वोल्टमीटर)

(ii) इस संयोजन में विभव का मान 1.0V के पदों में बढ़ाया जाता है। धारा में वृद्धि (μA में) लगभग रेखीय होती है। एक विशेष पश्च बायस विभव, जेनर विभव पर पश्च धारा का मान एकाएक बढ़ जाता है।

प्रेक्षण–

1. P-N डायोड के नम्बर (यदि ज्ञात हो) ....
2. अग्र बायस में वोल्टमीटर का परास oV से V
3. मिली वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ... V
4. मिली अमीटर का परास 0 mA से .... mA
5. मिली अमीटर का अल्पतमांक .... mA

पश्च बायस में–

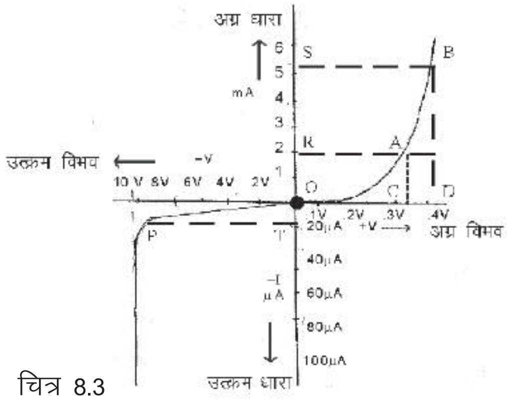
1. वोल्टमीटर का परास 0 से V
2. वोल्टमीटर का अल्पतमांक = ... V
3. माइक्रो अमीटर का परास 0 से .... μA
4. माइक्रो अमीटर का अल्पतमांक .... μA

प्रेक्षण सारिणी–

बायस	क्र.सं.	V	I
अग्र बायस	1	 V	........mA
	2	 V	........mA
	3	 V	........mA
	4	 V	........mA
	5	 V	........mA
पश्च बायस	1	 V	........μA
	2	 V	........μA
	3	 V	........μA
	4	 V	........μA
	5	 V	........μA
	6	 V	........μA

गणना – अग्रबायस एवं उत्क्रम बायस में V एवं I के प्राप्त मानों के आधार पर उचित पैमाना मानते हुए ग्राफ प्राप्त करते है।

1. ग्राफ पेपर पर चित्रानुसार अक्ष अंकित करते हैं। ग्राफ के केन्द्र पर (0, 0) मानते हैं। ग्राफ के दाहिने भाग में अग्र वोल्टता एवं अग्र धारा के मध्य ग्राफ बनाते हैं। X-अक्ष पर अग्र विभव को 0.1V=10 खाने से तथा Y अक्ष पर 1mA = 10 भाग से अंकित किया जा सकता हैं।



चित्र 8.3

2. ग्राफ पेपर के बांऐं भाग में पश्च वोल्टता एवं पश्च धारा के लिए X-अक्ष पर 10 भाग = 2 Volt या अधिक तथा -Y अक्ष पर 10 भाग = 20μA के लगभग पैमाना मान कर ग्राफ बनाया जा सकता हैं जो चित्रानुसार प्राप्त होते हैं।
3. अग्रदिशिक प्रतिरोध के लिए, अग्रदिशिक V-I वक्र पर कोई दो बिन्दु A एवं B लेते हैं। A एवं B से विभव अक्ष एवं धारा अक्ष पर लम्ब डालते है जो क्रमशः C, D एवं R, S पर काटते है। अग्रदेशिक गतिक प्रतिरोध का मान $R_f = \frac{CD}{RS}$ होगा।

इसी प्रकार R_r के मान के लिए पश्चदिशिक V-I वक्र पर दो बिन्दु P एवं O (मूल बिन्दु) लेते हैं। P से विभव अक्ष पर लम्ब PQ डालते हैं। इसी प्रकार P से धारा अक्ष पर लम्ब PT डालते हैं। पश्चदिशिक गतिक प्रतिरोध R_r का मान $R_r = \frac{OQ}{OT}$ होगा।

परिणाम –

1. दिए गए P-N संधि डायोड के अग्र बायस एवं उत्क्रम बायस में V-I वक्र चित्रानुसार (ग्राफ) प्राप्त हुए।
2. अग्रदिशिक अभिनति में प्रतिरोध R_f = ... Ω प्राप्त हुआ।
3. पश्चदिशिक अभिनति में प्रतिरोध R_r = ... KΩ / MΩ प्राप्त हुआ।
4. उत्क्रम भंजन विभव का मान V_z = ... वोल्ट प्राप्त हुआ।

सावधानियां – 1. अग्रबायस एवं पश्च बायस दोनों में ही अत्यधिक धारा प्राप्त नहीं करें अन्यथा डायोड के क्षतिग्रस्त होने का खतरा होता है।

2. व्युत्क्रम/पश्च बायस में वोल्टमीटर एवं अमीटर उचित परास के प्रयुक्त करें।

3. डायोड के श्रेणी क्रम में उचित मान का कार्बन प्रतिरोध R_p प्रयुक्त करें।

4. पश्च विभव (उत्क्रम विभव) का मान भंजन विभव से अधिक नहीं लेना चाहिए।

मौखिक प्रश्न

प्र.1 P-N संधि डायोड किसे कहते हैं?

उ. P-प्रकार तथा N-प्रकार के अर्धचालक से बनी युक्ति जिसमें एक संधि तथा दो इलेक्ट्रोड होते हैं।

2. अर्धचालक किसे कहते हैं?

उ. अर्धचालक वे पदार्थ हैं जिनमें मुक्त इलेक्ट्रोनों की संख्या चालकों में मुक्त इलेक्ट्रोन संख्या की तुलना में नगण्य होती है। इनकी चालकता, चालक एवं विद्युतरोधी के बीच की होती है।

3. P-प्रकार एवं N-प्रकार के अर्धचालक क्या होते हैं?

उ. शुद्ध अर्धचालक (Ge, Si) में किसी त्रि–संयोजी तत्व की अल्पमात्रा में अशुद्धि मिलाने से बने अर्धचालक को P-प्रकार तथा पंच संयोजी तत्व की अल्प अशुद्धि मिलाने पर बने अर्धचालक को N-प्रकार का अर्धचालक कहते हैं।

4. P-N संधि डायोड में धारावाही कौन होते हैं?

उ. P-N संधि डायोड में मुक्त इलेक्ट्रोन एवं कोटर धारावाही होते हैं।

5. कोटर क्या होते हैं?

उ. किसी ठोस के अणु क्रिस्टलीय अवस्था में एक दूसरे के साथ बॉण्ड व्यवस्था से जुड़े होते हैं। ये बोण्ड इलेक्ट्रोन के आदान प्रदान से बनते हैं। जब कोई बॉण्ड व्यवस्था (संयोजी बॉण्ड) में एक रिक्ति (Vacancy) बन जाती है। इस रिक्ति को कोटर कहते हैं।

6. कोटर धारा प्रवाह में किस प्रकार योगदान करते हैं?

उ. अर्धचालक के सिरों पर विभवान्तर लगाने पर अन्दर विद्युत क्षेत्र स्थापित होता है। इलेक्ट्रोन विद्युत क्षेत्र के विपरीत दिशा में एक परमाणु से दूसरे परमाणु की रिक्ति की ओर जाते हैं। अतः हम कह सकते हैं कि रिक्ति वि. क्षेत्र की दिशा में गति करती है। चूंकि कोटर हर प्रकार से धन आवेश की भांति व्यवहार करता है, अतः कोटर धारा प्रवाह में योगदान देता है।

7. डायोड को विद्युत परिपथ में किस प्रकार संयोजित करते हैं?

उ. डायोग को अग्र बायस अथवा उत्क्रम बायस में संयोजित करते हैं।

8. अग्र बायस संयोजन किसे कहते हैं?

उ. जब डायोड के P भाग को बेटरी के धन टर्मिनल तथा N-भाग को बेटरी के ऋण टर्मिनल से संयोजित करते हैं तो इस प्रकार के संयोजन को अग्र बायस संयोजन कहते हैं।

9. अग्र बायस संयोजन में डायोड का व्यवहार किस प्रकार का होता है?

उ. अग्र बायस संयोजन में मुख्य धारावाही (P-भाग के कोटर एवं N-भाग के मुक्त इलेक्ट्रोन) संधि तल की ओर गमन करते हैं तथा संधि तल पर अवक्षय परत पतली हो जाती है। विभव अवरोध का मान घट जाता है। संधि तल चालक की तरह व्यवहार करता है।

10. उत्क्रम बायस/पश्च बायस में डायोड का व्यवहार किस प्रकार का होता है?

उ. उत्क्रम बायस में संधि डायोड कुचालक की तरह व्यवहार करता है। क्योंकि दोनों प्रकार के धारावाही संधि तल के परे गति करते हैं। अवक्षय परत की मोटाई तथा विभव अवरोध दोनों बढ़ जाते हैं।

11. उत्क्रम बायस में क्या धारा बिलकुल प्रवाहित नहीं होती?

उ. अत्यन्त अल्प धारा प्रवाहित होती है जो अल्प संख्यक धारावाही के कारण होती है।

12. अल्पसंख्यक धारावाही क्या होते हैं?

उ. P-प्रकार के अर्धचालक में मुक्त इलेक्ट्रोन तथा N-प्रकार के अर्धचालक में कोटर की संख्या नगण्य होती है इस लिए उन्हें अल्पसंख्यक धारावाही कहते हैं।

13. डायोड कितने प्रकार के होते हैं? नाम बताइये।

उ. 1. दिष्टकारी डायोड 2. फोटो डायोड 3. जेनर डायोड 4. प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED)

14. दिष्टकारी डायोड का क्या उपयोग है?

उ. दिष्टकारी डायोड से AC को DC में बदलते हैं।