चैप्टर – 6
आप्टो इलेक्ट्रॉनिक्स

जैसा कि हमें विदित है कि ऊर्जा के कई रूप होते है जैसे कि मैकेनिकल ऊर्जा, रासायनिक ऊर्जा, विद्युत ऊर्जा, प्रकाश ऊर्जा, ध्वनि ऊर्जा आदि। ऊर्जा को न तो नष्ट किया जा सकता है और न ही पैदा किया जा सकता है। हॉ ऊर्जा के एक रूप को दूसरे रूप में बदला जा सकता है।

आप्टो इलेक्ट्रॉनिक्स में हम प्रकाश ऊर्जा एवं विद्युत ऊर्जा के परस्पर सम्बंध के बारे में अध्ययन करेगें। प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा एवं विद्युत ऊर्जा को प्रकाश ऊर्जा में बदलना सम्भव है।

प्रकाश क्या है ?

हमारे फ्रिक्वेन्सी स्पैक्ट्रम में माइक्रो बेव से ऊपर की इलेक्ट्रोमेग्नेटिक बेव, प्रकाश या लाईट बेव कहलाती है। जो दृश्य या अदृश्य होती है प्रकाष की बेव लैंग्थ निम्नानुसार होती है :–

(1) INFRARED LIGHT :- λ =800 TO 700 nM
(2) RED LIGHT :- λ =700 TO 600 nM
(3) YELLOW LIGHT :- λ =600 TO 550 nM
(4) GREEN LIGHT :- λ =550 TO 500 nM
(5) BLUE LIGHT :- λ =500 TO 450 nM
(6) VOILET :- λ =450 TO 400 nM
(7) ULTRA VOILET :- λ =400 TO 300 nM

फ्रिक्वेन्सी स्पेक्ट्रम में और आगे जाने पर x-ray, गामा रे, कास्मिक रे आदि होती है। जिनकी बेव length क्रमशः कम होती जाती है।

अल्ट्रा वायलेट और इससे आगे की फ्रिक्वेन्सी वाली प्रकाश बेव human body के लिये नुकसानदायक होती है।

मनुष्य की ऑखें रेड से लेकर वायलेट प्रकाश के लिए संवेदनशील होती है। इससे आगे एवं पीछे की फ्रिक्वेन्सी अदृश्य प्रकाश की श्रेणी में रखी गई है।

OPTO ELECTRONIC DEVICE :-

वो डिवाइस जो विद्युत ऊर्जा को प्रकाश ऊर्जा या प्रकाश ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलते हैं opto electronic device कहलाते हैं। इस आधार पर इनको निम्न भागों में विभाजित किया गया है –

1-PHOTO EMITTER :-

इसके अन्तर्गत वो डिवाईस आते हैं जो इलेक्ट्रीसिटी को प्रकाश में बदलते हैं।
जैसे कि LED, IR-LED, LASER, ILD आदि।

2. PHOTO SENSOR:-

इसके अंतर्गत वो डिवाईस आते है जो light को sense कर voltage difference पैदा करते हैं। अथवा light को sense करने पर जिनकी conductivity change होती है।
जैसे किः– photo voltaic cell, solar cell, LDR, photo diode आदि।

आगे हम उपरोक्त सभी प्रकार के opto electronic device का पृथक–पृथक विस्तार से अध्ययन करेगें।

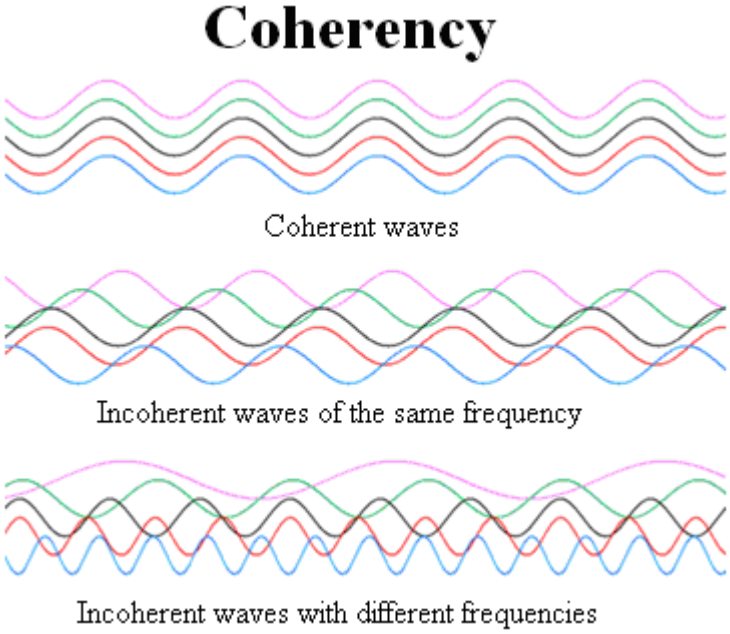
LIGHT EMITTING DIODE(LED)

LED का आविष्कार सन् 1962 में nick holonyak ने किया था। इनके द्वारा विजिवल स्पैक्ट्रम में सर्बप्रथम लाल रंग की LED बनाई गई थी।

LED एक solid state semiconductor device है जो विद्युत ऊर्जा को प्रकाश ऊर्जा में बदलता है। इसका कार्य करने का सिद्धांत filament बल्ब से अलग होता है।

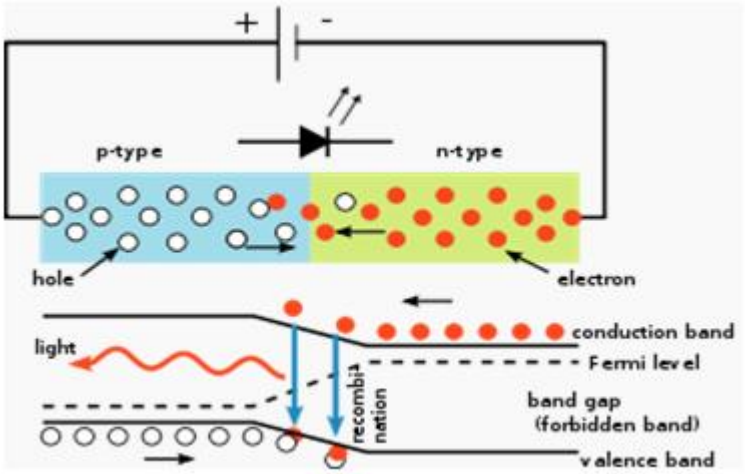
फिलामेन्ट लैम्प में बल्ब का फिलामेन्ट ohmic प्रतिरोध के कारण I^2R ऊर्जा को Heat के रूप में छोडता है जिससे फिलामेन्ट गरम होकर चमकने लगता है। इसमे निकलने वाली लाइट कई आबृत्ती की मिक्स लाइट होती है। जब कि LED से निकलने बाली light मोनोक्रोम एवं कुछ हद तक coherent nature की होती है।

कोहरेंसी क्या है :– जब एक ही तरंगधैर्य की बहुत सारी प्रकाश किरणें एक ही प्रकाश सोर्स से समान फेज में उत्सर्जित होती है तो, इस प्रकार का प्रकाश पुंज कोहरेंट प्रकाश कहलाता है। इस प्रकार की लाइट बीम बहुत पाबर फुल होती है। इससे लोहे को भी काटा जा सकता है। लेजर वास्तव में इसी प्रकार का प्रकाश पैदा करता है।



कोहरेंसी को उक्त चित्र से समझा जा सकता है।

LED का सिद्धांत :–LED विशेष प्रकार के सेमीकण्डक्टर मटेरियल से बना एक p-n diode होता है। जब इस P-N Junction को reverse biased किया जाता है तो LED ग्लो नही होती क्यों कि रिवर्स वायस में Junction हाई रेसिस्टेन्स offer करता है। परन्तु जब LED को चित्र में दर्शाये अनुसार फारवर्ड वायस किया जाता है। तब N-layer से इलेक्ट्रॉन junction की ओर बहते हैं। इस समय ये विद्युत ऊर्जा प्राप्त कर high energy level में पहुँच जाते हैं। junction को cross कर जब से इलेक्ट्रॉन P-लेयर में पहुचते हैं तो यहॉ उपलब्ध होल के साथ combine हो जाते हैं और अपनी अतिरिक्त ऊर्जा जो विद्युत रुप में प्राप्त की थी उसे फोटोन (प्रकाश) के रूप में छोडते हैं। एवं वापिस low ऊर्जा लेवल पर आ जाते हैं।

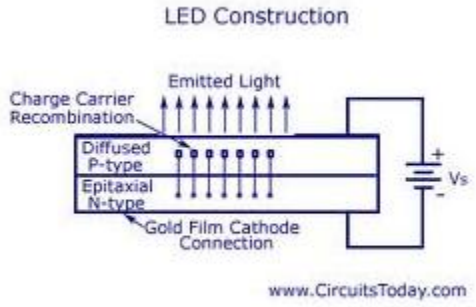


यह प्रोसेस तब तक चलता रहता है जब तक LED farward baised रहती है। इस प्रक्रिया में निकलने वाली लाइट का कलर (बेव लेग्थ) पदार्थ की बैण्ड गैप ऊर्जा पर निर्भर करता है जिससे P-N junction बनाया गया है। इस प्रकार अलग अलग पदार्थों से अलग अलग कलर की LED बनाई जा सकती हैं।

CONSTRUCTION:–

पहली बार गैलीयम आर्सेनाइट पदार्थ से इन्फ्रारेड एवं रेड कलर की LED बनाई गई। चित्र में दिखाये अनुसार N- पदार्थ की एक मोटी परत पर P- पदार्थ की पतली परत तैयार की जाती है। चूँकि चार्ज कैरीयर का काम्बीनेशन P-layer में होता है। अतः यह हिस्सा ऊपर रहता है जिसके बाहरी किनारे पर मैटल की परत चढी रहती है।

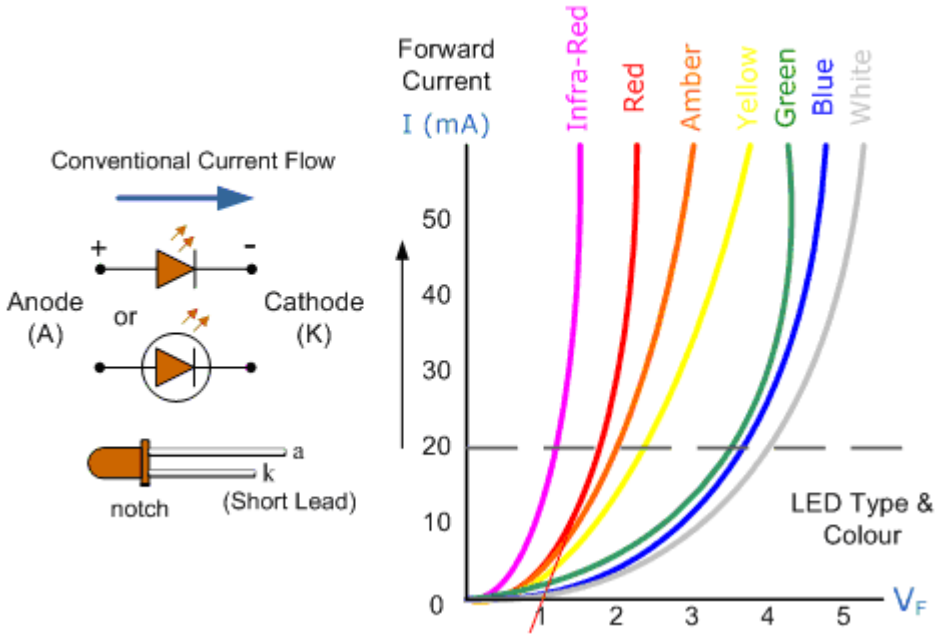
मैटल की इस लेयर से एनोड पिन जुडी रहती है P- layer का मध्य का हिस्सा खाली रहता है। जिससे लाईट को उत्सर्जन हेतु रास्ता मिल जाता है।



N-layer का निचला हिस्सा पूरी तरह से मैटल layer से ढका रहता है। जो कैथोड का कार्य करता है। साथ ही लाईट के लिए परावर्तक का भी कार्य करता है।

LED एक ऐसा डायोड होता है जो फारवर्ड वायस होने पर प्रकाश उत्सर्जित करता है। इसकी वाल्टेज–करेंट करेक्टराइस्टिक निम्न चित्र में दिखाई गई है।

Light Emitting Diodes I-V Characteristics.



अधिकतम 3.5 वोल्ट पर इसमें लगभग 50 मिली एम्पीयर करेंट बहने लगता है इससे ज्यादा करेंट पर LED खराब हो जाती है। अतः LED को अधिकतम 3.5 वोल्ट से ज्यादा सप्लाई नही दी जाती। चूँकि LED एक डायोड ही है अतः इसका प्रतीक चिन्ह निम्नानुसार होता है।

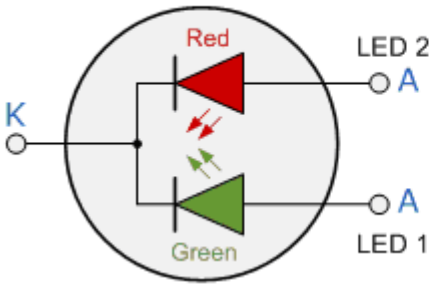
LED SYMBOL

कंसट्रक्शन के आधार पर LED 1.5 V से 3.3 V की सप्लाई पर कार्य करती हैं। तथा इनसे निकलने वाली लाइट कुछ हद तक कोहरेण्ट नेचर की होती है।

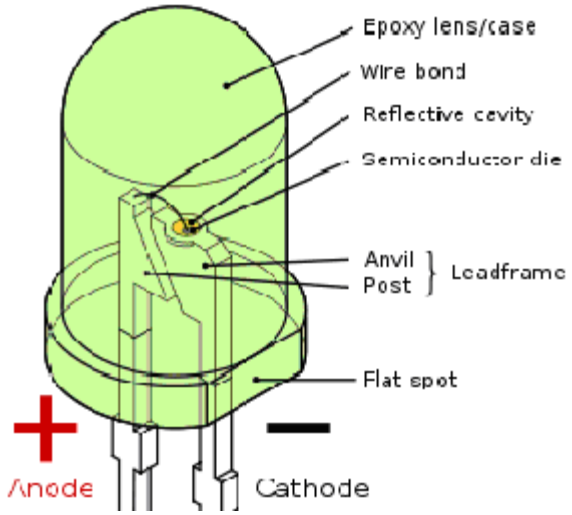
उक्त असेम्बली को मौसम के प्रभाव से बचाने के लिए पारदर्शी प्लास्टिक में पैक कर दिया जाता है। जिसमें से सिर्फ कनेक्शन पिन बाहर निकली रहती हैं।

LED एक सॉलिड स्टेट डिवाईस है अतः यह बहुत मजबूत होती हैं। यदि इनको कम करेण्ट एवं कम तापमान पर संचालित किया जाये तो इनकी लाईफ 10,000 घण्टे से 1,00,000 घण्टे तक हो सकती है। कई स्थानों पर 1970 के दशक में बनी LED आज भी कार्य कर रही है। LED 50% बिद्युत ऊर्जा को लाईट ऊर्जा में बदल देती है जब कि फिलामेंट बल्ब 5% को ही बदल पाता है।

A Multi or Tricolour LED



Output Colour	Red	Orange	Yellow	Green
LED 1 Current	0	5mA	9.5mA	15mA
LED 2 Current	10mA	6.5mA	3.5mA	0



LED के कलर एवं पदार्थ :–

अलग अलग कलर के लिए अलग अलग पदार्थों की LED बनाई जाती हैं। कुछ प्रमुख पदार्थ, उनसे पैदा होने वाला कलर ,उसकी बेवलेग्थ तथा उनका वर्किंग वोल्टेज निम्न टेबिल के दर्शाये गये हैं : -

Typical LED Characteristics		
Semiconductor Material	Colour	V_F @ 20mA
GaAs	Infra-Red	1.2v
GaAsP	Red	1.8v
GaAsP	Amber	2.0v
GaAsP:N	Yellow	2.2v
AlGaP	Green	3.5v
SiC	Blue	3.6v
GaInN	White	4.0v

अलग अलग बेवलैंग्थ के प्रकाश हेतु अलग अलग पदार्थ की टेबिल निम्नानुसार है :–

	Wavelength (nm)	Color Name	LED Dye Material
	940	Infrared	GaAlAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Arsenide
	880	Infrared	GaAlAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Arsenide
	850	Infrared	GaAlAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Arsenide
	660	Ultra Red	GaAlAs/GaAs -- Gallium Aluminum Arsenide/Gallium Arsenide
	635	High Eff. Red	GaAsP/GaP - Gallium Arsenic Phosphide / Gallium Phosphide
	633	Super Red	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	620	Super Orange	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	612	Super Orange	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	605	Orange	GaAsP/GaP - Gallium Arsenic Phosphide / Gallium Phosphide
	595	Super Yellow	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	592	Super Pure Yellow	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	585	Yellow	GaAsP/GaP - Gallium Arsenic Phosphide / Gallium Phosphide
	574	Super Lime Yellow	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	570	Super Lime Green	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	565	High Efficiency Green	GaP/GaP - Gallium Phosphide/Gallium Phosphide
	560	Super Pure Green	InGaAlP - Indium Gallium Aluminum Phosphide
	555	Pure Green	GaP/GaP - Gallium Phosphide/ Gallium Phosphide
	525	Aqua Green	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride
	505	Blue Green	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride
	470	Super Blue	SiC/GaN - Silicon Carbide / Gallium Nitride

LASER

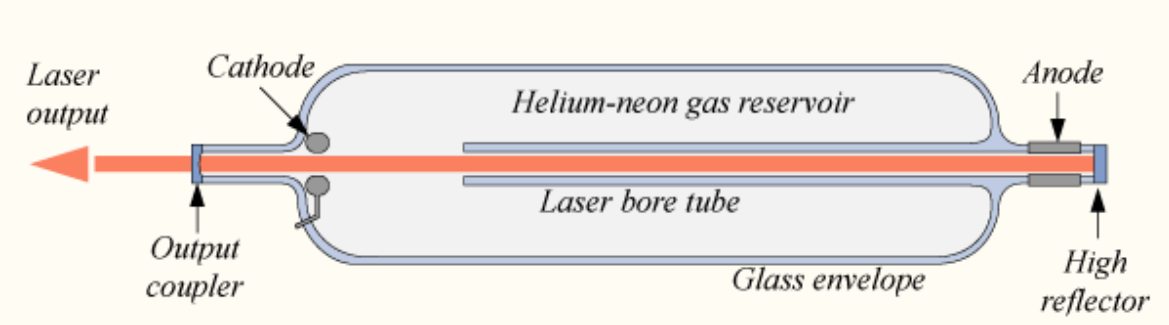
लेजर वह आप्टो इलेक्ट्रॉनिक डिवाइस है जो एक बहुत ही पतली पावरफुल प्रकाश बीम पैदा करता है। लेजर से प्राप्त होने वाला प्रकाश एकवर्णी (single colour) तथा कोहरेंट होता है। LASER शब्द, **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation के षार्ट फार्म से बना है।

लेजर मुख्यतः निम्न चार प्रकार के होते है :–

1 – गैस लेजर।
2 – लिक्विड लेजर।
3 – सालिड लेजर।
4 – सेमी कण्डक्टर लेजर।

लेजर का आविष्कार Fheodove H. Maiman ने सन् 1960 में कैलिफोर्निया में किया था। उन्होंने जिनान फ्लैश लैंम्प से प्राप्त एक लाइट बीम को ruby क्रिस्टल के उपर छोडा और रूबी क्रिस्टल से उत्सर्जित प्रकाश को मापा तो पाया कि, जब उत्सर्जित प्रकाश रेडियेशन एक निश्चित सीमा के ऊपर पहुॅचता है तब यह अत्याधिक तीव्रता का एवं डायरेक्शनल हो जाता है।

1 – गैस लेजर :– कॉच की एक टयूब में हीलीयम एवं नियान गैस का मिश्रण भरकर, इस गैस मिश्रण से विद्युत करेण्ट प्रवाहित किया जाये तो ट्यूब के आउटपुट कप्लर से coherent light उत्सर्जित होती है। यह लाइट एकवर्णी होती है।



Schematic diagram of a helium-neon laser

2 – लिक्विड लेजर :– यह लेजर भी गैस लेजर की तरह ही कार्य करता है बस कॉच की टयूब में गैस के स्थान पर तरल organic die भरी जाती है। जिसे एक powerfull light pulse द्वारा excite किया जाता है।

3 – Solid Laser :– इस प्रकार के लेजर में ruby के एक सिलेण्डरीकल क्रिस्टल को active medium की तरह उपयोग किया जाता है। सिलेण्डर के दोंनों end parallel होने चाहिए तथा ये metal से polished किये रहते है। इसे उत्तेजित करने के लिए एक flash lamp लगा रहता है।

4 – Semi Conductor Laser :– इस प्रकार के लेजर विशेष प्रकार के semi conductor पदार्थ से बने P.N.Junction से बनाये जाते हैं, जिन्हे ILD भी कहते है। जो सीधे D.C.power supply से उत्प्रेरित होते हैं। इस प्रकार के LASER मे modulation बहुत सरल होता है।

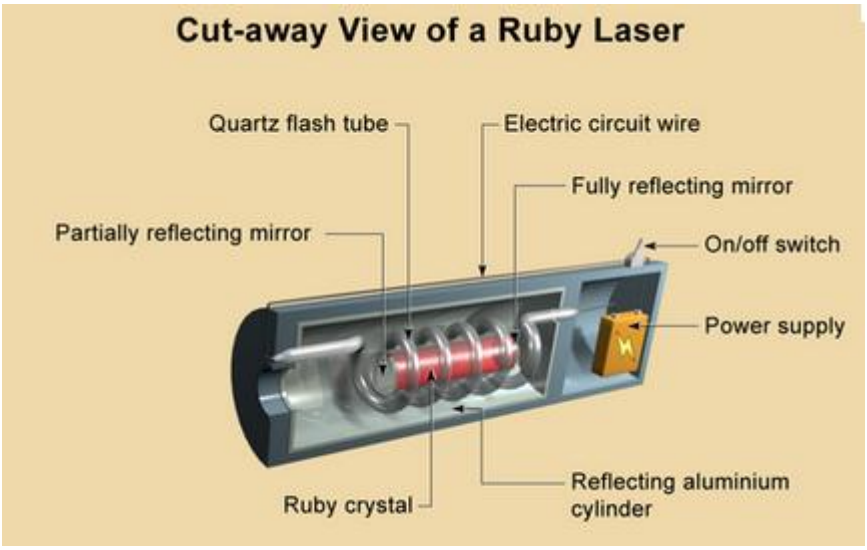
CHARACTERISTICS OF LASER :–

किसी भी laser के लिए निम्न characteristic होना आवश्यक हैं :–

1. active पदार्थ जैसे हीलीयम या रूबी जो विद्युत ऊर्जा को लेजर लाइट में बदलता है।
2. एक ऊर्जा का श्रोत जो लेजर को power प्रदान करता रहे।
3. optical arrangement जो कि light beam को active मटेरियल में amplification हेतु भेज सके तथा इसका output narrow cone के रूप में पैदा हो सके।
4. LASER के लगातार operation हेतु feed back arrangement होना चाहिए।

जब लेजर लाइट को एक बाल जैसी पतली beam के रूप में focus किया जाता है तो इससे निकलने वाली beam highly directional एवं बहुत ज्यादा चमक वाली होती है। beam की सम्पूर्ण पावर एक बहुत ही छोटे बिन्दू पर केन्द्रित हो जाती है।

WORKING OF LASER :– लेजर का construction निम्न चित्र में दर्शाये अनुसार होता है। जिसमें डी.सी. पावर सोर्स, एक विषेष प्रकार की flash tube से जुड़ा रहता है। जो एक्टिव पदार्थ को helix के रूप में घेरे रहती है।



एक्टिव पदार्थ जिस ग्लास टयूब में भरा रहता है, उसका एक सिरा 100 प्रतिशत mirror polished रहता है। जब कि दूसरा सिरा semi mirror polished रहता है। जिससे एक साइड से फुल reflection प्राप्त हो तथा दूसरी साइड आंशिक reflection हो एवं आंशिक लाईट आऊटपुट के रूप में बाहर निकल सके।

flash tube उच्च तीव्रता की लाईट पैदा करने के लिये trigger circuit से विद्युत ऊर्जा प्राप्त करता है। trigger circuit DC power source से जुड़ा रहता है।

flash tube से पैदा होने वाली flash light active पदार्थ के atom को excite कर देती है। लगातार flash light की पम्पिंग से active पदार्थ के atom ground ऊर्जा state से excited ऊर्जा state में पहुंच जाते हैं। इसके बाद ये ऑयन अपनी कुछ ऊर्जा छोड़कर excited state और ground state की मध्य state में आने लगते हैं। और जब मध्य ऊर्जा state में इन आयन की संख्या ground ऊर्जा state से ज्यादा हो जाती है। तब population inversion की घटना प्रारम्भ हो जाती है।

इस घटना में मध्य ऊर्जा स्टेट में स्थित आयन अपनी ऊर्जा फोटोन के रूप में छोडकर वापस ग्राउन्ड ऊर्जा level पर आते है इससे laser action प्रारम्भ होता है। इस प्रकार पैदा हुए फोटोन active पदार्थ के atom से टकराते हैं। जिससे एक फोटोन के बदले दो फोटोन प्राप्त होते हैं। इस घटना को "**S**timulated **E**mission" कहते हैं।

इस प्रकार पैदा हुए foton में से कुछ active पदार्थ के atom से टक्कर में use हो जाते हैं, तथा कुछ laser beam के रूप में output से निकलने लगते हैं।

यह light coherent nature की एवं एक शार्प beam के रूप में प्राप्त होती है। इस प्रकार प्राप्त light के फोटोन्स की energy बहुत high होती है।

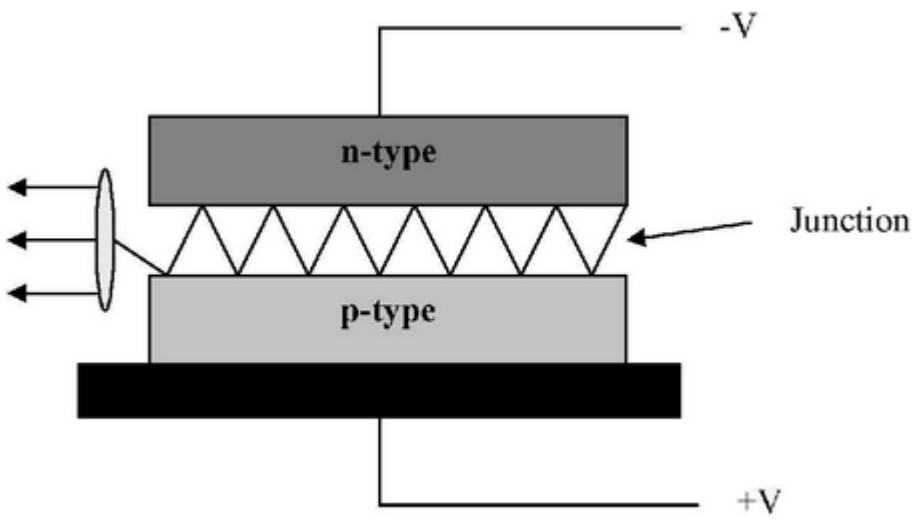
INJECTION LASER DIODE

ILD /Semi Conductor Laser :–

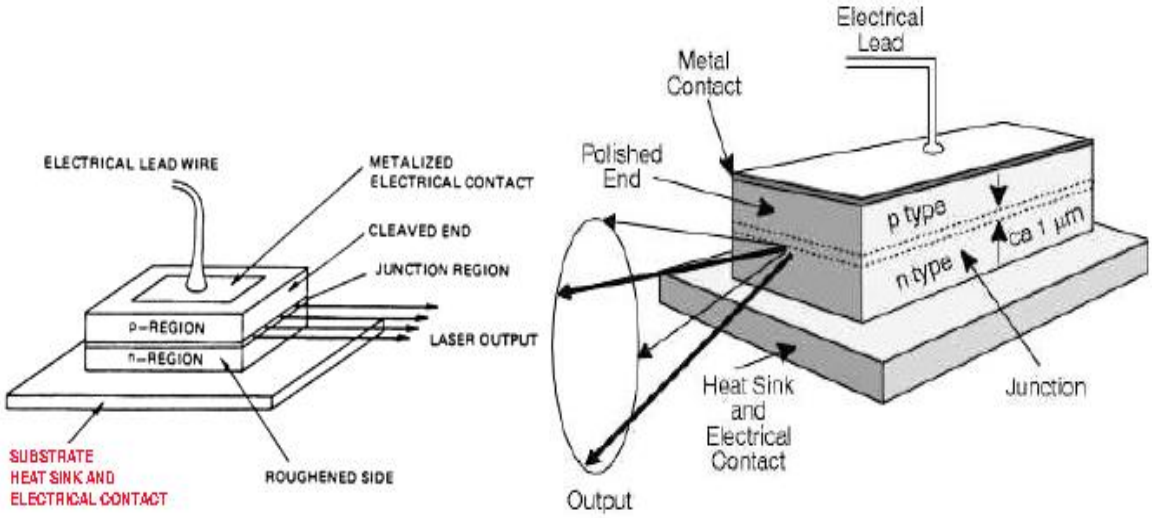
ILD का मतलब है **I**njection **L**aser **D**iode यह एक प्रकार का semi conductor laser है। ILD की संरचना LED जैसी ही होती है। एक निश्चित current सीमा के नीचे ILD भी LED की तरह ही कार्य करता है। thersehold current के ऊपर पहुॅचने पर ILD oscillate करने लगती है एवं lasing किया प्रारम्भ हो जाती है और जो लाइट निकलती है वह spontaneous emission के कारण निकलती है।

ILD से निकलने वाली लाइट का रंग semi conductor material के energy gap पर निर्भर करता है।

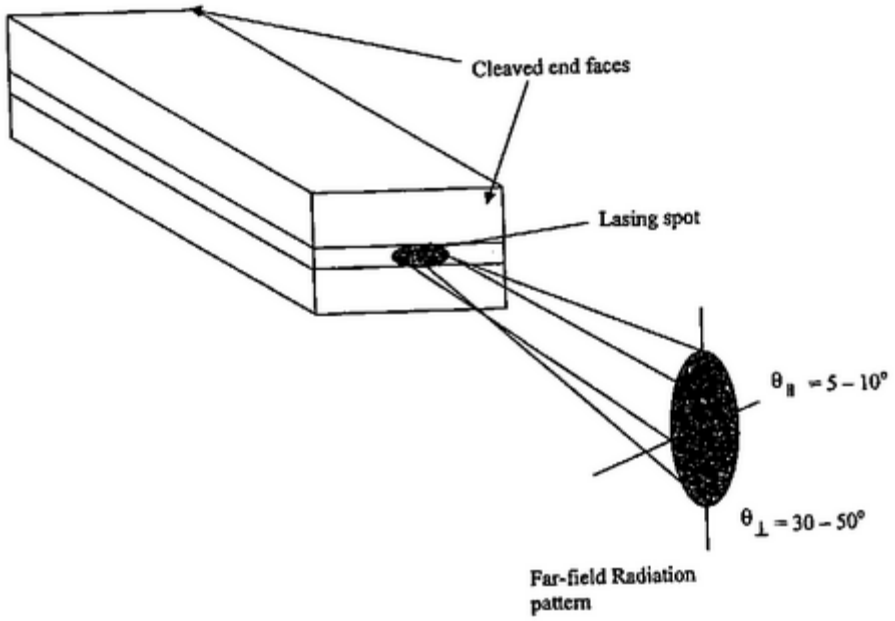
चित्र



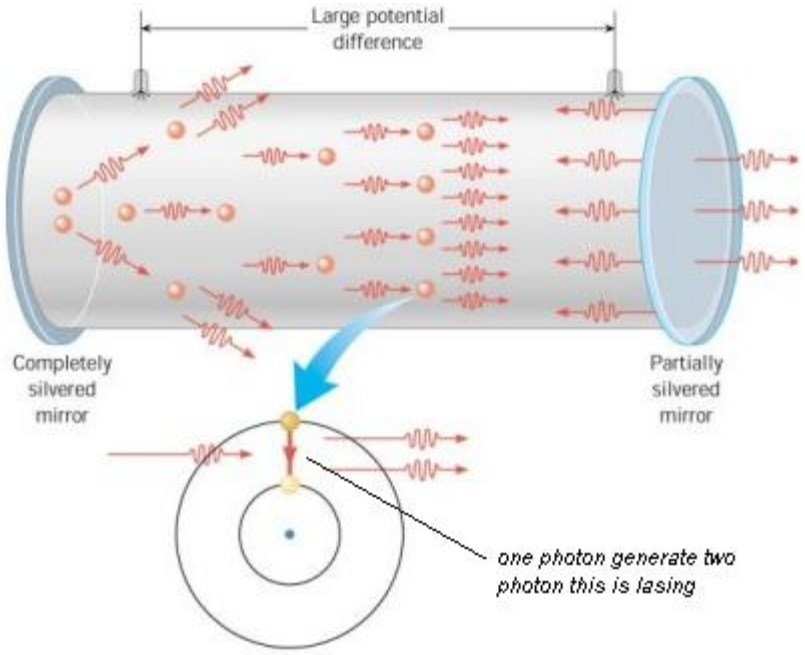
जब करेण्ट का लेबल एक निश्चित सीमा पर पहुॅचता है तो मेजरिटी कैरियर एवं फोटोन junction के एक साइड में एकत्र होने लगते हैं। और जब इनकी संख्या काफी बढ जाती है तो ये वहॉ पहले से मौजूद minority carrier से collide होने लगते हैं। जिससे ionisation energy का level बढ जाता है। जब यह घटना घटती है, तब majority carrier opposite आयन से collide होने लगते हैं, एवं एक के बदले दो फोटोन ऊर्जा के रुप में छोडते हैं। जिसे stimulated emission कहते हैं। इससे photon की संख्या में gain होता है। और Laser light निकलने लगती है।



ILD की संरचना LED के समान ही होती है, बस इसमें दोंनों end, mirror like polished होते हैं जो फोटोन को active region में trap रखते हैं।



जिससे कि फोटोन अन्दर परावर्तित होकर इलेक्ट्रॉन को hole के साथ recombine होने हेतु उत्प्रेरित कर सकें। और hole जो कि सामान्य से ज्यादा ऊर्जा level पर होते हैं, एक फोटोन को अवषोषित कर दो फोटेन को उत्सर्जित करते हैं। यही प्रक्रिया lasing कहलाती है।



ILD में low करेण्ट level पर LED की तरह लाइट निकलती है। और जब current ज्यादा होता है तब lasing के कारण laser light निकलने लगती है। जो कि एक narrow beam के रूप में प्राप्त होती है एवं coherent nature की होती है।

LED की तुलना में ILD के फायदेः–

1.– ILD की लाइट single frequency की पतली beam के रूप में प्राप्त होती है। अतः कपलिंग loss कम होता है एवं पतली fibre cable में उपयोग की जा सकती है।

2. – ILD की लाइट LED की तुलना में ज्यादा पावरफुल होती है। अतः long distance तक जा सकती है।

3. – ILD को LED की तुलना में higher bit rate पर उपयोग किया जा सकता है।

Disadvantages of ILD :–

1. ज्यादा पावर की ILD बनाना संभव नहीं है।
2. Temperature dependent होती है।
3. LED की तुलना में ILD महंगी होती हैं।

फोटो सेन्सर या फोटो डेटेक्टर्स

इसके अन्तर्गत वे photo device आते हैं जो प्रकाश को अवशोषित कर या तो विद्युत ऊर्जा पैदा करते हैं। या विद्युत पैरामीटर को प्रभाबित करते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं –

1. वे photo device जो प्रकाश को विद्युत ऊर्जा में बदलते है photo voltaic device कहलाते हैं। इस प्रकार के device प्रकाश के photo voltaic प्रभाव का पालन करते हैं।

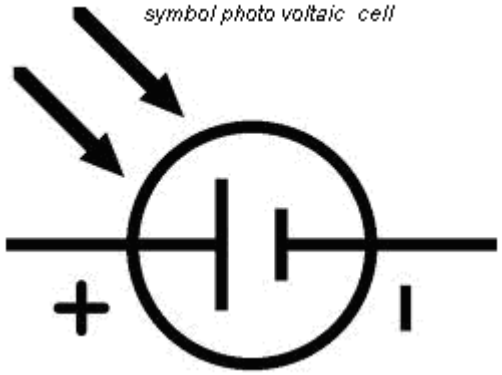
2. वे photo device जिनके विद्युत पैरामीटर (जैसे प्रतिरोध) प्रकाश के कारण बदलते हैं photo conductive device कहलाते हैं। इस प्रकार के device प्रकाश के photo conductive प्रभाव का पालन करते हैं।

Photo Voltaic प्रभाव :–

किसी पदार्थ पर प्रकाश रेडियेशन गिरने पर जब उसमें voltage पैदा हो जाता है या current बहने लगता है, तो यह प्रकाष का photo voltaic प्रभाव कहलाता है। पदार्थ के ऊपर प्रकाश गिरने से इलेक्ट्रॉन प्रकाश ऊर्जा को शोषित कर valance band को छोडकर कण्डक्सन बैण्ड में आ जाते हैं। और पदार्थ के across voltage difference पैदा हो जाता है।

Photo Voltaic Cell

फोटो वोल्टाइक सैल, वह फोटो डिवाइस होता है जो लाइट ऊर्जा को अवशोषित कर voltage पैदा करता है। फोटो वोल्टाइक सैल के across पैदा होने वाले voltage उसके ऊपर गिरने वाली लाइट की Intencity के समानुपाती होते हैं।

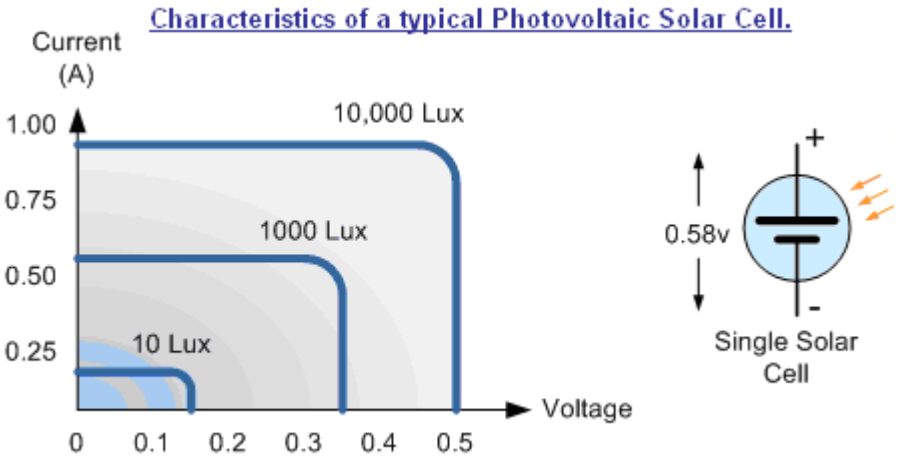


फोटो वोल्टाइक सैल की संरचना :–

किसी अर्धचालक पदार्थ जैसे कि सैलेनियम (Sl) या सिलिकॉन (Si) की एक पतली परत यदि किसी low resistance मैटल प्लेट (जैसे कि सिल्वर प्लेट) पर चढा दी जाए एवं मैटल प्लेट तथा अर्धचालक पदार्थ से connecting पिन जोड दी जाये तो फोटो वोल्टिक सैल तैयार हो जाता है।

चित्र

कार्य का सिद्धांत :– जब अर्धचालक पदार्थ की लेयर के ऊपर बाहरी प्रकाश आपतित होता है तो अर्धचालक पदार्थ के परमाणु में स्थित बैलेन्सी इलेक्ट्रॉन प्रकाश ऊर्जा को अवशोषित कर बैलेन्स बैण्ड को तोडकर उत्सर्जित होने लगते है। और मैटल प्लेट पर आकर एकत्रित होने लगते है। जिससे अर्धचालक लेयर जो इलेक्ट्रिकली न्यूट्ल थी अब इलेक्ट्रॉन कम हो जाने से इलेक्ट्रिकली पोजिटिव हो जाती है। वास्तव में अर्धचालक में होल पैदा हो जाते है। मैटल प्लेट भी लाइट गिरने के पहले इलेक्ट्रिकली न्यूट्रल रहती है परन्तु अर्धचालक लेयर से उत्सर्जित इलेक्ट्रॉन मैटल प्लेट पर आ जाने से मैटल प्लेट में इलेक्ट्रॉन की संख्या बढ जाती है जिससे यह निगेटिव चार्ज हो जाती है।



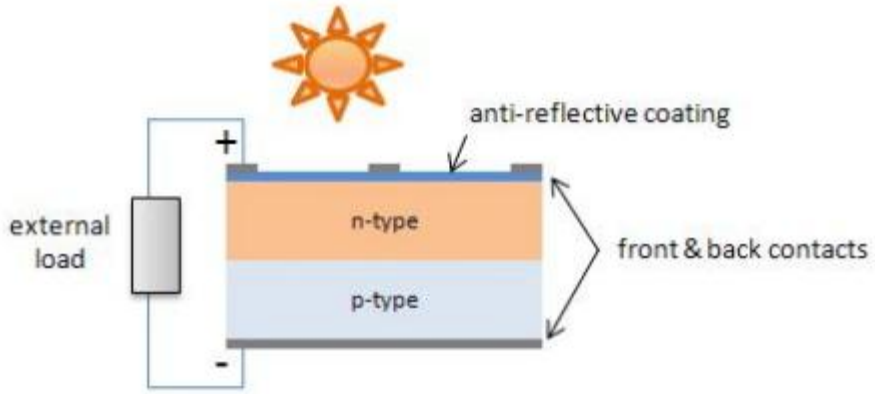
इस प्रकार जब तक अर्धचालक लेयर पर प्रकाश गिरता रहता है तब तक मैटल प्लेट एवं अर्धचालक लेयर के मध्य वोल्टेज का अन्तर बना रहता है।
यह वोल्टेज इसके across connected पिनों के मध्य load जुडा होने पर पर्याप्त करेण्ट बहाने में सक्षम होता है।
उपयोगः– फोटो वोल्टिक सैल से पैदा होने वाली बिद्युत ऊर्जा इतनी पर्याप्त नही होती कि इसे current या voltage source की तरह उपयोग किया जा सके। अतः इसका उपयोग लाइट इंटेनसिटी मीटर या लाइट डिटेक्टर की तरह किया जाता है।

सोलर सैल

सोलर सैल का अविष्कार सन् 1954 में Daryl Chapin,Calvin Souther Fuller ने किया था। सोलर सैल का construction photo voltic cell से कुछ अलग होता परन्तु कार्य करने का सिद्धांत फोटो वोल्टिक सैल की तरह ही होता है। फोटो वोल्टिक सैल में p-n junction नहीं होता जब कि सोलर सैल p-n junction आधारित फोटो वोल्टिक डिवाईस होता हैं।
सोलर सैल सोलर रेडियेशन (प्रकाश) को बिद्युत ऊर्जा में बदलता है। एक सामान्य सोलर सैल का open terminal voltage 0.6v तक हो सकता है तथा एक सोलर सैल 0.4 volt पर 60 mA तक करेण्ट प्रदाय कर सकता है। एक वर्ग सेण्टीमीटर एरिया पर गिरने वाली लाइट से सोलर सैल से 125 मिली वाट तक पावर प्राप्त की जा सकती है।
इस प्रकार सोलर सैल को वोल्टेज या करेण्ट source की तरह उपयोग किया जा सकता है।

सोलर सैल की संरचना :– सोलर सैल की संरचना सिम्पल p-n junction डायोड की तरह ही होती है। P-N type के सिलिकान अर्धचालक को मिलाकर p-n junction इस प्रकार बनाया जाता है कि P-layer का एरिया अधिक से अधिक रहे जिससे कि अधिक लाईट P-layer को मिल सके। साथ ही P-layer की मोटाई N-layer की तुलना में काफी कम रहती है जिससे की लाइट junction तक पहुँच सके इस तरह सोलर सैल का construction निम्न चित्र में दिखाये अनुसार होता है।

चित्र



low resistance मैटल बेस के ऊपर N टाइप अर्धचालक की मोटी लेयर तैयार की जाती है। इस N-layer के ऊपर P टाइप अर्धचालक की एक पतली लेयर तैयार करते है। जिससे P-N junction बनता है। P-layer के किनारे पर फिर से मैटल कान्टेक्ट लेयर चढाई जाती है जो सैल के आऊटपुट का कार्य करती है।

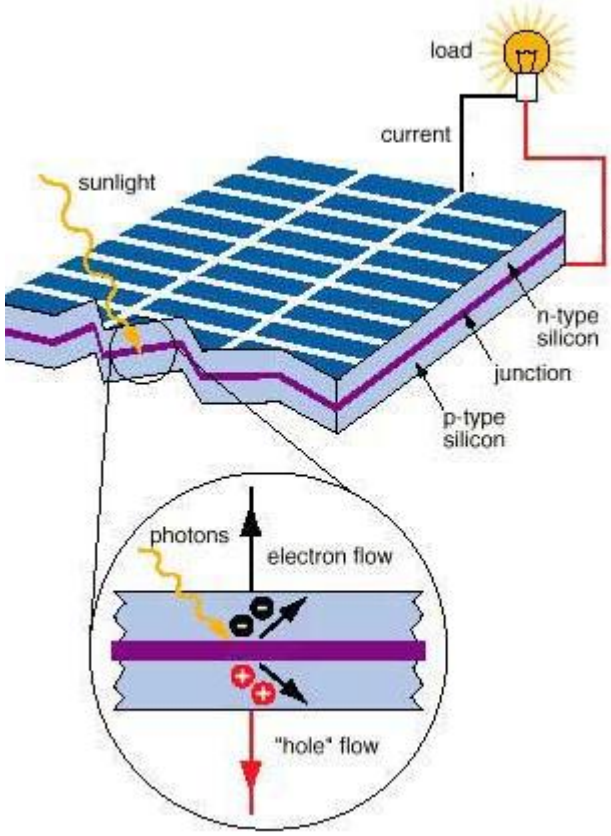
इस मैटल लेयर के बीच में एक window होती है जिससे गुजरकर लाइट junction तक पहुॅचती है। window के ऊपर ग्लास फिट रहता है। जिससे कि यह असेम्बली मौसम के प्रभाव से सुरक्षित रहे।

वर्किंग :–

जब प्रकाश रेडियेशन ग्लास, विन्डो एवं P-layer को पार कर junction पर पहुॅचता है तो प्रकाश के फोटोन P-N junction के एटम के मध्य बने co-balant bond को तोडते है। प्रकाश के फोटोन balance इलेक्ट्रॉन को उर्जा दे देते है जिससे इलेक्ट्रॉन अपने पेरेण्ट एटम को छोडकर N-side में चले जाते है इस कारण से junction के P-side में होल की संख्या बढ जाती है तथा N-side में इलेक्ट्रॉन की संख्या बढ जाती है। और P तथा N layer के मध्य एक बिभवांतर पैदा हो जाता है । जिससे P लेयर पर होल पैदा होने से यह Positive तथा N-Layer पर electron बढने से यह negative हो जाती है। P तथा N layer मैटल कान्टेक्ट में रहती है यहॉ से out put प्राप्त कर सकते है।

यदि out put पर कनेक्षन जुडा है तो figure में दर्शाये अनुसार current flow होने लगता है। सोलर सैल सामान्यतः जर्मेनियम (Ge) तथा सिलिकॉन (Si) के बनाये जाते है। ज्यादा efficiency के सोलर सैल में गैलियम आर्सेनाइड या इण्डियम आर्सेनाइड का उपयोग भी किया जाता है।

सोलर सैल पृथक–पृथक न बनाकर strip के रूप में तैयार किये जाते है। जिससे बहुत सारे सैल आपस में सीरिज एवं पैरेरल में जुडे रहते है।



संयुक्त रूप से इनकी current capacity एवं वोल्टेज level काफी बढ जाता है। कई सैल strip को एक साथ जोडकर सोलर पैनल तैयार किये जाते है।

100 mw/cm² illumination की लाइट intensity पर सोलर सैल को short करने पर 50 mA करेण्ट प्राप्त होगा। open circuit में इसका out put voltage 0.6 v लगभग रहता है। इस Intensity पर यदि सोलर सैल को 10 Ω load के across connect किया जाये तो इसके out put voltage गिरकर 0.4 v हो जाते है तथा यह load को अधिकतम 30 mA current प्रदाय करता है अर्थात लगभग 50 मिली वाट पावर दे सकता है।

सोलर सैल जिसे photo electric cell भी कहते है एक सालिड स्टेट डिवाइस है। इन्ही सॉलिड स्टेट सोलर सैल का उपयोग कर सोलर माड्यूल या सोलर पैनल तैयार किये जाते है। जिसमें Integration करके लाखों सैल आपस से जुडे रहते हैं। अलग–अलग पदार्थ प्रकाश की अलग–अलग बेव लैग्थ के प्रति संवेदनषील होते है। पदार्थ की बेव लैग्थ अनुसार रेडियेशन गिरने पर पदार्थ maximum बिद्युत उर्जा पैदा करते है। कुछ प्रमुख पदार्थ और उनकी संवेदनशीलता की बेवलैग्थ नैनोमीटर में निम्नानूसार हैः–

1. Silicon – 190 से 1100 नैनोमीटर
2. जर्मेनियम – 400 से 1700 नैनोमीटर
3. इण्डियम गैलीयम आर्सेनाइट – 800 से 2600 नैनोमीटर
4. lead Sulfide – 1000 से 3500 नैनोमीटर

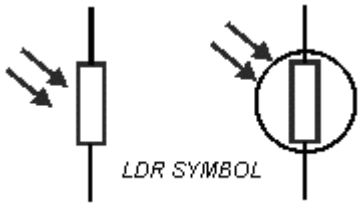
Photo Conductive Device

इस श्रेणी में वो डिवाइस आते हे जिनका रेसिस्टेन्स प्रकाश या रेडियेशन से प्रभावित होता है। इस प्रकार के डिवाइस प्रकाश के "photo conductive effect" के अनुंसार कार्य करते है इस प्रभाव

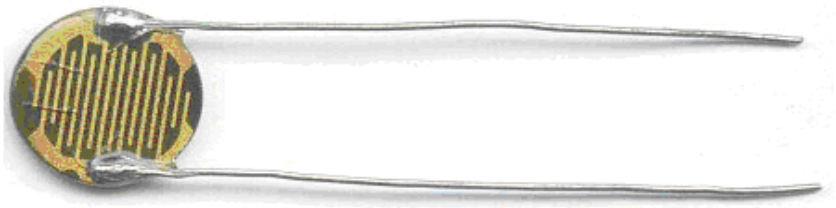
के अनुसार कुछ पदार्थो में यह गुण होता है कि जब उनके ऊपर प्रकाश की किरणें आपतित होती हैं तो पदार्थ का प्रतिरोध कम हो जाता है। अर्थात पदार्थ का स्पेशिफिक रेजिस्टेन्स प्रकाश की तीव्रता के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
यहॉ हम इसी प्रकार के फोटो डिवाइस का अध्ययन करेगें :–

LIGHT DEPENDENT RESISTOR (LDR)

LDR एक विशेष प्रकार के resistor कम्पोनेण्ट होते है जिनका रेसिस्टेन्स अंधेरे में एवं प्रकाश में अलग–अलग होता है। ये लाइट सेन्सर सर्किट में बहुत उपयोगी होते है।
LDR का symbol निम्नानुसार होता है।



LDR का अंधेरे में प्रतिरोध 1 mega ohm तक हो सकता है। जो प्रकाश की पर्याप्त तीव्रता में गिरकर कुछ 100 ohm तक हो जाता है।
फोटो कण्डक्टिव या फोटो रेसिसटिब मटेरियल आवश्यक नही कि semiconductor ही हो कैडमियम सल्फाईड (CdS) में भी यह गुण होता है कि जब इस पर लाईट गिरती है तो इसका प्रतिरोध कम हो जाता है।
LDR की वर्किंग :– जब किसी हाई रेसिस्टेन्स सेमीकण्डक्टर पर प्रकाश गिरता है तो ये पदार्थ प्रकाश के फोटोन को सोख लेते है। और पदार्थ के valance इलेक्ट्रॉन इन फोटोन से उर्जा प्राप्त कर valance band से कण्डक्सन band में पहुॅच जाते है। जिससे पदार्थ में free electron की संख्या बढ जाती है और पदार्थ का प्रतिरोध कम हो जाता है।



Construction :– **L**ight **D**ependent **R**esistance सामान्यतः कैडमियम सल्फाइड (CdS) कैडमियम सेलेनाइड (CdSe) या थैलियम सल्फाइड से बनाये जाते है। इसका कंस्ट्रक्शन चित्र में दिखाये अनुसार होता है। कनेक्टिंग पिन का डिजाइन इस प्रकार रखा जाता है कि इसका अधिक से अधिक एरिया photo resistance पदार्थ के contact में रहे। इससे डार्क टू लाइट में लार्ज रेसिस्टेन्स रेशियो प्राप्त होता है। (CdSe) पदार्थ से बनाये गये LDR का रिस्पांस टाइम लगभग 10ms होता है तथा CdS से बनाये गये LDR का रिस्पांस टाइम लम्बा लगभग 100 ms होता है।
LDR का उपयोग :–
1. इलेक्ट्रॉनिक counter बनाने में।
2. वीडियो डिस्पले का आटोमेटिक ब्राइटनैस कन्ट्रोल में।
3. light डिटेक्टर सर्किट बनाने में ।

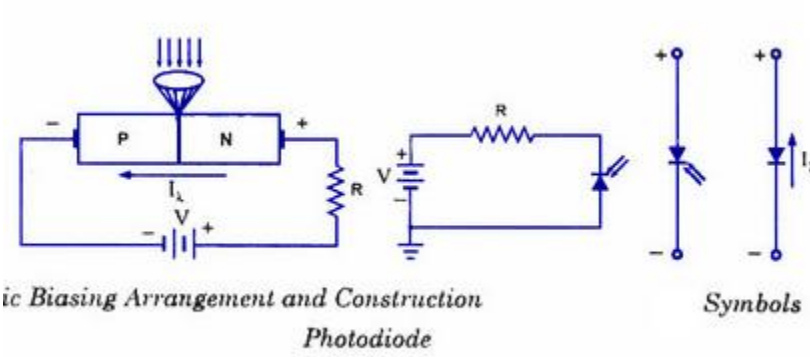
4. Power supply में feed back के लिए।
5. Automatic on off switch बनाने में।

फोटो डायोड

फोटो डायोड एक विशेष प्रकार का LDR ही है। अंतर सिर्फ यह है कि LDR को किसी भी polarity में उपयोग कर सकते है। परन्तु फोटो डायोड को जब रिवर्स वायस कण्डीशन के उपयोग किया तभी यह LDR की तरह कार्य करता है।
फोटो डायोड एक विशेष पदार्थ से बना PN junction diode होता है जिसका forward रेसिस्टेन्स तो सामान्य PN junction डायोड की तरह होता है।
परन्तु इसका रिवर्स वायस कण्डीशन में रेसिस्टन्स लाइट डिपेण्डेन्ट होता है जो अन्धेरे में बहुत हाई होता है। परन्तु जब रिवर्स वायसड् जंक्शन पर लाइट गिरती है तो रिवर्स वायस रेसिस्टन्स बहुत कम हो जाता है।

PHOTO DIODE का कन्ट्रक्शन :– फोटो डायोड जर्मेनियम अथवा सिलिकॉन से ही बनाये जाते है डायोड के कंस्ट्रक्शन के समय एक लैन्स इस प्रकार से जोड दिया जाता है कि लैन्स पर गिरने वाली लाइट P-N junction पर फोकस हो तथा डायोड का एक्टिव एरिया अधिक से अधिक रखते है एक सामान्य फोटो डायोड के लिए एक्टिव एरिया का व्यास 2.5 mm तक होता है।

चित्र



ic Biasing Arrangement and Construction Photodiode

फोटो डायोड का कन्ट्रक्शन एवं symbol उपरोक्तानुसार होता है।

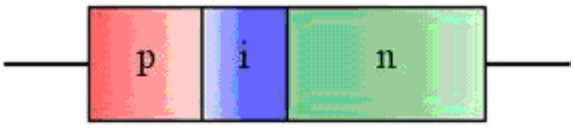
वर्किंग :–
फोटो डायोड में लाइट के प्रवेश हेतु लैंस के ऊपर एक विण्डो होती है लाइट इस विण्डो से पास होकर लैन्स द्वारा P-N Junction पर फोकस होती है।
डायोड रिवर्स वायस रहता है अन्धेरे में जब लाइट नही रहती है तब P-N Junction इंसूलेटर की तरह कार्य करता है। और बहुत कम करेण्ट लगभग 50 μA flow होता रहता है। जिसे dark current कहते है। यह current minority कैरीयर के कारण बहने वाला leakage current होता है।
जब junction पर प्रकाश पहुॅचता है तब junction लेयर पर स्थित अर्धचालक पदार्थ के atom के मध्य स्थित bond फोटोन की ऊर्जा के कारण टूटने लगते है। और फोटोन से ऊर्जा प्राप्त कर इलेक्ट्रॉन कण्डक्सन बोण्ड में पहुॅच जाते है जिससे junction पर current carrier electron की संख्या बढ जाती है। और junction reverse bias में भी low resistance offer करने लगता है। जिससे reverse current की value डार्क करेण्ट की तुलना में कई गुना बढ जाती है।
प्रकाश की तीव्रता 20,000 Lm/M² होने पर current 300 uA तक पहुॅच जाता है।
LDR की तुलना में फोटो डायोड का रिस्पांस टाइम बहुत कम होता है यह कुछ नैनो सेकण्ड में cut off से कण्डक्सन में तथा कण्डक्सन से cut off में आ सकता है।

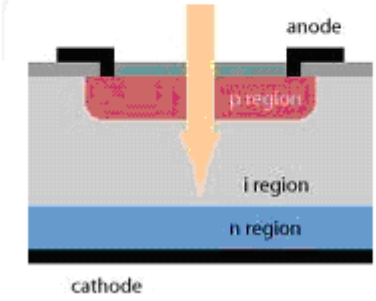
उपयोगः– फास्ट फोटो डिटेक्टर होने के कारण इसका उपयोग निम्न कार्य में होता हैः–
1. फायवर आप्टिक्स संचार में डिमाडूलेटर की तरह।

2. CD प्लेयर में CD को read करने के हेतु।
3. TV सैट में रिमोट कन्ट्रोल रिसीवर की तरह।
4. लाइट डिटेक्टर /infrared detector सर्किट में।
5.आप्टीकल माउस में।
6.स्कैनर में।

PIN फोटो डायोड

यह एक विशेष प्रकार का three region रिवर्स वायस junction डायोड होता है यह डायोड हैवी डोप्ड P एवं N प्रकार के सिलिकॉन पदार्थ के मध्य शुद्व सिलिकॉन की एक पतली परत को सैंडविच की तरह मिलाकर बनता है। जैसा कि निम्न चित्र में दिखाया गया है।





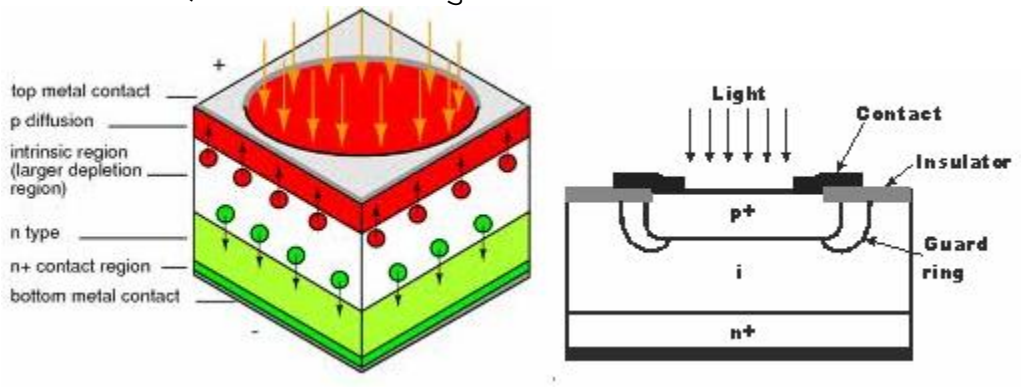
सामान्य डायोड में उक्त संसोधन करने से जंक्शन पर गिरने वाली लाइट के कारण पैदा होने वाले कैरीयर का transite time काफी कम हो जाता है।
ऐसा इसलिए होता है कि लाईट के फोटोन से उर्जा प्राप्तकर पैदा होने वाले करण्ट कैरीयर को I-लेयर पार करने में कम दूरी तय करनी होती है। क्यों कि करेण्ट कैरीयर इन्ट्रांजिक लेयर के मध्य में पैदा होते है और I-layer बहुत पतली बनाई जाती है।
अतः **PIN** photo डायोड का रिस्पांस टाइम सामान्य फोटो डायोड की तुलना में बहुत कम होता है।
इस डायोड में लाइट का अधिकतम हिस्सा I-लेयर (2.5 um) अवशोषित करती है।
प्रकाश की तीव्रता से साथ पैदा होनेवाले करेण्ट की लीनियरटी **PIN** डायोड में बहुत अच्छी होती है।

SYMBOL

PIN फोटो डायोड की स्पीड बहुत फास्ट होती है जो नैनो सेकण्ड में होती है। तथा स्पेक्ट्रम रिस्पोन्स भी सामान्य फोटो डायोड की तुलना में अच्छा होता है।
यह डायोड बहुत ही कम noise पैदा करता है। अतः मामूली लाइट बदलाव को भी सेंस कर सकता है।
अतः इसका उपयोग high speed फाइवर कम्यूनिकेशन में किया जाता है।

APD

APD का मतलब है **A**vlanche **P**hoto **D**iode यह एक विशेष प्रकार का चार लेयर वाला PIPN photo diode होता है। इसकी संरचना चित्र अनुसार होती है।



यह PIPN स्ट्रक्चर में बनाया जाता है।

वर्किंग :–

जब उपरोक्त स्ट्रक्चर में लाइट प्रवेश करती है तो यह पतली हैवी डोप्ड N-लेयर द्वारा अवशोषित हो जाता है जिससे Junction पर एक उच्च तीव्रता का इलेक्ट्रिक फील्ड पैदा हो जाता है।

जिसे Impact ionisation कहते है। इस आयोनाइजेशन के कारण current carrier को काफी अधिक उर्जा प्राप्त हो जाती है। जिससे वे अन्य bond के electron को ionised होने के लिए मजबूर कर देते है। और यह रिएक्शन तब तक चलता रहता है जब कि avlanche नही आ जाता। इससे रिवर्स वायस में high current बहना प्रारम्भ हो जाता है।

यह PIN diode की तुलना में ज्यादा sensitive होते है। अतः सिग्नल का amplification कम करना पडता है।

PIN PHOTO DIODE की तुलना में APD के निम्न दुर्गुण हैः–

1. इसका transit time **PIN** diode की तुलना में ज्यादा होता है।
2. **PIN** photo diode की तुलना में noise ज्यादा होता है।

LIGHT DETECTORS की CHARACTENISTICS –

1.**Responsivity** :–यह photo detecter के out put करेण्ट एवं इनपुट optical power का अनुपात होता है। इसकी इकाई एम्पीयर/वाट होती है।

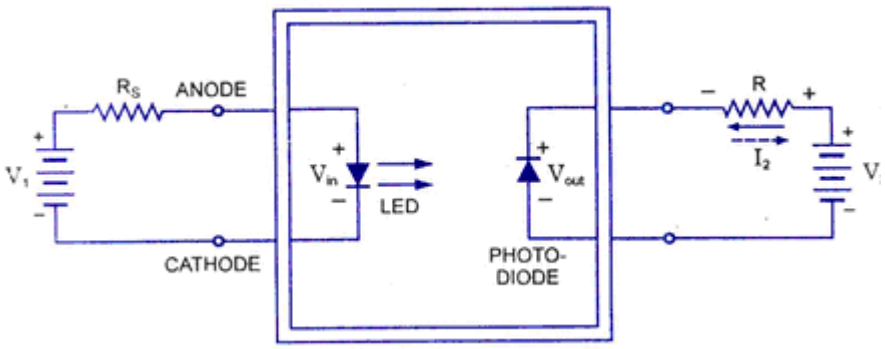
2. डार्क करेण्ट :–फोटो डायोड की रिवर्स वायस के दौरान बहने वाला करेण्ट। जब कि लाइट अनुपस्थित हो। यह current तापमान के कारण पैदा होने वाले carrier के कारण बहता है। यह कम से कम होना चाहिये।

3. Transit time :–लाइट के कारण पैदा होने वाले करेण्ट कैरियर को सेमीकण्डक्टर की diplation लेयर पार करने में लगने वाला समय।
यह टाइम कम होने पर hight bit rate पर उपयोग करना संभव होता है।
4. लाइट सिन्सीटीविटी :– useable इलेक्ट्रिक आउटपुट देने के लिये वह कम से कम प्रकाश उर्जा जो एक फोटो डिटेक्टर के लिये आवश्यक होती है।

OPTO COUPLER

आप्टो कपलर एक ऐसा फोटो डिवाइस है जो फोटो इमीटर एवं फोटो सेंसर दोनो से मिलकर बनता है।
अर्थात इसमें एक LED होती है तथा एक फोटो डायोड होता है। जैसा कि निम्न चित्र में दिखाया गया है–

चित्र



LED एवं फोटो डायोड एक साथ एक ही चिप में तैयार किये जाते है। emitter एवं detector एक दूसरे से इलेक्ट्रिकली कनेक्ट न होकर optically कनेक्ट रहते है।
LED, opto coupler का इनपुट होता है जब कि फोटो डायोड opto coupler का आउटपुट होता है।
opto coupler का उपयोग दो इलेक्ट्रिक सर्किट को एक दूसरे से इलेक्ट्रिकली isolate करने में किया जाता है। खासकर high voltage सर्किट को low voltage सर्किट से couple करने में।
यद्यपि transformer भी दो सर्किट को इलेक्ट्रिकली isolate करता है परन्तु ट्रांसफार्मर कपलिंग की तुलना में opto coupler के निम्न फायदे है।
1. transformer सिर्फ a.c.को coupled कर सकता है परन्तु opto coupler A.C.एवं D.C.दोंनों को couple करता है।
2. opto coupler से सिर्फ one way कपलिंग होती है।
3. यह साइज में बहुत छोटा तथा सादा होता है।

.....000.....

लेखक – नि. रे. देवेन्द्र सिंह परिहार
बिषय सामग्री का संदर्भ –
1.electnic communications systems – wayno tomasi
2. wikipidia