Study material on Different types of Diodes:
SEM-VI (Gen) Paper – DSE-1B
Dr. Dipika Saha
Department of Physics

জেনার ডায়োড

জেনার ডায়োড (Zener Diode) হলো একটি বিশেষ প্রকারের ডায়োড যা সাধারণ ডায়োডের মতো তড়িৎ প্রবাহকে শুধুমাত্র সম্মুখ দিকে প্রবাহিত করে না, এটা বিপরীত দিকেও প্রবাহিত করে যদি বিভবটা ব্রেকডাউন ভোল্টেজের মাত্রা ছাড়িয়ে যায়; এই ভোল্টেজকে জেনার ভোল্টেজ বলা হয়ে থাকে। এই যন্ত্রের নাম রাখা হয়েছে এই বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যের আবিষ্কারক ক্লারেন্স জেনারের নাম অনুসারে।

জেনার ডায়োড হলো এক ধরনের উচ্চমাত্রার ডোপিংকৃত p-n জাংশন ডায়োড, যা ফরওয়ার্ড এবং রির্ভাস উভয় বায়াসে কাজ করে । জেনার ডায়োড দেখতে ইংরেজি শব্দ Z এর মত । জেনার ডায়োড V-I বৈশিষ্ট্য রেখার ব্রেক ডাউন রিজিওনে কাজ করে । ফরওয়ার্ড ভোল্টেজ জেনার ডায়োড সাধারণ ডায়োডের মত কাজ করে ।

সাধারন ডায়োডের তুলনায় জেনার ডায়োডের ব্রেকডাউন (বা জেনার) ভোল্টেজ অনেক কম হয়ে থাকে। এ ব্রেকডাউন ভোল্টেজ ডোপিং (বা মিশ্রিত ভেজাল) এর পরিমাণের উপর নির্ভর করে।

সাধারণ ডায়োডের ক্ষেত্রে রিভার্স ব্রেকডাউন ভোল্টেজের দরুন ডায়োডে মাত্রাতিরিক্ত রিভার্স কারেন্ট প্রবাহিত হয় আর এটি নষ্ট হয়ে যায়। কিন্তু জেনার ডায়োডের ক্ষেত্রে এটি নষ্ট না হয়ে নির্দিষ্ট জেনার কারেন্ট প্রবাহে সক্ষম থাকে।ফলে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ যাই হোক না কেন ডায়োডের অ্যানোড এবং ক্যাথোড প্রান্তে সব সময় একটি নির্দিষ্ট (বা রেগুলেটেড) ভোল্টেজ পাওয়া যায়, যাকে জেনার ভোল্টেজ বলে।

ইলেকট্রনিক্স সার্কিটে জেনার ডায়োড হলো এক ধরনের স্থির ও অপরিবর্তনীয় ডিসি ভোল্টেজ সাপ্লাইয়ার। সার্কিটের ইনপুট ভোল্টেজের সামান্য তারতম্য থাকলেও আউটপুটে অপরিবর্তনীয়, সব সময় একই ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এই স্থির বা অপরিবর্তনীয় ডিসি ভোল্টেজ কে ইংরেজিতে স্টেবিলাইজ ডিসি বা রেগুলেটর ভোল্টেজ বলা হয়।

ফরোয়ার্ড-বায়াস মোডে থাকাকালীন জেনার ডায়োড স্বাভাবিক ডায়োডের মতোই কাজ করে আর 0.3 এবং 0.7 V এর মধ্যা ডায়োড স্যুইচ অন হয়। তবে, রিভার্স বায়াস মোডে সংযুক্ত থাকাকালীন এরমধ্য দিয়ে সামান্য লিকেজ কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে। রিভার্স বায়াসিং ভোল্টেজ ধীরে ধীরেবৃদ্ধি করতে থাকলে পূর্বনির্ধারিত ব্রেকডাউন ভোল্টেজ (V_Z)-এ বাড়ার সাথে সাথে একটি কারেন্ট ডায়োডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে শুরু করে। কারেন্ট বেড়ে সর্বাধিক মানে পৌছায় (যা সিরিজে থাকা রেজিস্ট্যান্স দ্বারা নির্ধারিত হয়), ফলে জেনার ডায়োড এর আড়াআড়িতে একটি রেগুলেটেড ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

কার্য পদ্ধতি

একটি প্রথাগত সলিড স্টেট ডায়োড যা এটা যদি বিপরীত ঝোঁকে হয়ে থাকে তবে এর ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের নিচে তড়িৎ প্রবাহিত হতে দেয় না। যখন বিপরীত ঝোঁকে ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ অতিক্রান্ত হয় তখন প্রথাগত ডায়োডে অধিক পরিমাণে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। ফলে ডায়োডটা চিরতরে ধ্বংস হয়ে যাবে যদি না এই বিদ্যুৎ প্রবাহ ঐ বর্তনীর মাধ্যমে নিয়ন্ত্রিত হয়। আবার সম্মুখ ঝোঁকে বেশি পরিমাণে তড়িৎ প্রবাহের ফলে ঐ ডায়োডের সংযোগের স্বয়ংক্রীয় বিভব এবং অন্তর্গত রোধের কারণে কিছু মাত্রায় বিভব পতন হয়। যে পরিমাণে বিভবের পতন হয় তা ব্যবহৃত অর্ধপরিবাহীর উপাদান এবং ডোপিং-এর ঘনত্বের ওপর নির্ভর করে।

একটি জেনার ডায়োড প্রায় একই ধরনের ধর্ম প্রদর্শন করে, তবে এতে খুবই কম ব্রেকডাউন ভোল্টেজ থাকে যাকে আবার জেনার ভোল্টেজও বলা হয়ে থাকে। একটা সাধারণ প্রথাগত ডায়োডের বিপরীতে একটি বিপরীত ঝোঁকে থাকা জেনার ডায়োড একটা নিয়ন্ত্রিত ব্রেকডাউন প্রদর্শন করে এবং বিদ্যুৎকে জেনার ডায়োডে জেনার ভোল্টেজ বজায় রাখতে সাহায্য করে। উদাহরণ স্বরূপঃ যদি একটা জেনার ডায়োডের ব্রেকডাউন ভোল্টেজ ৩.২ V হয়, তবে তার বিভবের পতন হবে ৩.২ V। এমনকি যদি এতে বিপরীত ঝোঁক প্রয়োগ করা হয় যা তার জেনার ভোল্টেজের চেয়েও বেশী। জেনার ডায়োড তাই রেফারেন্স ভোল্টেজ তৈরি করার জন্য একটা আদর্শ জিনিস যেমন একটা অ্যাম্পলিফায়ারের পর্যায়ের জন্য বা একটা ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার কম মাত্রায় প্রয়োগের জন্য। জেনার ডায়োডের কর্ম ক্ষমতা আবার এটার পি-এন সংযোগের ডোপিং-এর ওপরও নির্ভর করে যা পি টাইপের পদার্থের ভ্যালেন্স ব্যান্ড থেকে ইলেকট্রনকে এন-টাইপ পদার্থের পরিবাহী ব্যান্ডে নিয়ে আসবে। সহ্যসীমা ০.০৫%-এর ডায়োড সহজলভ্য, তবে বেশী মাত্রায় ব্যবহৃত সহ্যসীমা হলো ৫% থেকে ১০%। জেনার ডায়োডের ব্রেকডাউন ভোল্টেজ আবার ১ .২ V থেকে ২০০ V পর্যন্ত হয়ে থাকে। আরেকটা প্রক্রিয়া থেকে একই ধরনের প্রতিক্রিয়া পাওয়া তা হলো আভ্যালেঞ্চে প্রভাব যা আভ্যালেঞ্চে ডায়োডে থাকে।আসলে একই ভাবে ২ ধরনের ডায়োড প্রস্তুত করা হয় এবং এ ধরনের

ডায়োডে উভয় প্রভাবই বর্তমান থাকে। সিলিকন ডায়োড যার বিভব প্রায় ৫.৬ ভোল্ট, এতে জেনার প্রভাব খুব ভালো ভাবেই থাকে এবং একটা ঋণাত্মক তাপমাত্রা সহগ নির্দেশ করে। ৫.৬ ভোল্টের ওপরে আভ্যালেঞ্চে প্রভাব বেশি মাত্রায় থাকে এবং একটা ধনাত্মক তাপমাত্রা সহগ নির্দেশ করে। একটা ৫.৬ ভোল্টের ডায়োডে এই ২টি প্রভাবই বিদ্যমান থাকে এবং তাদের তাপমাত্রা সহগ একে অপরকে বাতিল করে দেয়। তাই ৫.৬ ভোল্টের ডায়োড তাপমাত্রা সংক্রান্ত প্রয়োগে বেশী পছন্দনীয়।আধুনিক প্রস্তুত প্রক্রিয়ার মাধ্যমে এমন ডিভাইস তৈরি করা যায় যার বিভব থাকে ৫.৬ V সাথে খুব কম তাপমাত্রা সহগ। কিন্তু উভয় বিভবের যন্ত্রে তাপমাত্রা সহগ বেশি থাকে।

জেনার ইফেক্ট বা জিনার ক্রিয়া কি ?

জেনার ডায়োডে রির্ভাস বায়াস ক্রমশ বৃদ্ধি করতে থাকলে একটি বিশেষ ভোল্টেজে কারেন্ট প্রবাহ মাত্রা হঠাৎ খুব বেশি বৃদ্ধি পাওয়ার প্রক্রিয়াকে জেনার ক্রিয়া বা জিনার ইফেক্ট বলে ।

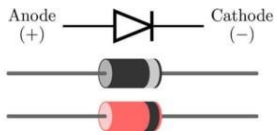
জেনার ডায়োড ব্রেক ডাউন হলে কী হয় :

জেনার ডায়োডের ব্রেক ডাউন হলে ব্যাক রেজিস্ট্যান্স শূন্য মানে নেমে আসে, রিভার্স কারেন্ট অতি দ্রুত বেড়ে যায় । জেনার ডায়োডের প্রান্তসমূহের ভোল্টেজ ড্রপ প্রায় স্থির থাকে ।

জেনার ডায়োডের ব্যবহার:

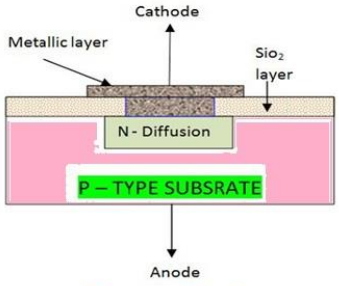
- ডিসি ভোল্টেজ স্ট্যাবিলাইজার এবং রেগুলেশন করার জন্য ।
- এসি ভোল্টেজের অ্যামপ্লিচিউড সীমাবদ্ধকরণ ।
- অ্যানালগ সার্কিটস ।
- পাওয়ার সার্কিটস এবং ইনভার্টার সার্কিটে ।
- রিভার্স ভোল্টেজ কন্ট্রোল সার্কিটে ।
- জিনার ডায়োড ক্লিপার সার্কিটে ।
- ক্লিপার ক্ল্যাম্পার এবং প্রটেক্টর সার্কিটে জিনার ডায়োড ব্যবহার করা হয় ।

জিনার ডায়োড এবং সাধারণ ডায়োডের মধ্যে পার্থক্যসমূহ:

সাধারণ ডায়োড	জেনার ডায়োড
১/এটার সুনির্দিষ্ট ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ নাই ।	১/এটার সুনির্দিষ্ট ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ আছে ।
২/ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের পর ডায়োড নষ্ট হয়ে যায়।	২/ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের পর ডায়োড নষ্ট হয় না ।
৩/ডোপিং এর মান কম ।	৩/ডোপিং এর মান বেশি ।
৪/ এর প্রতীক 	৪/ এর প্রতীক
৫/এটি ফরওয়ার্ড বায়াসে কাজ করে ।	৫/এটি রিভার্স বায়াসে কাজ করে ।

What is zener diode?

A zener diode is a special type of device designed to operate in the zener breakdown region. Zener diodes acts like normal p-n junction diodes under forward biased condition. When forward biased voltage is applied to the zener diode it allows large amount of electric current and blocks only a small amount of electric current.



Zener Diode

Zener diode is heavily doped than the normal p-n junction diode. Hence, it has very thin depletion region. Therefore, zener diodes allow more electric current than the normal p-n junction diodes.

Zener diode allows electric current in forward direction like a normal diode but also allows electric current in the reverse direction if the applied reverse voltage is greater than the zener voltage. Zener diode is always connected in reverse direction because it is specifically designed to work in reverse direction.

Working Principle of Zener Diode:

When a PN junction diode is reverse biased, the depletion layer becomes wider. If this reverse biased voltage across the diode is increased continually, the depletion layer becomes more and more wider. At the same time, there will be a constant reverse saturation current due to minority carriers.

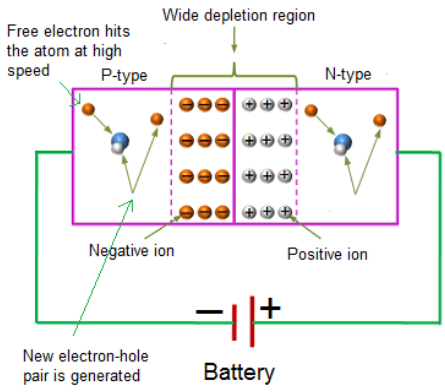
After certain reverse voltage across the junction, the minority carriers get sufficient kinetic energy due to the strong electric field. Free electrons with sufficient kinetic energy collide with stationary ions of the depletion layer and knock out more free electrons. These newly created free electrons also get sufficient kinetic energy due to the same electric field, and they create more free electrons by collision cumulatively. Due to this commutative phenomenon, very soon, huge free electrons get created in the depletion layer, and the entire diode will become conductive. This type of breakdown of the depletion layer is known as avalanche breakdown, but this breakdown is not quite sharp. There is another type of breakdown in depletion layer which is sharper compared to avalanche breakdown, and this is called Zener breakdown. When a PN junction is diode is highly doped, the concentration of impurity atoms will be high in the crystal. This higher concentration of impurity atoms causes the higher concentration of ions in the depletion layer hence for same applied reverse biased voltage, the width of the depletion layer becomes thinner than that in a normally doped diode.

Due to this thinner depletion layer, voltage gradient or electric field strength across the depletion layer is quite high. If the reverse voltage is continued to increase, after a certain applied voltage, the electrons from the covalent bonds within the depletion region come out and make the depletion region conductive. This breakdown is called Zener breakdown. The voltage at which this breakdown occurs is called Zener voltage. If the applied reverse voltage across the diode is more than Zener voltage, the diode provides a conductive path to the current through it hence, there is no chance of further avalanche breakdown in it. Theoretically, Zener breakdown occurs at a lower voltage level then avalanche breakdown in a diode, especially doped for Zener breakdown. The Zener breakdown is much sharper than avalanche breakdown. The Zener voltage of the diode gets adjusted during manufacturing with the help of required and proper doping. When a zener diode is connected across a voltage source, and the source voltage is more than Zener voltage, the voltage across a Zener diode remain fixed irrespective of the source voltage. Although at that condition current through the diode can be of any value depending on the load connected with the diode. That is why we use a Zener diode mainly for controlling voltage in different circuits.

Breakdown in zener diode:
There are two types of reverse breakdown regions in a zener diode: avalanche breakdown and zener breakdown.

Avalanche breakdown:

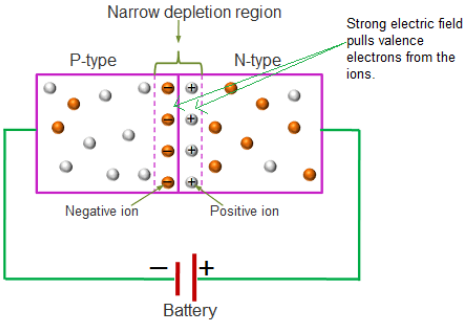
The avalanche breakdown occurs in both normal diodes and zener diodes at high reverse voltage. When high reverse voltage is applied to the p-n junction diode, the free electrons (minority carriers) gains large amount of energy and accelerated to greater velocities.



The free electrons moving at high speed will collides with the atoms and knock off more electrons. These electrons are again accelerated and collide with other atoms. Because of this continuous collision with the atoms, a large number of free electrons are generated. As a result, electric current in the diode increases rapidly. This sudden increase in electric current may permanently destroys the normal diode. However, avalanche diodes may not be destroyed because they are carefully designed to operate in avalanche breakdown region. Avalanche breakdown occurs in zener diodes with zener voltage (Vz) greater than 6V.

Zener breakdown:

The zener breakdown occurs in heavily doped p-n junction diodes because of their narrow depletion region. When reverse biased voltage applied to the diode is increased, the narrow depletion region generates strong electric field.



When reverse biased voltage applied to the diode reaches close to zener voltage, the electric field in the depletion region is strong enough to pull electrons from their valence band. The valence electrons which gains sufficient energy from the strong electric field of depletion region will breaks bonding with the parent atom. The valance electrons which break bonding with parent atom will become free electrons. These free electrons carry electric current from one place to another place. At zener breakdown region, a small increase in voltage will rapidly increases the electric current.
Zener breakdown occurs at low reverse voltage whereas avalanche breakdown occurs at high reverse voltage. Zener breakdown occurs in zener diodes because they have very thin depletion region. Breakdown region is the normal operating region for a zener diode. Zener breakdown occurs in zener diodes with zener voltage (Vz) less than 6V.

What is Zener Breakdown?

When the diode is reverse biased, the kinetic energy of the electrons increase and they move at a high velocity. The high-velocity electrons collide with other atoms and give rise to free electrons. These free electrons, in turn, give rise to a high value of reverse saturation current. This is known as Zener breakdown.

What is Avalanche Breakdown?

The avalanche breakdown occurs when a high reverse voltage is applied across the diode. As we increase the applied reverse voltage, the electric field across the junction increases. This electric field exerts a force on the electrons at the junction and frees them from covalent bonds. These free electrons start moving with high velocity across the junction and collide with the other atoms, thus creating more free electrons. This results in the rapid increase in net current. Both these breakdowns occur in Zener diodes.

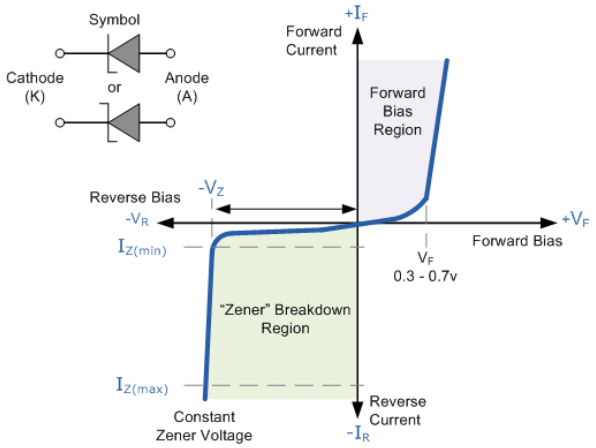
Zener Breakdown vs Avalanche Breakdown:

The main difference between Zener breakdown and avalanche breakdown is their mechanism of occurrence. Zener breakdown occurs because of the high electric field whereas, the avalanche breakdown occurs because of the collision of free electrons with atoms. Both these breakdowns can occur simultaneously. Let us look at the other differences between them in the below table.

Zener Breakdown	Avalanche Breakdown
The process in which the electrons move across the barrier from the valence band of p-type material to the conduction band of n-type material is known as Zener breakdown.	The process of applying high voltage and increasing the free electrons or electric current in semiconductors and insulating materials is called an avalanche breakdown.
This is observed in Zener diodes having a Zener breakdown voltage Vz of 5 to 8 volts.	This is observed in Zener diode having a Zener breakdown voltage Vz greater than 8 volts.
The valence electrons are pulled into conduction due to the high electric field in the narrow depletion region.	The valence electrons are pushed to conduction due to the energy imparted by accelerated electrons, which gain their velocity due to their collision with other atoms.
The increase in temperature decreases the breakdown voltage.	The increase in temperature increases the breakdown voltage.
The VI characteristics of a Zener breakdown has a sharp curve.	The VI characteristic curve of the avalanche breakdown is not as sharp as the Zener breakdown.
It occurs in diodes that are highly doped.	It occurs in diodes that are lightly doped.

Zener Diode I-V Characteristics:

The VI characteristics of a zener diode is shown in the below figure. When forward biased voltage is applied to the zener diode, it works like a normal diode. However, when reverse biased voltage is applied to the zener diode, it works in different manner.



The Zener Diode is used in its "reverse bias" or reverse breakdown mode, i.e. the diodes anode connects to the negative supply. From the I-V characteristics curve above, we can see that the zener diode has a region in its reverse bias characteristics of almost a constant negative voltage regardless of the value of the current flowing through the diode.When reverse biased voltage is applied to a zener diode, it allows only a small amount of leakage current until the voltage is less than zener voltage.

When reverse biased voltage applied to the zener diode reaches zener voltage, it starts allowing large amount of electric current. At this point, a small increase in reverse voltage will rapidly increases the electric current. Because of this sudden rise in electric current, breakdown occurs called zener breakdown. However, zener diode exhibits a controlled breakdown that does damage the device.

This voltage remains almost constant even with large changes in current providing the zener diodes current remains between the breakdown current I_Z (min) and its maximum current rating I_Z (max).

The zener breakdown voltage of the zener diode is depends on the amount of doping applied. If the diode is heavily doped, zener breakdown occurs at low reverse voltages. On the other hand, if the diode is lightly doped, the zener breakdown occurs at high reverse voltages. Zener diodes are available with zener voltages in the range of 1.8V to 400V.

This ability of the zener diode to control itself can be used to great effect to regulate or stabilise a voltage source against supply or load variations. The fact that the voltage across the diode in the breakdown region is almost constant turns out to be an important characteristic of the zener diode as it can be used in the simplest types of voltage regulator applications.

The function of a voltage regulator is to provide a constant output voltage to a load connected in parallel with it in spite of the ripples in the supply voltage or variations in the load current. A zener diode will continue to regulate its voltage until the diodes holding current falls below the minimum I_Z (min) value in the reverse breakdown region.

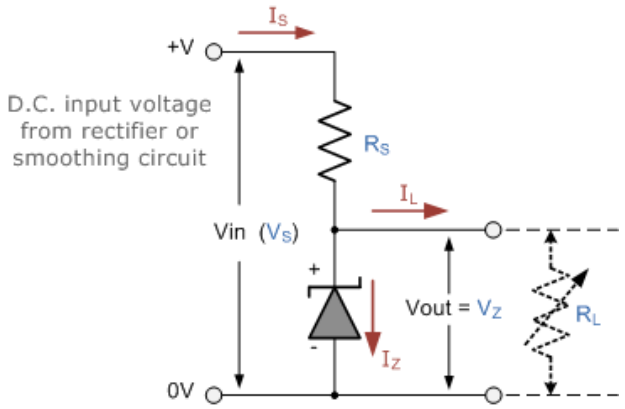
What is a Voltage Regulator?

A voltage regulator is a device that regulates the voltage level. It essentially steps down the input voltage to the desired level and keeps it in that same level during the supply. This ensures that even when a load is applied the voltage doesn't drop. The voltage regulator is used for two main reasons and they are:

- To vary or regulate the output voltage.
- To keep the output voltage constant at the desired value in spite of variations in the supply voltage.

Voltage regulators are used in computers, power generators, alternators to control the output of the plant.

Zener Diode as a voltage Regulator:



Resistor, R_S is connected in series with the zener diode to limit the current flow through the diode with the voltage source, VS being connected across the combination. The stabilised output voltage V_{out} is taken from across the zener diode.

The zener diode is connected with its cathode terminal connected to the positive rail of the DC supply so it is reverse biased and will be operating in its breakdown condition. Resistor R_S is selected so to limit the maximum current flowing in the circuit.

With no load connected to the circuit, the load current will be zero, ($I_L = 0$), and all the circuit current passes through the zener diode which in turn dissipates its maximum power. Also a small value of the series resistor R_S will result in a greater diode current when the load resistance RL is connected and large as this will increase the power dissipation requirement of the diode so care must be taken when selecting the appropriate value of series resistance so that the zener's maximum power rating is not exceeded under this no-load or high-impedance condition.

The load is connected in parallel with the zener diode, so the voltage across R_L is always the same as the zener voltage, ($V_R = V_Z$). There is a minimum zener current for which the stabilisation of the voltage is effective and the zener current must stay above this value operating under load within its breakdown region at all times. The upper limit of current is of course dependant upon the power rating of the device. The supply voltage V_S must be greater than V_Z .

One small problem with zener diode stabiliser circuits is that the diode can sometimes generate electrical noise on top of the DC supply as it tries to stabilise the voltage. Normally this is not a problem for most applications but the addition of a large value decoupling capacitor across the zener's output may be required to give additional smoothing.

Then to summarise a little. A zener diode is always operated in its reverse biased condition. As such a simple voltage regulator circuit can be designed using a zener diode to maintain a constant DC output voltage across the load in spite of variations in the input voltage or changes in the load current.

The zener voltage regulator consists of a current limiting resistor R_S connected in series with the input voltage V_S with the zener diode connected in parallel with the load R_L in this reverse biased condition. The stabilised output voltage is always selected to be the same as the breakdown voltage V_Z of the diode.

Advantages of zener diode:

- Power dissipation capacity is very high
- High accuracy
- Small size
- Low cost

Applications of zener diode:

- It is normally used as voltage reference
- Zener diodes are used in voltage stabilizers or shunt regulators.
- Zener diodes are used in switching operations
- Zener diodes are used in clipping and clamping circuits.

Key Differences Between Diode and Zener Diode

- The direction of the current that the device allows creates a major difference between diode and zener diode. The diode conducts uni–directionally while the zener diode conducts bi–directionally in forward biased as well as in reverse biased.
- The doping characteristics of diode and zener diode are also different from each other. The zener diode is sharply doped while the conventional diode is moderately doped.
- The breakdown voltage in case of zener diode is sharp. But in normal PN junction diodes, the breakdown voltage is comparatively high.
- A conventional diode cannot operate in reversed biased mode while the Zener diode can operate in reversed biased mode too.
- The Zener diode is generally used as a voltage regulator while the conventional diodes are used in the rectifier, clipper, clamper etc.

আলোক নিঃসারী ডায়োড (LED):

এলইডি প্রকৃতপক্ষে একটি সম্মুখ ঝোঁক বিশিষ্ট P-N জাংশন ডায়োড। এটি **GaAs(গ্যালিয়াম-আর্সেনাইড), GaP(গ্যালিয়াম ফসফাইড)** প্রভৃতি অর্ধপরিবাহী যৌগ দ্বারা প্রস্তুত করা হয় যাতে তাদের বেশিরভাগ শক্তি আলো হিসেবে নির্গত হয়। এই আলোর বর্ণ ব্যবহৃত বস্তুর উপাদানের উপর নির্ভর করে।একটি P-N জাংশন শোষিত আলো শক্তির রূপান্তর করতে পারে তার সমানুপাতিক বিদ্যুৎপ্রবাহ মধ্যেমে (অর্থাৎ বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োগে এটি আলো নির্গত করে)। এই ঘটনাটি সাধারণত একটি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের প্রভাব অধীন একটি অর্ধপরিবাহী থেকে আলোর প্রকার হিসেবে সংজ্ঞায়িত করা যেতে পারে, যাকে **Electro luminescence(বৈদ্যুতিক প্রক্ষেপন)** বলা হয়।

LED কাকে বলে?

LED পূর্ণ নাম হলো লাইট ইমিটিং ডায়োড। এটি একটি বিশেষ ধরনের ডিভাইস যার মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হলে আলো নির্গত হয়। এটি মূলত ফরওয়ার্ড বায়াসে কাজ কারে থাকে।

এই ধরণের ডায়োড ফরওয়ার্ড বায়াসে রেখে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ প্রধান করলেই কাজ করে থাকে। এর মধ্য দিয়ে ভোল্টেজের মান বাড়ালে আলোর তীব্রতা বেড়ে যায় কিন্তু তাই বলে বেশি ভোল্টেজ বাড়ানো যাবে না। এতে করে এটি গরম হয়ে নষ্ট হয়ে যাবে।

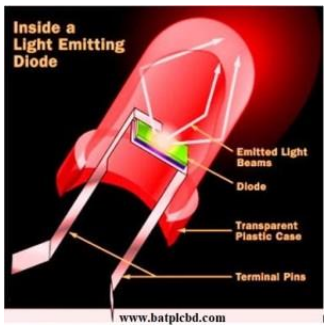
এই ধরণের ডায়োড মূলত ১ থেকে ২.৫ ভোল্টে কাজ করে থাকে। লাইট ইমিটিং ডায়োড থেকে বিভিন্ন ধরণের আলো পাওয়া যায়ঃ লাল, হলুদ, সবুজ ইত্যাদি। এগুলো দামে অনেক সস্তা এবং সহজেই পাওয়া যায়। ইলেকট্রনিক্স সার্কিটে এর ব্যবহার ব্যাপক।

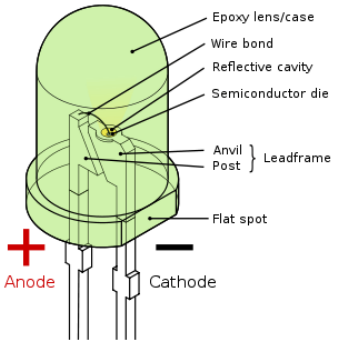
LED প্রতীক:

LED গঠন:

এল ই ডি বা লাইট ইমিটিং ডায়োডের দুইটি পা থাকে। এর একটি হলো এনোড বা পজিটিভ এবং অপরটি হলো ক্যাথোড বা নেগেটিভ। এর এনোড প্রান্ত বা পজেটিভ প্রান্তের পা টি অপর প্রান্ত হতে লম্বায় বড় হয়ে থাকে।

এটি বিশেষ ধরণের সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস দ্বারা তৈরি হয়ে থাকে যেমনঃ গ্যালিয়াম, ফসফরাস, আর্সেনিক ইত্যাদির তৈরি।





LED প্রধান অংশ মূলত একটি সেমিকন্ডাক্টর চিপ। এটি পি এন জাংশনকে মূলত ধারণ করে থাকে। চিত্রে দেখানো হয়েছে এনভিল যেখানে এই চিপটিকে বসানো হয়। এই চীপটিকে একটি ধাতব নির্মিত ফ্রেমের উপর বসানো হয় যাকে এনভিল বলা হয়। এনভিলের উপরের দিকে যেখানে সেমিকন্ডাকটর চীপটিকে বসানো হয়েছে তার চার পাশে গোলাকৃতি রিফ্লেকটিভ ক্যাভিটি সৃষ্টি করা হয় যাতে আলোকের বিচ্ছুরণ প্রতিফলনের মাধ্যমে মোটামুটি একমুখী করা যায়। একটি সুক্ষ ধাতব তার দ্বারা সেমিকন্ডাকটর চীপের পি-টাইপ মেটাল কন্টাক্ট পয়েন্ট এবংপোস্টের মাঝে বৈদ্যুতিক সংযোগ স্থাপন করা হয় যেন এনোডে প্রযুক্ত ভোল্টেজ ডায়োডের পি-টাইপ সেমিকন্ডাকটরে প্রয়োগ হতে পারে।

অপরদিকে এন-টাইপ পার্শ্ব হতে মেটাল কন্টাক্টের মাধ্যমে এনভিলের সাথে অন্তঃসংযোগ স্থাপন করা হয় যাতে ক্যথোডে প্রযুক্ত ভোল্টেজ এন-টাইপ সেমিকন্ডাকটরে প্রয়োগ হতে পারে। এবার পুরো ব্যবস্থাটিকে একটি স্বচ্ছ, শক্তপ্লাস্টিক নির্মিত

আবরণের মধ্যে ধারণ করা হয়, এরপর এনভিলকে সম্প্রসারণ করে একটি টার্মিনাল বের করা হয় যাকে বলে ক্যথোড এবং পোস্টকে সম্প্রসারণ করে একটি টার্মিনাল বের করা হয় যাকে বলে এনোড। গোলাকার এলইডি'র সন্মুখ প্রান্তে প্লাস্টিক বডির সাথেই এপোক্সি লেন্স সৃষ্টি করা হয় যাতে বিচ্ছুরিত আলোক আরো ঘনীভূত করে দেখা যায়।

এলইডি'র মূল মেকানিজম সেমিকন্ডাকটর চীপের গঠন কি রকম?

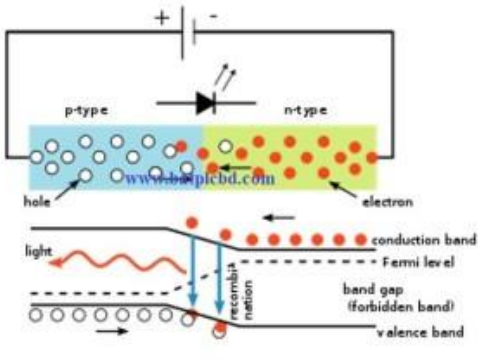
এলইডিতে একটি সুক্ষ সেমিকন্ডাকটর চীপ থাকে যা মূলতঃ একটি পি-এন জাংশন ডায়োড। সাবস্ট্রেট স্তরের উপর একটি এন-টাইপ পদার্থের স্তর সৃষ্টি করা হয় এবং উক্ত এন-টাইপ লেয়ারের উপর ডিফিউশন প্রকৃয়ায় একটি পি-টাইপ পদার্থের স্তর সৃষ্টি করা হয়। ফলেপি-টাইপ এবং এন-টাইপ সেমিকন্ডাকটরের মধ্যে একটি পি-এন জাংশন সৃষ্টি হয়। এবার সাবস্ট্রেটের মধ্য দিয়ে এন-টাইপ হতে একটি মেটাল কন্টাক্ট এবং পি-টাইপ হতে অনুরূপ মেটাল কন্টাক্টের (যা সাধারণতঃ এলুমিনিয়াম নির্মিত) মাধ্যমে কানেকশন বের করে আনা হয়। এন-টাইপ ম্যাটেরিয়ালের সাথে সংযুক্ত টার্মিনালকে বলা হয় ক্যথোড এবং পি-টাইপ ম্যাটেরিয়ালের সাথে সংযুক্ত টার্মিনালকে বলা হয় এনোড। পি-টাইপ স্তরটি আকারে ছোট হলে এন টাইপ লেয়ারের বর্ধিতাংশের উপর একটি SO_2 এর স্তর সৃষ্টি করা হয় যাতে তা এন-টাইপ ম্যাটেরিয়াল ও মেটাল কন্টাক্টের মধ্যে ইনসুলেটর হিসাবে কাজ করতে পারে। মেটাল কন্টাক্টকে পি-টাইপ ম্যাটেরিয়ালের মাঝামাঝিতে না লাগিয়ে ধার ঘেঁষে বা পার্শ্বে লাগিয়ে মাঝখানে উন্মুক্ত রাখা হয় যাতে আলোক বিকিরণ বাধাহীনভাবে খুব সহজে বাহিরে ছড়িয়ে পড়তে পারে।

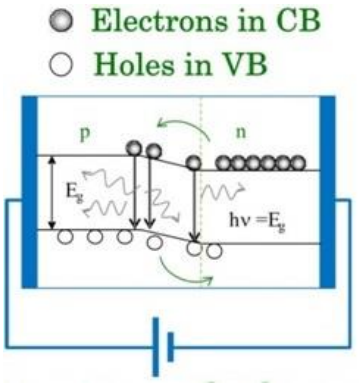
LED কার্যপ্রণালী:

এলইডি'র কার্যপ্রণালী বুঝার আগে নীলস বোরের পারমানবিক মডেলের একটি স্বীকার্য ভালভাবে বুঝে নিই। বোরের পারমানবিক মডেলের একটি স্বীকার্যহলো – "কোন ইলেকট্রন বহিস্থ উৎস হতে শক্তি অর্জন করলে ইলেকট্রনটি পরবর্তি বহিস্থ কক্ষপথে চলে যায় এবং এই অবস্থা একটি ক্ষণস্থায়ী অবস্থা ইলেকট্রনটি খুব শীঘ্রই পূর্বের কক্ষে ফিরে আসবে এবং আসার সময় তার অর্জিত শক্তি বিকিরণ করবে"।

এই বিকিরিত এনার্জির রূপ পদার্থের অবস্থা ভেদে বিভিন্ন রকম হয়। যেমন Siএবং Ge জাংশনের ক্ষেত্রে অধিকাংশ এনার্জি তাপ আকারে বিকিরিত হয় এবং খুব কম পরিমান এনার্জি ফোটন আকারে বিকিরিত হয়। এই বিকিরিত তাপের পরিমানও খুব কম থাকে একারণে আমার বুঝতে পারিনা।

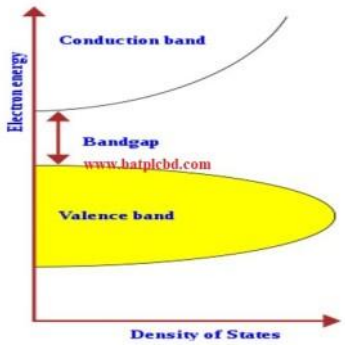
আমরা গঠন থেকে জেনেছি LED মূলত ফরওয়ার্ড বায়াসে কাজ করে থাকে। পি টাইপ সেমিকন্ডাক্টরের মেজরিটি কেরিয়ার হোল এবং এন টাইপে মেজরিটি কেরিয়ার ইলেকট্রন থাকে।





যখন লাইট ইমিটিং ডায়োড কে ফরওয়ার্ড বায়াস প্রধান কর হয় তখন এন টাইপ সেমিকন্ডাক্টরের ফ্রি ইলেকট্রন সমূহ ডিসি সোর্স হতে বৈদ্যুতিক শক্তি লাভ করে এবং তা ব্যালেন্স ব্যান্ড থেকে কন্ডাকশন ব্যান্ডে স্থানান্তরিত হয় এবং বৈদ্যুতিক চাপের প্রভাবে জাংশনের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে পি টাইপে যায়।
পি টাইপে মেজরিটি কেরিয়ারের হোল সমূহ ভ্যালেন্স ব্যান্ডে অবস্থান করে থাকে। আগত ইলেকট্রন সমূহ কন্ডাকশন ব্যান্ড হতে ভ্যালেন্স ব্যান্ডে যায় এবং হোল সমূহের সাথে মিলিত হয়।
এর ফলে ইলেকট্রন হোল রিকম্বিনেশন ঘটে এবং একই সাথে মিলিত হবার সময় ইলেকট্রনসমূহ তাদের অর্জিত শক্তিকে ফোটন আকারে বিকিরণ করে থাকে। এভাবে মূলত পি-এন জাংশন একটি আলোক উৎসে পরিণত হয়ে থাকে।

বিকিরিত আলোক বর্ণের ভিন্নতার কারনঃ



এই বিষয়টি বুঝার আগে আমাদের ব্যান্ডগ্যাপ এনার্জি সম্পর্কে জানতে হবে। ব্যান্ডগ্যাপ বলতে বুঝানো হয় পরপর দুটি শক্তিস্তরের মধ্যবর্তী দূরত্ব যেখানে কোন ইলেকট্রন অবস্থান করতে পারেনা। সাধারণতঃ সেমিকন্ডাকটরের ক্ষেত্রে ব্যান্ডগ্যাপ বলতে ভ্যালেন্স ব্যান্ডের সবোর্চ্চ সীমা এবং কন্ডাকশন ব্যান্ডের সর্বনিম্ন সীমার মধ্যবর্তী শক্তি পার্থক্যকে বুঝানো হয়। এই শক্তি পার্থক্য বা এনার্জিগ্যাপ বা ব্যান্ডগ্যাপ বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন রকম হয় এবং ইহাকে ইলেকট্রন ভোল্ট (eV) এককের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়।

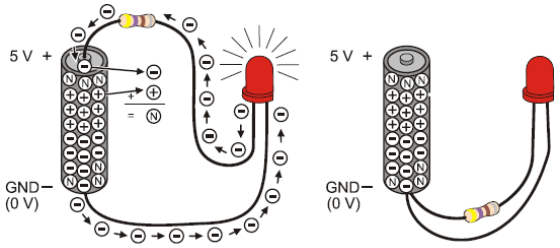
প্রকারভেদঃ

আকৃতি অনুসারে এলইডি বিভিন্ন রকম হতে পারে যেমনঃ গোলাকৃতি, চ্যাপ্টা ইত্যাদি। আবার বর্ণের দিক দিয়ে বিভিন্ন রকম হতে পারে যেমন লাল, হলুদ সবুজ, নীল, সাদা ইত্যাদি। এছাড়া দৃশ্যমান এবং ইনফ্রারেড (অদৃশ্য) আলোক উভয় ধরনের এলইডি রয়েছে।

LED সার্কিটে প্রয়োগ:

লাইট ইমিটিং ডায়োড সার্কিটে লাগানোর সময় এর পজেটিভ প্রান্ত সার্কিটের পজেটিভ প্রান্তের সাথে এবং নেগেটিভ প্রান্ত সার্কিটের নেগেটিভ বা গ্রাউন্ড প্রান্তের সাথে সংযুক্ত দিতে হবে। তবে হ্যা, এর সাথে রেজিস্টর লাগিয়ে নিতে হবে।

এলইডি'র গোলকৃতি দেহের এক পার্শ্বে ফ্লাট স্পট দেয়া থাকে, এই ফ্লাট স্পটের নিকটবর্তী টার্মিনালকে ক্যাথোড বা নেগেটিভ টার্মিনাল বলে এবং অপরটি পজেটিভ টার্মিনাল বা এ্যানোড বলে। এছাড়াও যেগুলি চ্যাপ্টা এলইডি সেগুলিতে ফ্লাট স্পট না থাকলেও এলইডি'র একটি টার্মিনাল খাটো থাকে যা দেখে নেগেটিভ টার্মনাল সনাক্ত করা যায়।



উল্টো করে কানেকশন দিলে এল ই ডি আর কোন কাজ করবে না। বাজারে বিভিন্ন ধরণের এল ই ডি পাওয়া যায়। খুব কম আলো থেকে অনেক বেশি আলো দিতে সক্ষম শক্তিশালী এল ই ডি ও এখন কম দামে পাওয়া যায়।

LED- এর ব্যবহার:

- বিভিন্ন ইলেকট্রনিক্স মিটারে এল ই ডি ব্যবহার করা হয়।
- বিভিন্ন ডিজিটাল মিটারে
- অডিও সিস্টেমে
- অডিও এনালাইজারে
- মনিটরের ব্যাকলাইট হিসেবে
- বিভিন্ন ইলেকট্রনিক্স ডিভাইসে ইন্ডিকেটর হিসেবে
- সেভেন সেগমেন্ট ডিসপ্লেতে
- রিমোট কন্ট্রোল ট্রান্সমিটার বা রিসিভারে
- বিভিন্ন আলফা নিউমেরিক ডিসপ্লে তে।

লাইট ইমিটিং ডায়োড ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধা:

সুবিধা

- এর পাওয়ার খরচ অনেক কম হয়ে থাকে।
- লাইট ইমিটিং ডায়োড আকারে ছোট এবং ওজনে হালকা হয়ে থাকে।
- অল্প বিদ্যুৎ খরচ হয় এবং আধুনিক LED লাইটে কম এনার্জি খরচ করে বেশি আলো পাওয়া যায়।
- খুব বেশি হিট জেনারেট করে না
- এটি একটি দীর্ঘজীবি ডিভাইস

অসুবিধা

- এটার ফরওয়ার্ড রেজিস্ট্যান্স বেশি যার কারনে রেক্টিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায় না।

এল ই ডি ব্যবহারের সতর্কতা:

- এল ই ডি অবশ্যই সঠিক পোলারিটিতে লাগাতে হবে অর্থাৎ এনোডের সাথে সোর্সের পজেটিভ এবং ক্যাথোডের সোর্সের গ্রাউন্ড বা নেগেটিভ লাগাতে হবে।
- সঠিক ভোল্টেজে লাগাতে হবে। কম বা বেশি হওয়া যাবে না।
- সোল্ডারিং করার ক্ষেত্রে যাতে করে বেশি তাপ না দেওয়া হয় সেদিকে নজর রাখতে হবে।

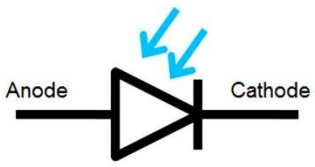
ফটো ডায়োড

ফটো ডায়োড কি :

ফটো-ডায়োড বলতে এমন এক ধরণের ডায়োড কে বোঝায় যে ডায়োড আলোর প্রতিফলনে কাজ করে। যেমন- ফটো ডায়োডের উপর পরিমাণ মত আলোক রশ্মি পড়লে তখন তার ভিতর দিয়ে ভোল্টেজ প্রবাহিত হতে পারে। অন্ধ কারে ডায়োড এর ভিতর দিয়ে কোন ভোল্টেজ পাস করতে পারেনা। এর উপর আলো পড়লে লিকেজ কারেন্ট পরিবর্তন হতে থাকে। তা থেকে কতটা লিকেজ কারেন্ট পরিবর্তন হবে তা নির্ভর করে তার উপর পতিত আলোর উপর।

ফটো ডায়োড কাকে বলে :

ফটো-ডায়োড হলো এমন এক ধরনের ডায়োড যার উপর আলোক রশ্মি পড়লে এটা কাজ করে এবং এর মধ্যে দিয়ে বিদ্যুৎ ভেল্টেজ প্রবাহিত হতে থাকে। মোটকথা একটি জাংশন ডায়োডকে যখন স্বল্প আবরণের মধ্যে রাখা হয় তখন তাকে ফটো ডায়োড বলে। জেনার ডায়োডের মত ফটো ডায়োড রির্ভাস বায়াসে অবস্থান করে। যার মান আলোর পতিফলনে পরিবর্তন হয়।



ফটো ডায়োড এর কাজ :

ফটো-ডায়োড বিভিন্ন ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রে বা ডিভাইসে ব্যবহার করা হয়ে থাকে। যেমন- আগুন বা ফায়ার এলার্ম, চোর ধরার বিভিন্ন ডিভাইসে, কম্পিউটার যন্ত্রে, আলোর উপস্থিতি নির্নয়ক যন্ত্রে ইত্যাদি অনেক যন্ত্রে ফটো ডায়োড বহু ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

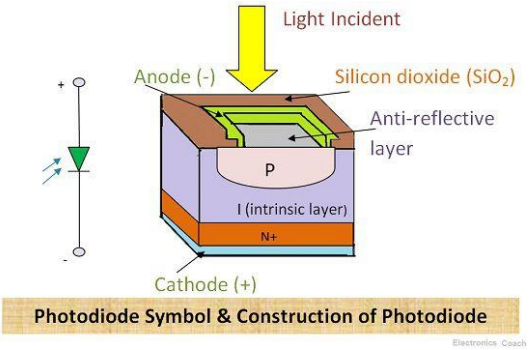
Photodiode

Definition: Photodiode is a two terminal electronic device which, when exposed to light the current starts flowing in the diode. It is operated in reverse biased mode only. It converts light energy into electrical energy. When the ordinary diode is reverse biased the reverse current starts increasing with reverse voltage the same can be applied to the photodiode.

But in the case of photodiode the current can flow without application of reverse voltage, the P-N junction of the photodiode is illuminated by light and light energy dislodge valence electrons and the diode starts conducting.

Construction of Photodiode:

The photodiode is made up of two layers of P-type and N-type semiconductor. In this, the P-type material is formed from diffusion of the lightly doped P-type substrate. Thus, the layer of P+ ions is formed due to the diffusion process. And N-type epitaxial layer is grown on N-type substrate. The P+ diffusion layer is developed on N-type heavily doped epitaxial layer. The contacts are made up of metals to form two terminal cathode and anode.



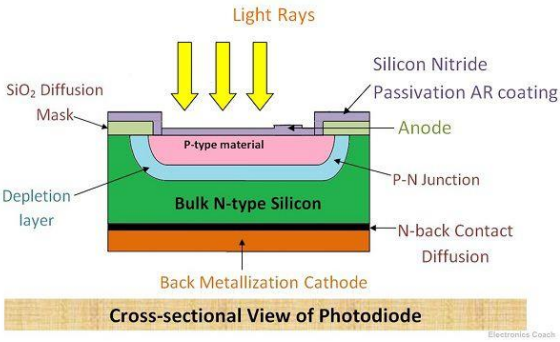
Photodiode Symbol & Construction of Photodiode

The front area of the diode is divided into two types that are active surface and non-active surface. The non-active surface is made up of SiO_2 (Silicon di Oxide) and the active surface is coated with anti-reflection material. The active surface is called so because the light rays are incident on it.

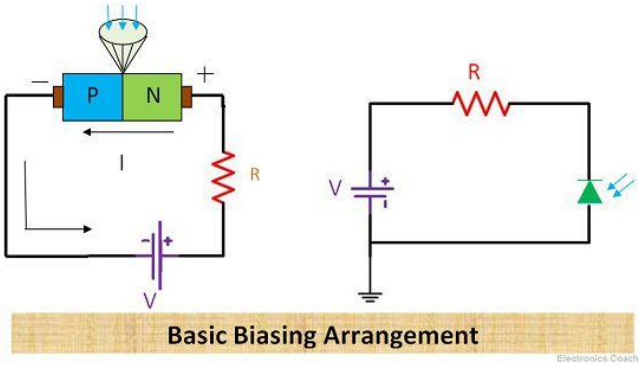
While on the non-active surface the light rays do not strike. The active layer is coated with anti-reflection material so that the light energy is not lost and the maximum of it can be converted into current. The entire unit has dimensions of the order of 2.5 mm.

Working Principle of Photodiode:

When the conventional diode is reverse biased, the depletion region starts expanding and the current starts flowing due to minority charge carriers. With the increase of reverse voltage, the reverse current also starts increasing. The same condition can be obtained in Photodiode without applying reverse voltage.



The junction of Photodiode is illuminated by the light source, the photons strike the junction surface. The photons impart their energy in the form of light to the junction. Due to which electrons from valence band get the energy to jump into the conduction band and contribute to current. In this way, the photodiode converts light energy into electrical energy.



The current which flows in photodiode before light rays are incident on it is called dark current. As leakage current flows in the conventional diode, similarly the dark current flows in the photodiode.

Modes of Operation of Photodiode:

It operates in two modes that are Photo-conductive and Photo-voltaic.

Photo-Conductive: When the Photo diode operates in reverse biased mode it is called Photoconductive mode. In this, the current flowing in diode varies linearly with the intensity of light incident on it. In order to turn-off the diode, it should be provided with forward voltage.

Photo-Voltaic: When the diode is operated without reverse biased it is said to be operated in photovoltaic mode. When the reverse biased is removed, the charge carriers are swept across the junction. The barrier potential is negative on N-side and positive on P-side.

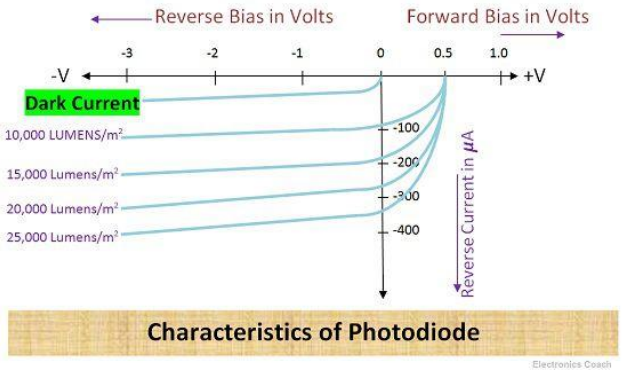
When an external circuit is connected to photodiode after removal of reverse biasing, the minority carriers in both P, as well as N-region, return to their original region. It means the electrons which crossed the junction from N-type to P-type again move to N-side with the help of external circuit.

And the holes which crossed the junction and moved from P-type to N-type during junction fabrication will now again move to P-side with the help of external circuit.

Thus, the electrons can now flow out from N-type and holes can flow out from P-type thus in this condition they behave as voltage cell having N-type as the negative terminal and P-type as a positive terminal. Thus, the photodiode can be used as a photoconductive device or a photovoltaic device.

V-I Characteristics of Photodiode:

The characteristics curve of the photodiode can be understood with the help of the below diagram. The characteristics are shown in the negative region because the photodiode can be operated in reverse biased mode only.



The reverse saturation current in the photodiode is denoted by I0. It varies linearly with the intensity of photons striking the diode surface. The current under large reverse bias is the summation of reverse saturation current and short circuit current.

$$I = I_{sc} + I_0 (1 – eV/\eta V_t)$$

Where I_{sc} is the short circuit current, V is positive for forward voltage and negative for reverse bias, V_t is volt equivalent for temperature, η is unity for germanium and 2 for silicon.

Advantages of Photodiodes:

- The reverse current is low in the tens of microamperes.
- The rise and fall times in case of photodiodes is very small making it suitable for high-speed counting and switching applications.

Disadvantages of Photodiodes:

Photodiodes have lower light sensitivity than cadmium sulphide LDRs (Light dependent resistors), thus the cadmium sulphide LDRs are considered more suitable for some applications.

Applications of Photodiodes:

- It is used for detection of both visible as well as invisible light rays.
- Photodiodes are used for the communication system for encoding & demodulation purpose.
- It is also used for digital and logic circuits which require fast switching and high-speed operation.

- These diodes also find application in character recognition techniques and IR remote control circuits.
- Photodiodes are considered as one of the significant optoelectronics devices which is extensively used in the optical fibre communication system.

Key Differences between Diode and Photodiode:

- The key difference between the diode and photodiode is that diode is the semiconductor device which conducts when forward biased applied to it exceeds the barrier potential while the photodiode is the devices which conduct when the light is incident on it.
- The biasing mode of the diode and photodiode is also different and contradict each other; the diode operates in forward biased mode only while the photodiode operated in reversed biased mode only.
- The materials used for manufacturing diode and photodiode are also different. The diode is made up of germanium or silicon while the photodiodes are made up of only silicon.
- The anti-reflective layer is present in photodiodes while diodes do not need it.
- The reverse current which flows in photodiode varies directly with the intensity of illumination while the forward current in diodes varies directly with the forward voltage.

Key Differences Between LED and Photodiode

- Function: The function of the LED and Photodiode is contrasting. LED emits photons due to electron-hole recombination, while Photodiode provides energy to electron and holes by exposing itself towards light radiation.
- Operating Principle: As we have discussed above the operating principle of LED and Photodiode is also different. The principle on which LED works is called Electro-luminance, i.e. Lumination using Electric charges. While the photodiode works on the principle of Photoconduction which means conduction using photons.
- Biasing: LED always operate in forward biased mode, it cannot be operated in a reversed mode as it will destroy it. A photodiode is a device which operated in reversed mode only.
- Conversion form of Energy: LED converts electrical energy into light energy and photodiode converts Light energy into electrical energy.
- Material Used: LED is made up of GaAsP or GaP. Germanium and silicon semiconductor are not used in the manufacturing of LED. Photodiodes are made up of Germanium and silicon semiconductor.

সোলার সেল কি?

সোলার সেল মূলত একটি ইলেট্রনিক ডিভাইজ, যেটা সরাসরি সূর্যের এনার্জিকে ইলেক্ট্রিসিটিতে রূপান্তরিত করতে পারে। এটি ক্যালকুলেটর থেকে শুরু করে স্যাটেলাইটের ডানাতেও দেখা যায়, সোলার সেলের আরেকটি নাম হচ্ছে ফোটোভোলটাইক (Photovoltaic) সেল বা পিভি (PV) —এখানে ফটো বলতে লাইট এবং ভোলটাইক বলতে ইলেক্ট্রিসিটিকে বুঝানো হয়েছে। অনেক গুলো সেল দ্বারা একত্রে গঠিত একটি প্যাকেজকে সোলার প্যানেল বলা হয়, এখানে প্রত্যেকটি সেল একে অপরের সাথে কানেক্টেড থাকে। সোলার সেল অনেকটা ব্যাটারির মতো কাজ করে, কিন্তু ব্যাটারি কেমিক্যাল থেকে ইলেক্ট্রিসিটি উৎপাদিত করে আর সোলার সেল আলো থেকে ইলেক্ট্রিসিটি উৎপাদিত করে।

ফোটোভোলটাইক সেল সাধারনত এক ধরনের সেমি কন্ডাক্টর ম্যাটেরিয়াল দ্বারা তৈরি হয়, যেমন- সিলিকন। যখন সূর্যের আলো এই সেলের উপর এসে আঘাত করে, আলো থেকে কিছু অংশ এই ফোটোভোলটাইক সেল শোষণ করে নেয়। অর্থাৎ আলো থেকে এনার্জি শোষিত হয়ে এই সেমি কন্ডাক্টর ম্যাটেরিয়ালে প্রবাহিত হয়, এই এনার্জি ইলেকট্রনকে আলাদা করে দেয় এবং মুক্তভাবে চলতে সাহায্য করে। আমরা লাইট নিয়ে বর্ণিত আর্টিকেলটি থেকে জেনেছি, আলোর সবচাইতে ক্ষুদ্র কণিকা রয়েছে, যাকে ফোটন বলা হয়। অর্থাৎ সূর্য আমাদের চারপাশে সর্বদা কোটিকোটি ফোটন বর্ষিত করছে। এখন এই ফটোনকে যদি ফোটোভোলটাইক সেলের উপর ফেলা হয় তো প্রত্যেকটি সেল কিছু ইলেক্ট্রিসিটির কিছু ভোল্ট উৎপাদিত করবে। আর প্যানেলে থাকা অনেক সেলের ভোল্ট যখন একত্রিত হবে, সেটা দ্বারা সহজেই কোন ইলেকট্রিক যন্ত্রকে পাওয়ার প্রদান করা যাবে।

সোলার সেল কতোটা দক্ষ?

পদার্থ বিজ্ঞানের বেসিক নীতি অনুসারে, আমরা কোন শক্তিকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করতে পারি না—সব কিছু এই জগতে আগে থেকেই বিদ্যমান রয়েছে এবং আমরা শুধু শক্তির এক রুপ থেকে আরেক রূপে তাকে পরিবর্তিত করতে পারি। অর্থাৎ সোলার সেল কখনোই সূর্য থেকে প্রাপ্ত এনার্জির চেয়ে বেশি বিদ্যুৎ কনভার্ট করতে সক্ষম নয়। বেশিরভাগ সেল সূর্য থেকে প্রাপ্ত এনার্জির ১০-২০ শতাংশই ইলেক্ট্রিসিটিতে কনভার্ট করতে পারে। আর একটি সিলিকন সেল ম্যাক্সিমাম ৩০ পারসেন্ট পর্যন্তই এনার্জি কনভার্ট করতে পারে। কেনোনা সূর্যের আলোতে বিভিন্ন তরঙ্গের ফোটন থাকে, কিন্তু ফোটোভোলটাইক সেল মাত্র নির্দিষ্ট তরঙ্গকে ক্যাচ করতে পারে এবং তার উপর কাজ করতে পারে। আর বাকি এনার্জি টুকু কাজে লাগে না বা নষ্ট হয়ে যায়। আজকের সবচাইতে অত্যাধুনিক সেল ৪৫% পর্যন্ত ইলেক্ট্রিসিটি কনভার্ট করতে পারে।

বর্তমান জেনারেশন লেটেস্ট সেল আগের দ্বিতীয় এবং প্রথম জেনারেশন থেকে অনেক বেশি উন্নত। এটি ৩০% এর উপর পাওয়ার কনভার্ট করতে সক্ষম সাথে এতে খরচও অনেক কম পড়ে।

প্রয়োগ সমূহঃ

সৌর কোষ (SOLAR CELL) গুলোকে মাঝে মাঝে বৈদ্যুতিকভাবে সংযুক্ত করা হয় এবং একটি MODULE হিসেবে একটা ক্যাপসুলে বদ্ধ করা হয় । 'PHOTO-VOLTAIC' মডিউলে প্রায়ই একটি গ্লাসের টুকরা থাকে সম্মুখ দিকে (যেখানে সূর্যের আলো পড়বে), যা আলোকে যেতে দেয় অর্ধপরিবাহী (SEMI-CONDUCTOR) ওয়েফারকে ক্ষয়প্রাপ্ত হওয়া থেকে রক্ষা করতে এবং বাতাস, বৃষ্টি,শিলাবৃষ্টির প্রভাব থেকে মুক্তি পেতে। সৌর কোষগুলোকে (SOLAR-CELL) সাধারণত সিরিজ (SERIES) এবং সমান্তরালভাবে (PARALLEL) মডিউলে যুক্ত করা হয়, একটি অতিরিক্ত বিভব সৃষ্টি করে।সমান্তরালে PARALLEL) সংযোগকৃত কোষে উচ্চমাত্রার বিদ্যুত থাকে। MODULE গুলো তখন পরস্পরের সাথে সংযুক্ত থাকে সিরিজ বা সমান্তরালে বা উভয় প্রকারে , আকাংখিত শীর্ষ ডিসি বিভব এবং বিদ্যুত প্রবাহের সঙ্গে একটা সজ্জা সৃষ্টি করতে ।

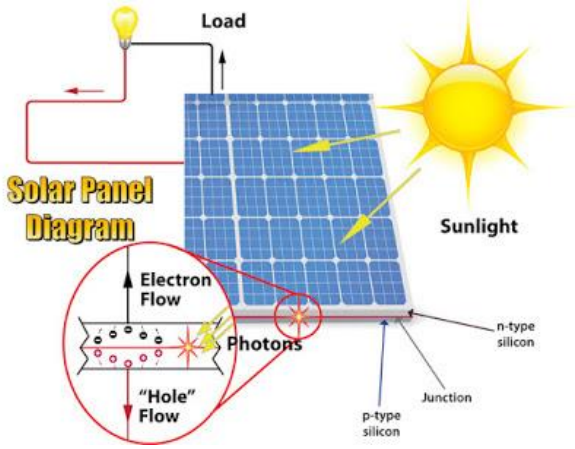
ব্যবহারিক ভাবে সূর্য থেকে প্রাপ্ত শক্তিকে গ্রীড (GRID) সংযুক্ত INVERTER মাধ্যমে বৈদ্যুতিক গ্রীডে যুক্ত করা হয়; একটি একক ব্যবস্থাতে BATTERY ব্যবহার করা হয় শক্তিকে জমিয়ে রাখার জন্য, যা সাথে সাথে প্রয়োজন হয় না। বহনযোগ্য যন্ত্রকে RECHARGE করার ক্ষেত্রে সৌরশক্তিকে ব্যবহার করা যেতে পারে ।

তত্ত্ব:

সৌর কোষ তিনটি ধাপে কাজ করে:

- সূর্যের আলোর ফোটন সোলার প্যানেলকে আঘাত করে এবং তা অর্ধপরিবাহী পদার্থের মাধ্যমে শোষিত হয় যেমন- সিলিকন।
- ইলেকট্রন (ঋণাত্মকভাবে চার্জিত) তাদের পরমাণু থেকে বেরিয়ে যায়, যা সারা পদার্থে প্রবাহিত হতে থাকে বিদ্যুত উৎপন্ন করার জন্য।বিশেষ সজ্জার সৌর কোষে, ইলেকট্রনকে একটি নির্দিষ্ট দিকে যেতে দেওয়া হয়।
- সৌর কোষের একটি সজ্জা রূপান্তর করে সৌরশক্তিকে ব্যবহার যোগ্য পরিমাণের ডিসি বিদ্যুতে।

সোলার সেল (SOLAR CELL) ও সোলার প্যানেল / মডিউল (SOLAR MODULE) কী?



সোলার প্যানেল বা Solar Module এমন একটি উপাদান দিয়ে তৈরি, যার উপর আলো পড়লেই এর থেকে বিদ্যুৎ শক্তি নির্গত হতে শুরু করে। অর্থাৎ Solar Cell ''আলোক'' শক্তিকে ''বিদ্যুৎ'' শক্তিতে রুপান্তর করে। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র Solar Cell এর সমন্বয় করে Solar Module তৈরী হয়। কয়লা গ্যাস ও অন্যান্য জ্বালানীর সমাপ্তিলগ্নে বিকল্প শক্তির উৎস হল সৌর শক্তি। যা- Solar Panel এর মাধ্যমে পাওয়া সম্ভব। ১ টি Solar Panel ২০-৩০ বছর সময় ধরে বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করতে পারে।

Solar Module কয়েক বর্গ মিলিমিটার হতে কয়েক বর্গমিটার পর্যন্ত তৈরী করা হয়ে থাকে। এর একদিকে কালো বা বাদামী বর্নের ফটোসেল এবং তার উপর কাঁচ দিয়ে চারপাশে এলুমিনিয়ামের ফ্রেমে বাধাই করা হয়। মিলিমিটার বা সেন্টিমিটার আকৃতির প্যানেলগুলোতে ফ্রেম ব্যাতিত তৈরি হয়।

ক্যালকুলেটর ও হাত ঘড়িতে কাচের মত বাদামী বর্নের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র Solar Cell দেখা যায়। এই ছোট আকৃতির সেল গুলকে একত্রিত করে বড় আকৃতির সোলার প্যানেল তৈরী করা হয়। Solar Module আকৃতি যত বেশী বড় হবে এর বিদ্যুৎ প্রদানের ক্ষমতাও তত বেশী হবে।

সাধারনত, সৌর প্যানেল এর হিসাব করা হয় ওয়াট (Watt) ও ভোল্ট (Volt) এর হিসাবে। আর চার্জিং এর হিসাব করা হয় এম্পিয়ার (Ampere) এর হিসাবে। ভিন্ন ভিন্ন ভোল্ট আর ওয়াটের Solar Panel হতে পারে। ক্ষুদ্রাকৃতির প্যানেলগুলো হয় খুবই কম ভোল্টের আর এদের ওয়াট হয় খুব সামান্য। যেমনঃ ক্যালকুলেটর, হাত ঘড়ি ইত্যাদির সোলার সেল।

Standard Panel 5 ওয়াট থেকে শুরু করে 300 WATT পর্যন্ত তৈরী হচ্ছে। প্রয়োজন অনুযায়ী একাধিক মডিউল পাশাপাশি বসিয়ে Series অথবা Parallel সংযোগ দিয়ে Volt & Ampere বাড়ানো হয়।

এখন প্রশ্ন হলো- এই আলোকতড়িৎ কোষ কি পরিমাণ সৌরশক্তি শোষণ করতে পারে?

দুঃখজনক হলেও ইহা সত্য যে, বেশিরভাগ কোষ মোট সৌরশক্তির শতকরা মাত্র ২৫ ভাগ শোষণ করতে পারে।

সূর্যের আলোতে বিভিন্ন তরঙ্গদৈর্ঘ্যের আলো রয়েছে যাদের ফোটনের শক্তিও ভিন্ন ভিন্ন। যেহেতু সৌরকোষের উপর আপতিত আলোর ফোটনের শক্তি বিভিন্ন, তাই ইলেক্ট্রন-হোলযুগল সৃষ্টি করার মত পর্যাপ্ত শক্তি সকল ফোটনের থাকেনা। যে আলো ইলেক্ট্রন-হোলযুগল সৃষ্টিতে ব্যর্থ হয়, সেই আলো সৌরকোষকে অতিক্রম করে চলে যায়। কেবলমাত্র একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ শক্তির চেয়ে বেশি পরিমাণ শক্তি থাকলেই সেই ফোটন ইলেক্ট্রনকে মুক্ত করতে পারে। স্ফটিকাকার সিলিকনের জন্য এই শক্তির মান হলো 1.1eV (ইলেক্ট্রন ভোল্ট)। শক্তির এই মানকে আমরা Band gap energy বলি। কোন ফোটনের যদি এই শক্তির চাইতে বেশি পরিমাণ শক্তি থাকে তবে উদবৃত্ত শক্তি নষ্ট হয়ে যায়।এভাবে সৌরশক্তির শতকরা প্রায় ৭০ ভাগ নষ্ট হয়ে যায়।

এখন প্রশ্ন হলো যে,আরও বেশি ফোটনকে কাজে লাগানোর জন্য কেন আমরা আরও কম band gap energy বিশিষ্ট পদার্থ ব্যবহার করিনা? দুর্ভাগ্যজনক হলেও সত্য যে, band gap energy-ই সৃষ্ট তড়িৎক্ষেত্রের শক্তি নির্দেশ করে। অর্থাৎ কম band gap energy বিশিষ্ট পদার্থের দ্বারা সৃষ্ট কোষে বিভব পার্থক্যের মান নগণ্য হবে, যা গ্রহণযোগ্য নয়। মোটামুটিভাবে 1.4eV শক্তিকে সৌরকোষের জন্য আদর্শ মান হিসেবে গ্রহণ করা হয়।

সৌরকোষে ফোটনের শক্তি সংক্রান্ত অপচয় ছাড়াও আরও কিছু অপচয় রয়েছে। ইলেক্ট্রনগুলো কোষের বাইরের সংযোগ দিয়ে প্রবাহিত হয়। কোষের নিচের অংশ ভাল তড়িৎপরিবাহিতার জন্য ধাতব পদার্থ দিয়ে মুড়ে দেয়া হয়। কিন্তু উপরের অংশও যদি পূর্ণভাবে ঢেকে দেয়া হয়, তবে ফোটন অস্বচ্ছ তড়িৎপরিবাহী পদার্থ দিয়ে যেতে পারবে না এবং তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হয়ে যাবে। তাই কিছুক্ষেত্রে স্বচ্ছ তড়িৎপরিবাহী পদার্থ ব্যবহার করা হয়। যদি আমরা ধাতব সংযোগ শুধুমাত্র দুই পাশে দেই তবে সংযোগস্থলে পৌঁছাবার জন্য ইলেক্ট্রনগুলোকে বেশ খানিকটা পথ অতিক্রম করতে হবে। যেহেতু সিলিকনের রোধ বেশি এবং ইহা ধাতুর মত ভাল তড়িৎপরিবাহী নয় সেহেতু ইহার মধ্য দিয়ে বেশখানিকটা পথ অতিক্রম করা ইলেক্ট্রনের জন্য কঠিন হবে। ফলে অপচয় বেড়ে যাবে। এই অপচয় কমাবার জন্য ধাতব grid দ্বারা কোষগুলোকে মুড়ে দেওয়া হয়। ফলে ইলেক্ট্রনগুলোকে আর অধিক পথ অতিক্রম করতে হয়না।

আরও একটি সমস্যা রয়েছে। তা হলো- সিলিকন হলো একটি উজ্জ্বল পদার্থ। ফলে এতে আপতিত ফোটনের অনেকাংশ প্রতিফলিত হয়ে ফিরে যায়। এই কারণে কোষটির উপরের অংশ অপ্রতিফলক পদার্থ দিয়ে ঢেকে দেওয়া হয়।পরিশেষে কোষগুলোকে কাঁচের তৈরি ঢাকনা দিয়ে ঢেকে দেয়া হয় যেন কোষ অন্যকোন পদার্থের সংস্পর্শে আসতে না পারে। উল্লেখযোগ্য পরিমাণ বিভব এবং বিদ্যুৎ পাবার জন্য বেশ কিছু কোষ (সাধারণত ৩৬টি) প্রয়োজন অনুযায়ী সংযুক্ত করে PV module তৈরি করা হয়। তারপর কাঁচের ঢাকনা দিয়ে পুরো module টিকে ঢেকে দেওয়া হয়।

সোলার সেল এর ব্যবহারঃঃ

- ঘরবাড়ি, দোকানপাট, অফিস ইত্যাদি আলোকিত করা
- রেডিও, ক্যাসেট, টিভি চালানো।
- ছোট ফ্যান চালানো।
- কম্পিউটার চালানো।
- সেলুলার ফোন চালানো।

সৌর বিদ্যুতের সুবিধাঃ

- নিজস্ব বিদ্যুৎ ব্যবস্থার মালিক হওয়া যায়।
- কোন বিদ্যুৎ বিল দিতে হয় না।
- ২০ বছর স্থায়িত্ব থাকে।
- কোন প্রকার লোডশেডিং নেই।
- কোন জ্বালানি খরচ নেই।
- পরিবেশ ভালো থাকে।
- দেশের যেকোনো স্থানে একে স্থাপন করা যায়।

What is a Solar Cell?

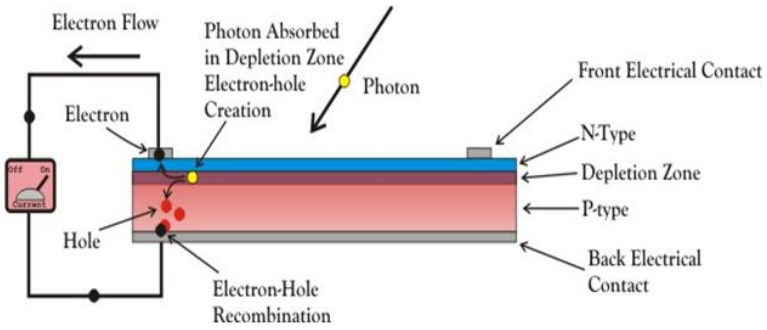
A solar cell (also known as a photovoltaic cell or PV cell) is defined as an electrical device that converts light energy into electrical energy through the photovoltaic effect. A solar cell is basically a p-n junction diode. Solar cells are a form of photoelectric cell, defined as a device whose electrical characteristics – such as current, voltage, or resistance – vary when exposed to light.

Individual solar cells can be combined to form modules commonly known as solar panels. The common single junction silicon solar cell can produce a maximum open-circuit voltage of approximately 0.5 to 0.6 volts. By itself this isn't much – but remember these solar cells are tiny. When combined into a large solar panel, considerable amounts of renewable energy can be generated.

Construction of Solar Cell:

A solar cell is basically a junction diode, although its construction it is little bit different from conventional p-n junction diodes. A very thin layer of p-type semiconductor is grown on a relatively thicker n-type semiconductor. We then apply a few finer electrodes on the top of the p-type semiconductor layer.

These electrodes do not obstruct light to reach the thin p-type layer. Just below the p-type layer there is a p-n junction. We also provide a current collecting electrode at the bottom of the n-type layer. We encapsulate the entire assembly by thin glass to protect the solar cell from any mechanical shock.



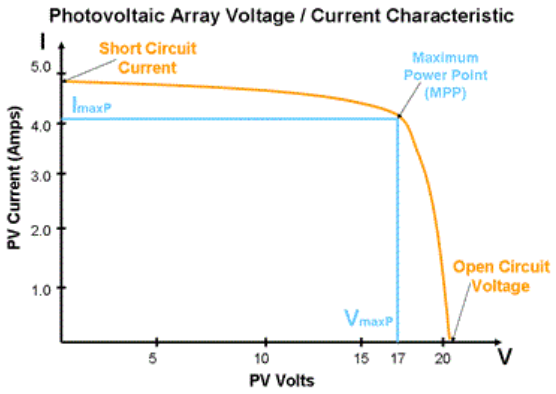
Working Principle of Solar Cell:

When light reaches the p-n junction, the light photons can easily enter in the junction, through very thin p-type layer. The light energy, in the form of photons, supplies sufficient energy to the junction to create a number of electron-hole pairs. The incident light breaks the thermal equilibrium condition of the junction. The free electrons in the depletion region can quickly come to the n-type side of the junction.

Similarly, the holes in the depletion can quickly come to the p-type side of the junction. Once, the newly created free electrons come to the n-type side, cannot further cross the junction because of barrier potential of the junction.

Similarly, the newly created holes once come to the p-type side cannot further cross the junction became of same barrier potential of the junction. As the concentration of electrons becomes higher in one side, i.e. n-type side of the junction and concentration of holes becomes more in another side, i.e. the p-type side of the junction, the p-n junction will behave like a small battery cell. A voltage is set up which is known as photo voltage. If we connect a small load across the junction, there will be a tiny current flowing through it.

V-I Characteristics of a Photovoltaic Cell:



Materials Used in Solar Cell:

The materials which are used for this purpose must have band gap close to 1.5ev. Commonly used materials are-

- **Silicon**
- **GaAs**
- **CdTe**
- **CuInSe2.**

Criteria for Materials to be Used in Solar Cell:

- Must have band gap from 1ev to 1.8ev.
- It must have high optical absorption.
- It must have high electrical conductivity.
- The raw material must be available in abundance and the cost of the material must be low.

Advantages of Solar Cell:

- A solar plant is basically a re-newable power source. Hence it is not harmful to the environment.
- It is very easy to operate compare to other power sources of re-newable type.
- It does not produce any noise as it does not have any moving parts.
- It does not generate emissions or radiations.
- It does not require fuels or water to produce electricity.
- Solar cells have longer life, about 30 years.
- PV cells operate in cloudy weather conditions also.

- It is very cost effective.
- it needs less capital investment.
- It is easy to maintain and it requires lower maintenance.
- Solar cell-based plant is based on modular architecture and hence it can be used as small size power source as well as large size power source.

Drawbacks or Disadvantages of Solar Cell:

Following are the drawbacks or disadvantages of Solar Cell:

- It can not be used in absence of the light from any source.
- It incurs very high initial cost for installation.
- During cloudy weather, less power is being generated.
- Very large geographical area is needed in order to deploy solar panels or cells.
- Off grid applications require energy storage.
- Photo-Voltaic solar cells generate direct current (DC). It requires DC appliances or inverters (to convert DC to AC) for use with solar cell based plants.
- It has low efficiency.

Uses of Solar Generation Systems:

- It may be used to charge batteries.
- Used in light meters.
- It is used to power calculators and wrist watches.
- It can be used in spacecraft to provide electrical energy.