Electronic Circuits-1(CNET-112)
Level 4th
Department of CNET

College of CS & IS

Jazan University

KSA

CHAPTER 3
DIODE
Objective

In this Chapter, we will learn the following topics:

1. Introduction of PN Junction.
2. Diode construction.
3. Working of Diode in Forward bias and Reverse bias.
4. Real Diode Vs Practical Diode.
5. Diode Equivalent Circuits.
6. Introduction of Zener diode.
7. LED

What is PN Junction

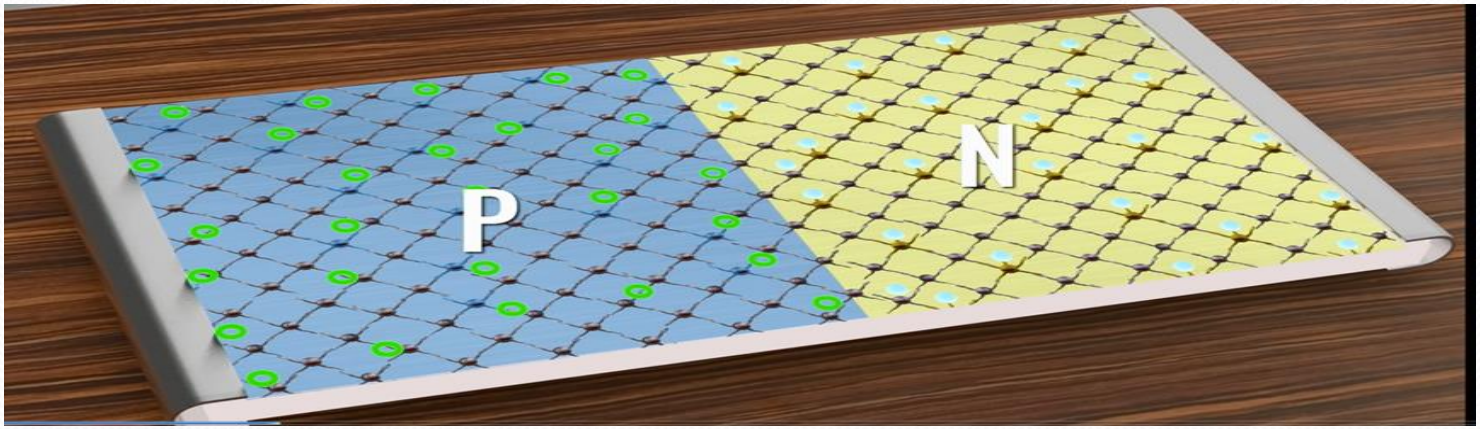
- A **P-N junction** is a boundary or interface between two types of semiconductor material, P-type and N-type, inside a single crystal of semiconductor.
- It is created by doping, for example by ion implantation, diffusion of dopants or by epitaxy(growing a layer of crystal doped with one type of dopant on top of a layer of crystal doped with another type of dopant).
- P-N junctions are elementary "building blocks" of most semiconductor electronic devices such as diodes, transistors, solar cells, LEDs and integrated circuits .

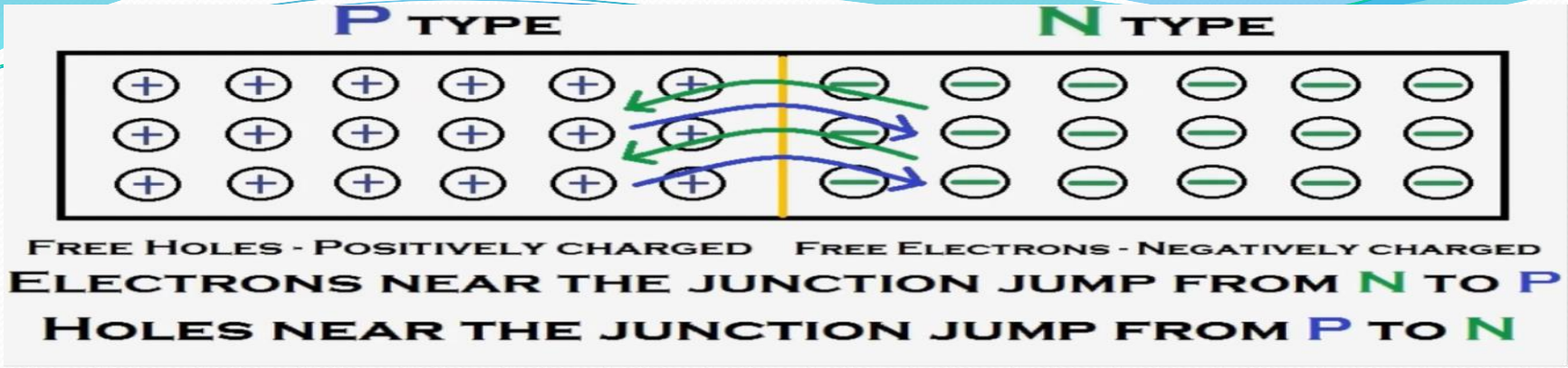
ما هو تقاطع PN

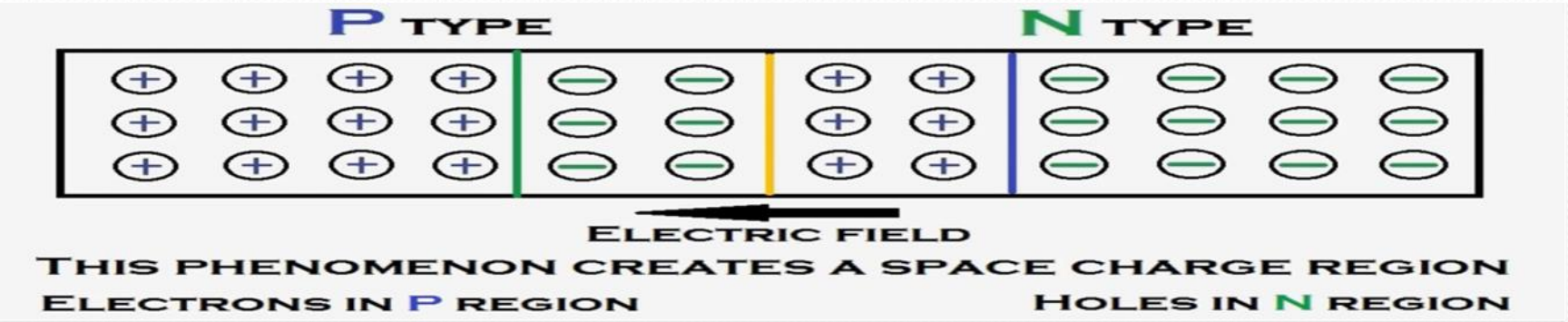
هو حد أو واجهة بين نوعين من مواد أشباه الموصلات ، الوصل P-N
داخل بلورة واحدة من أشباه الموصلات N و P من النوع ،.
يتم إنشاؤه بواسطة المنشطات ، على سبيل المثال عن طريق زرع
زراعة طبقة من) epitaxy الأيونات ، انتشار الدوبوتات أو بواسطة
على قمة طبقة من dopant الكريستال المخدوع بنوع واحد من
الكريستال مخدر مع نوع آخر من dopant).
وحدات بناء" أولية لمعظم الأجهزة الإلكترونية شبه " P-N تعد تقاطعات
الموصلة مثل الثنائيات والترانزستورات والخلايا الشمسية ومصابيح
والدوائر المتكاملة LED.

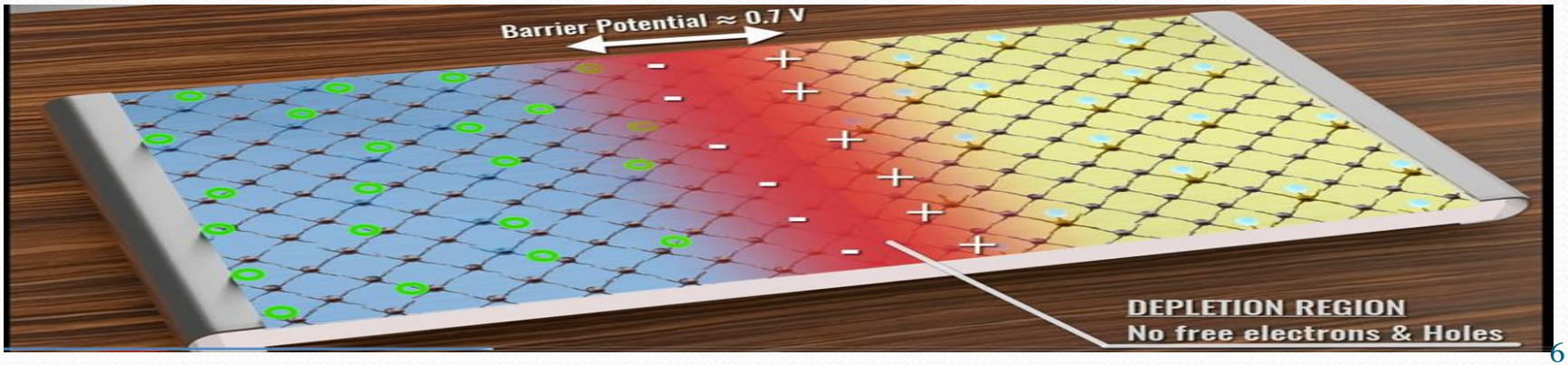
How does a Diode work _
SILICON

How does a Diode work _
P-type IMPURITY
VACANT POSITIONS FOR ELECTRONS
N-type IMPURITY
SUPPLIES "FREE" ELECTRONS


P
N


P TYPE
N TYPE
FREE HOLES - POSITIVELY CHARGED
FREE ELECTRONS - NEGATIVELY CHARGED
ELECTRONS NEAR THE JUNCTION JUMP FROM N TO P
HOLES NEAR THE JUNCTION JUMP FROM P TO N


P TYPE
N TYPE
ELECTRIC FIELD
THIS PHENOMENON CREATES A SPACE CHARGE REGION
ELECTRONS IN P REGION
HOLES IN N REGION


Barrier Potential ≈ 0.7 V
DEPLETION REGION
No free electrons & Holes

- Lots of electrons on the left hand side of the junction want to diffuse to the right and lots of holes on the right hand side of the junction want to move to the left.
- The donors and acceptors fixed,don’t move (unless you heat up semiconductors, so they can diffuse) because they are elements (such as arsenic and boron) which are incorporated to lattice.
- However, the electrons and holes that come from them are free to move.
- Holes diffuse to the left of the metalurgical junction and combine with the electrons on that side. They leave behind negatively charged acceptor centres.

تريد الكثير من الإلكترونات على الجانب الأيسر من التقاطع أن تنتشر إلى اليمين
.وأن الكثير من الثقوب على الجانب الأيمن من التقاطع تريد الانتقال إلى اليسار
الثابتة والمتحملون ، لا تتحرك (إلا إذا كنت تسخين أشباه الموصلات ، بحيث يمكن
.نشرها) لأنها عناصر (مثل الزرنيخ والبورون) التي يتم دمجها في شعرية
.ومع ذلك ، فإن الإلكترونات والثقوب التي تأتي منها حر في التحرك
تنتشر الثقوب على يسار الوصل المعدني وتتحد مع الإلكترونات على هذا الجانب.
.يتركون وراءهم مراكز استقبال سالبة مشحونة

- Similarly, electrons diffusing to the right will leave behind positively charged donor centres. This diffusion process can not go on forever. Because, the increasing amount of fixed charge wants to electrostatically attract the carriers that are trying to diffuse away(donor centres want to keep the electrons and acceptor centres want to keep the holes). Equlibrium is reached.
- When no external source is connected to the P-N junction, diffusion and drift balance each other out for both the holes and electrons.
- This fixed charges produce an electric field which slows down the diffusion process.

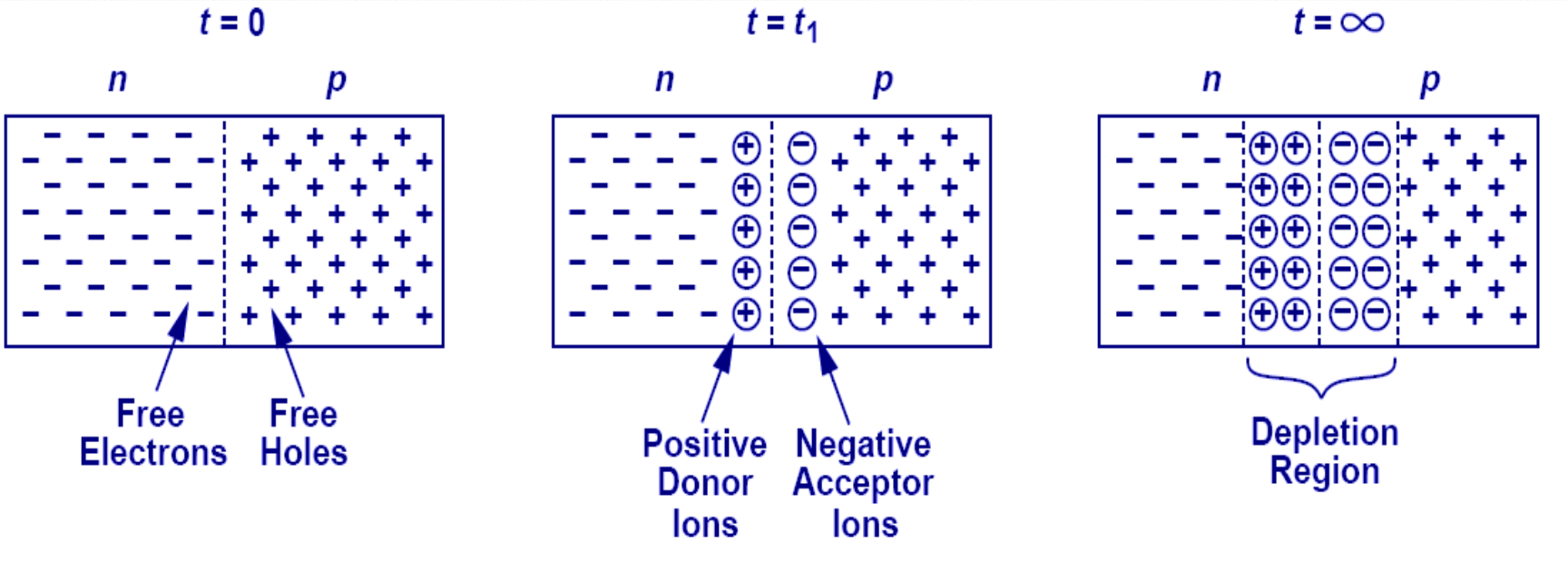
وبالمثل ، فإن الإلكترونات المنتشرة إلى اليمين ستترك وراءها مراكز المانحين المشحونة إيجابيا. لا يمكن أن تستمر عملية الانتشار هذه إلى الأبد. لأن الكمية المتزايدة من الشحنة الثابتة تريد أن تجتذب الإلكتروستاتيك التي تحاول نشرها بعيداً (تريد مراكز المانحين إبقاء الإلكترونات ومراكز المتلقي ترغب في الإبقاء على الثقوب). يتم الوصول إلى Equlibrium.

، P-N عندما لا يتم توصيل أي مصدر خارجي إلى تقاطع فإن الانتشار والانجراف يوازن كل منهما الآخر لكل من الثقوب والإلكترونات.

هذه الرسوم الثابتة تنتج مجال كهربائي يبطئ عملية الانتشار.

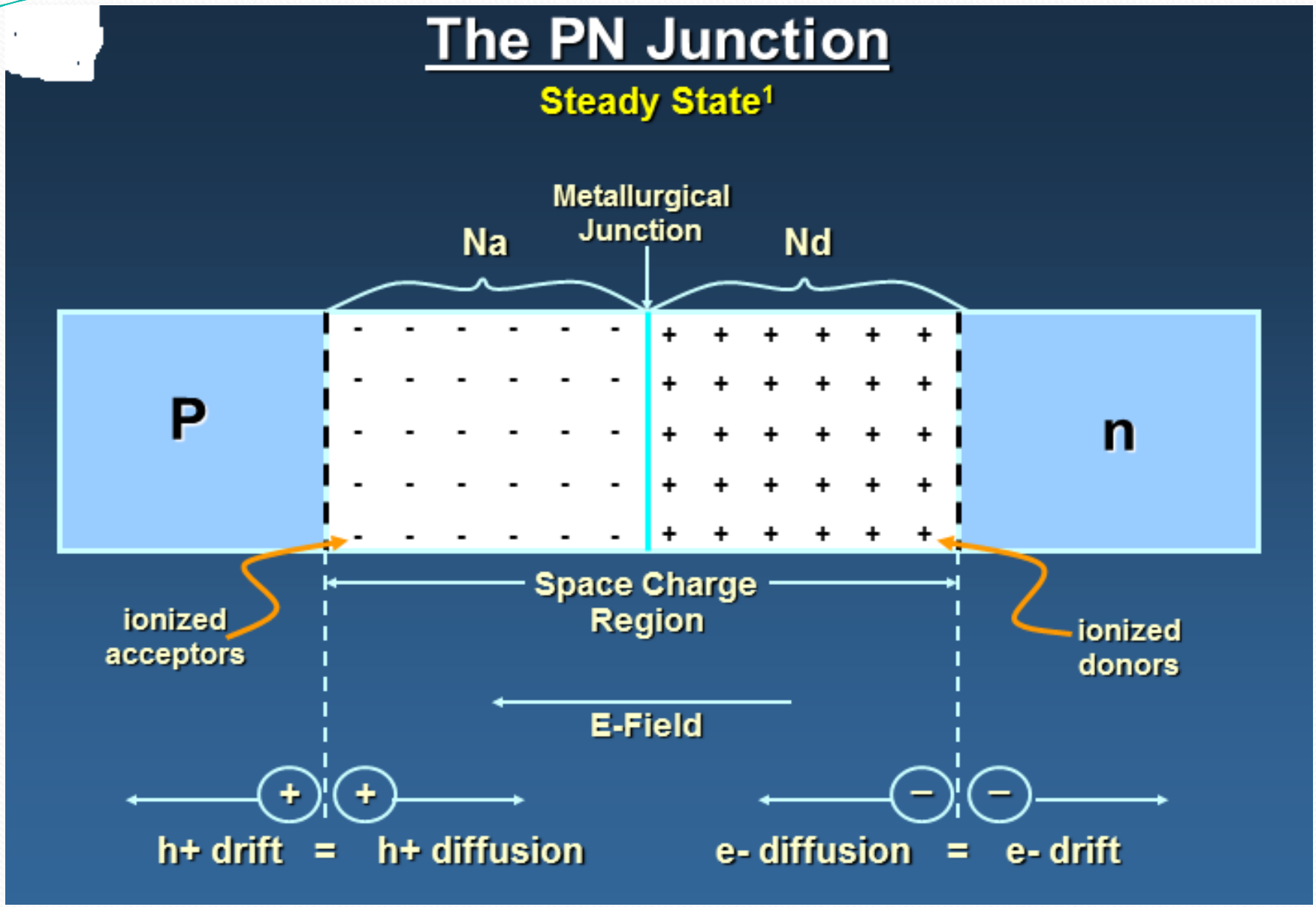
- This fixed charge region is known as **depletion region** or space charge region which is the region the free carriers have left.

- It is called as depletion region since it is depleted of free carriers.



تُعرف منطقة الرسوم الثابتة هذه باسم منطقة نفاد أو منطقة شحن فضائية وهي المنطقة التي تركتها شركات الشحن المجانية.

يطلق عليها منطقة نضوب لأنها تنضب من ناقلات حرة.


The PN Junction
Steady State[1]
Metallurgical Junction
Na
Nd
P
n
ionized acceptors
Space Charge Region
ionized donors
E-Field
h+ drift = h+ diffusion
e- diffusion = e- drift

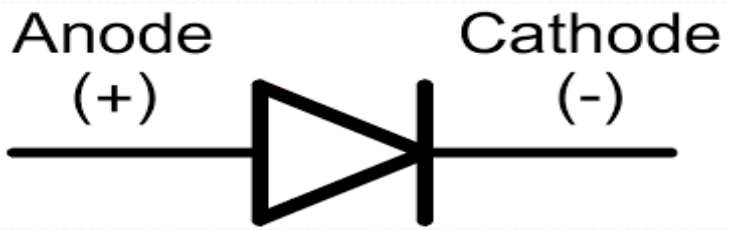
Diode

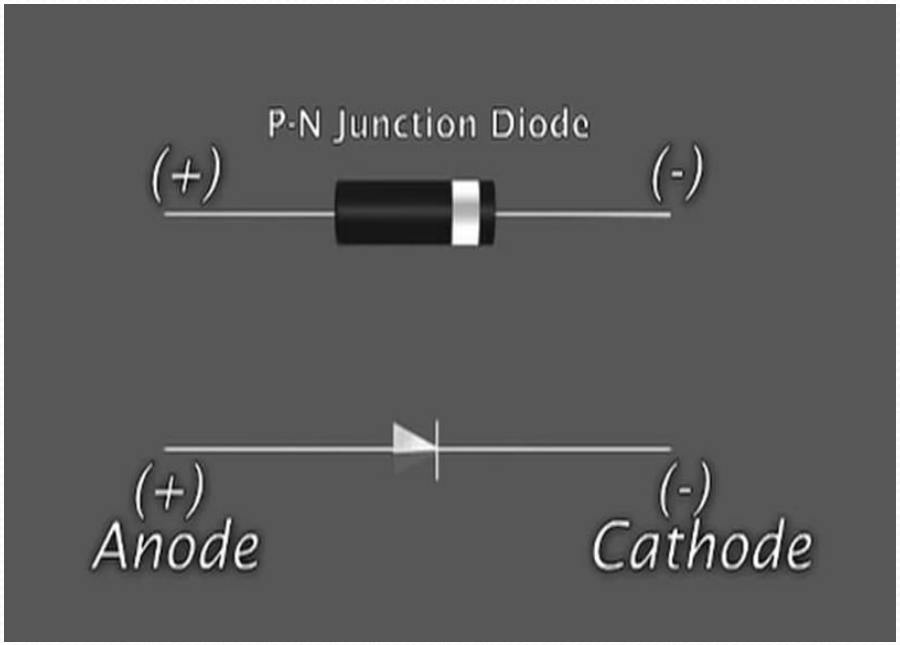
- In electronics, a diode is a two-terminal electronic component that conducts primarily in one direction (asymmetric conductance); it has low (ideally zero) resistance to the flow of current in one direction, and high (ideally infinite) resistance in the other.
- A semiconductor diode, the most common type today, is a crystalline piece of semiconductor material with a P-N junction connected to two electrical terminals.

في الإلكترونيات ، يكون الصمام الثنائي مكوناً إلكترونياً من طرفين يعمل أساساً في اتجاه واحد (سلوك غير متماثل) ؛ لديها مقاومة منخفضة (مثالية صفر) لتدفق التيار في اتجاه واحد ، ومقاومة عالية (مثالية بشكل لا نهائي) في الأخرى.

صمام ثنائي أشباه الموصلات ، وهو النوع الأكثر شيوعًا اليوم ، هو عبارة عن قطعة بلورية من مادة أشباه الموصلات مع وصلة P-N متصلة بأحد المطاريف الكهربائية.

Diode symbol and shape

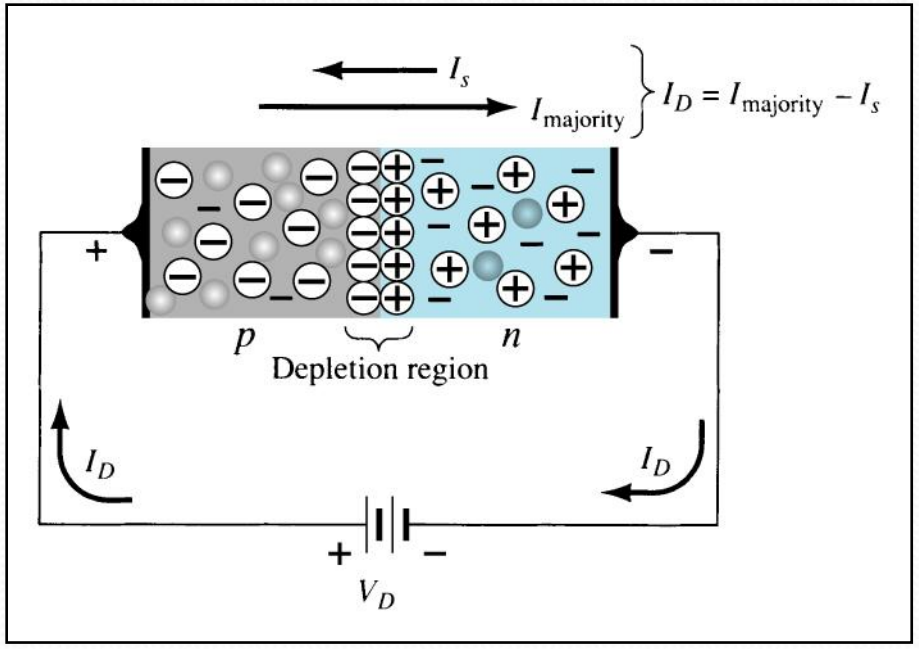




Biasing of Diode

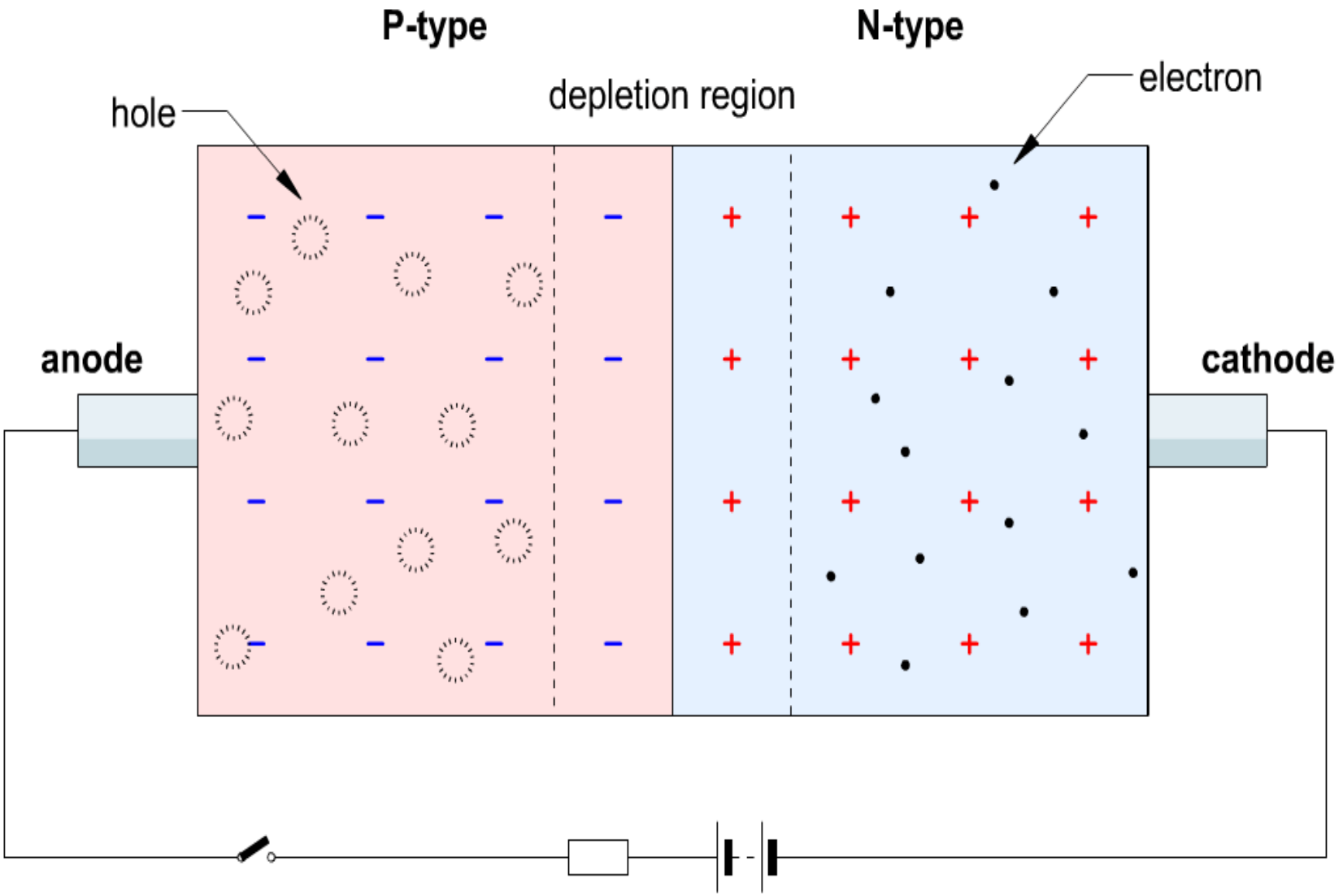
Forward Bias:-

1. The forward voltage causes the depletion region to narrow.
2. The electrons and holes are pushed toward the *p-n* junction.
3. The electrons and holes have sufficient energy to cross the *p-n* junction.

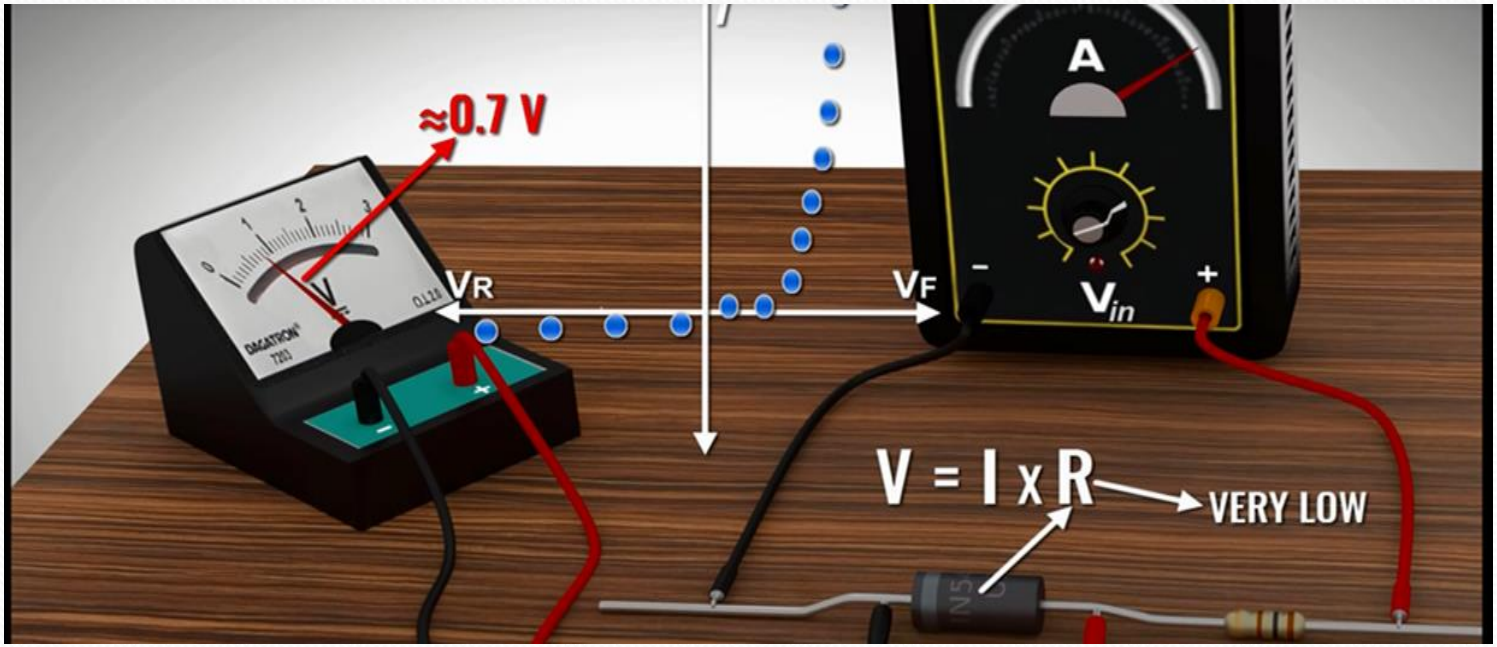


- التحيز إلى الأمام:

1. يتسبب الجهد الأمامي في تضييق المنطقة المستنفدة.
2. يتم دفع الإلكترونات والثقوب نحو تقاطع p-n.
3. الإلكترونات و
الثقوب لديها ما يكفي
الطاقة لعبور
السندات الإذنية تقاطع.

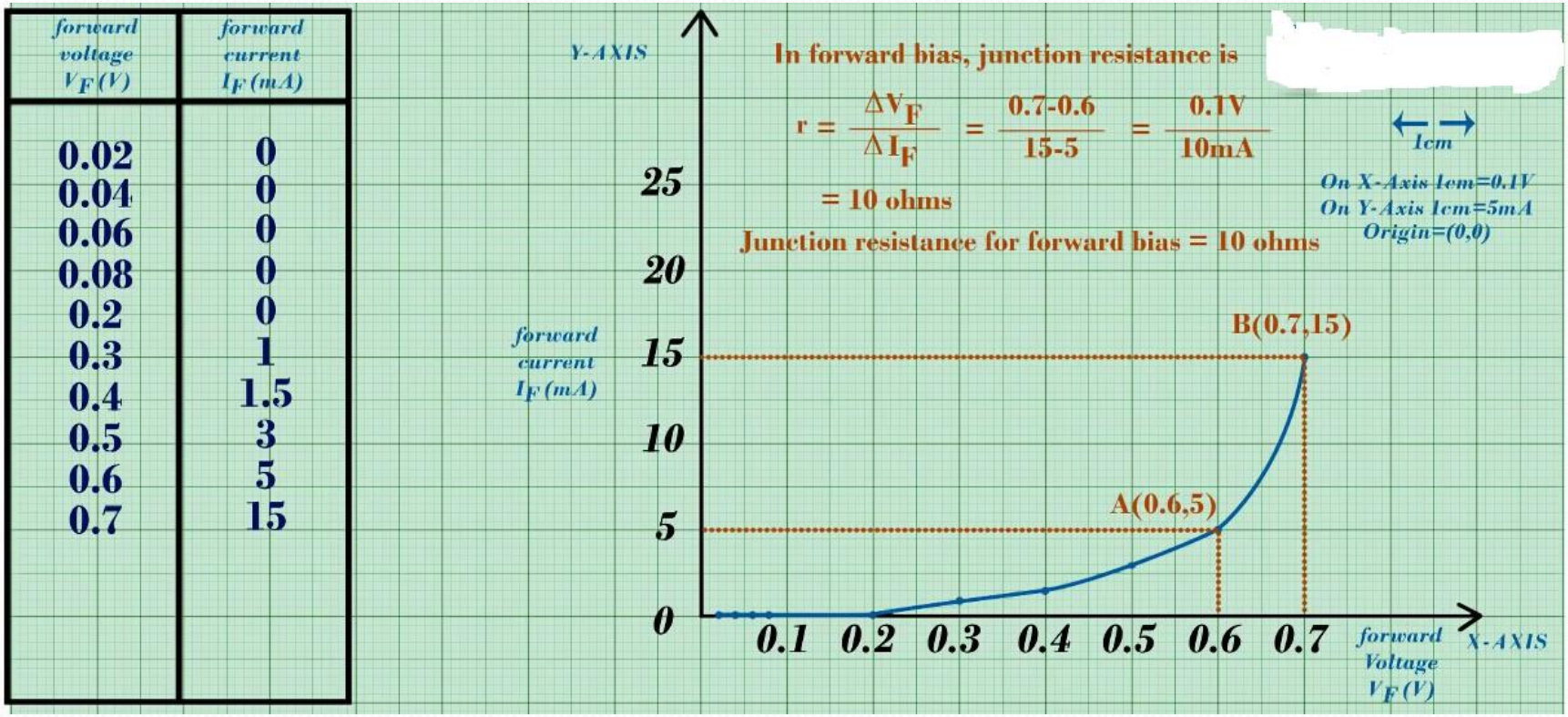

P-type
N-type
hole
depletion region
electron
anode
cathode

Forward bias characteristics



Diode Characteristics in Forward Bias

forward voltage V_F (V)	forward current I_F (mA)
0.02	0
0.04	0
0.06	0
0.08	0
0.2	0
0.3	1
0.4	1.5
0.5	3
0.6	5
0.7	15



- The point at which the diode changes from no-bias condition to forward-bias condition occurs when the electrons and holes are given sufficient energy to cross the p-n junction. This energy comes from the external voltage applied across the diode.
- The voltage from where current starts to flow is called knee voltage.
- The forward bias voltage (Knee Voltage) required for a:

gallium arsenide diode ≅ 1.2 V

silicon diode ≅ 0.7 V

germanium diode ≅ 0.3 V

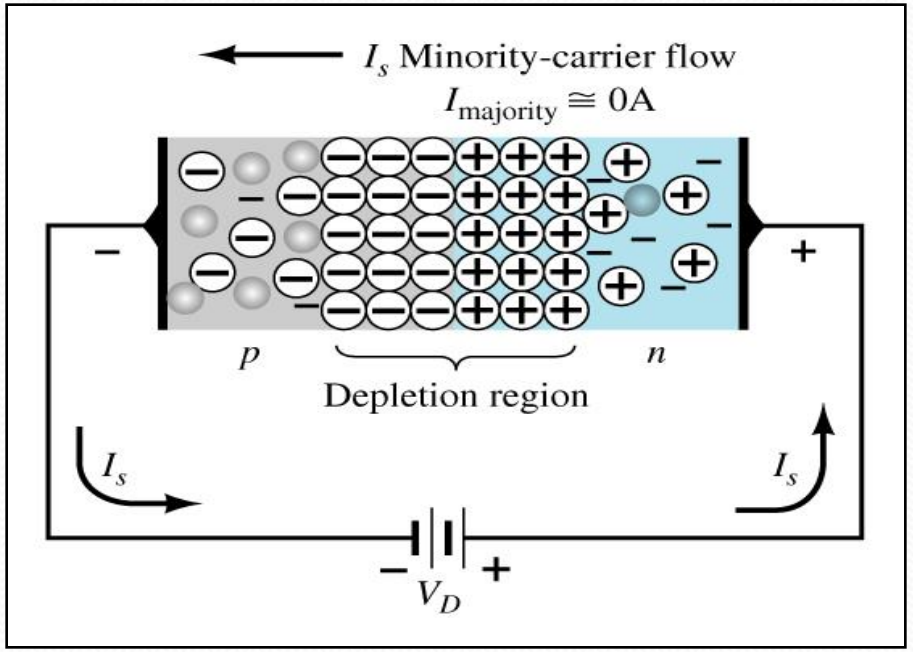
النقطة التي يتغير بها الصمام الثنائي من حالة عدم الانحياز إلى حالة التحيز الأمامي تحدث عندما يتم إعطاء الإلكترونات والثقوب طاقة كافية لعبور تقاطع p-n. هذه الطاقة تأتي من الجهد الخارجي المطبق عبر الصمام الثنائي.

يسمى الجهد من حيث يبدأ التيار بالتدفق جهد الركبة.

الجهد التحيز إلى الأمام (الركبة الجهد) المطلوبة ل

Reverse Bias

- The reverse voltage causes the depletion region to widen.
- The electrons in the *n*-type material are attracted toward the positive terminal of the voltage source.
- The holes in the *p*-type material are attracted toward the negative terminal of the voltage source.



عكس التحيز

يتسبب الجهد العكسي في توسيع منطقة النضوب.

نحو الطرف n تنجذب الإلكترونات في المادة من النمط الموجب لمصدر الفلطية.

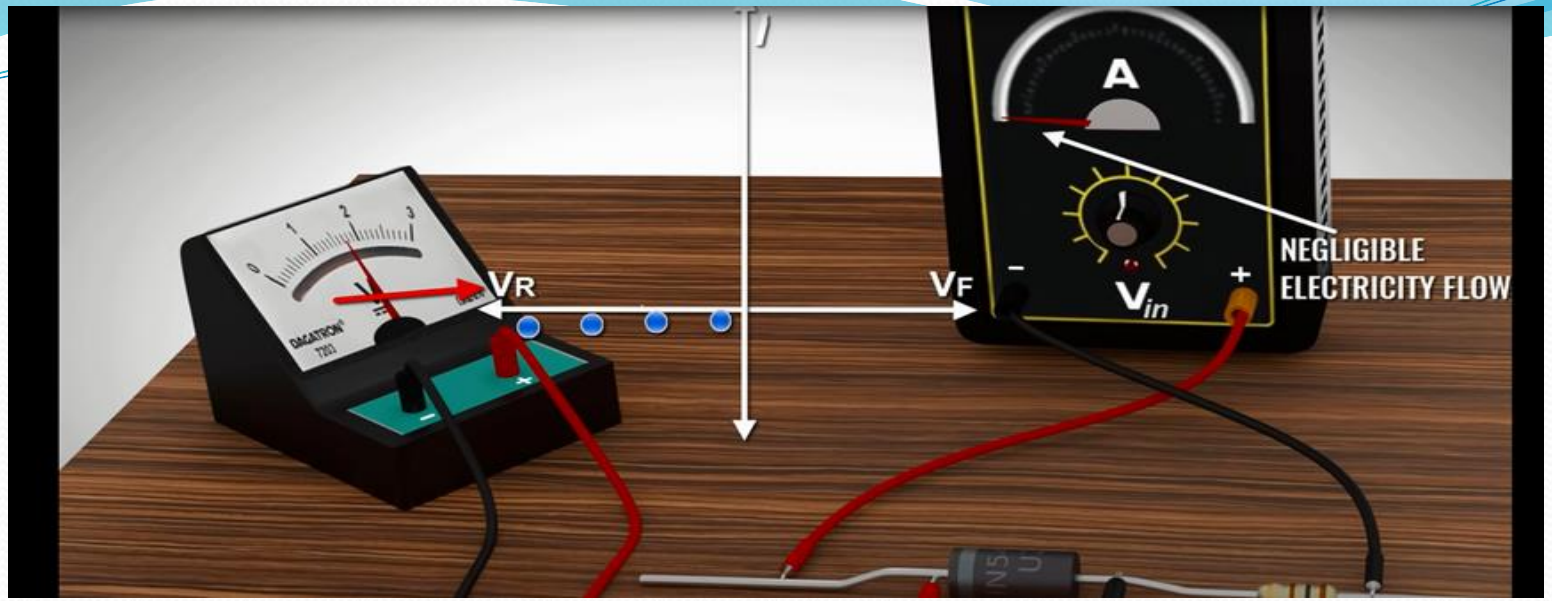
الثقوب في نوع ع

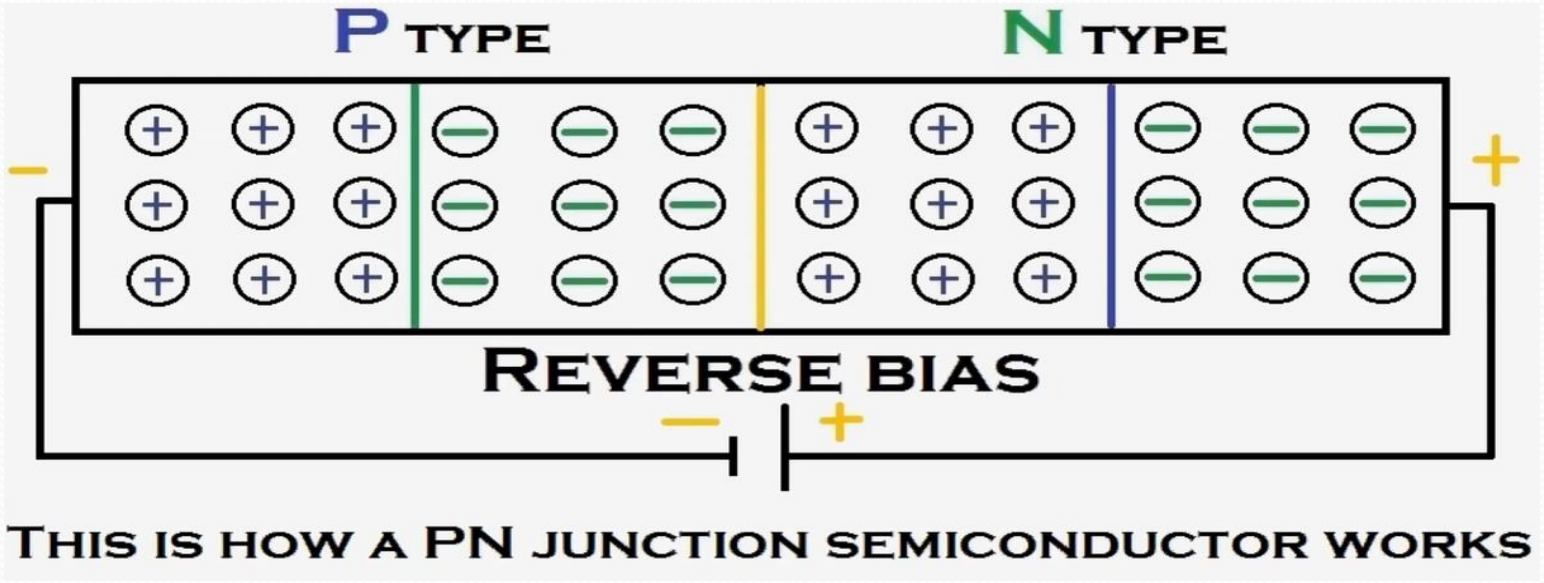
تنجذب المواد

نحو السلبية

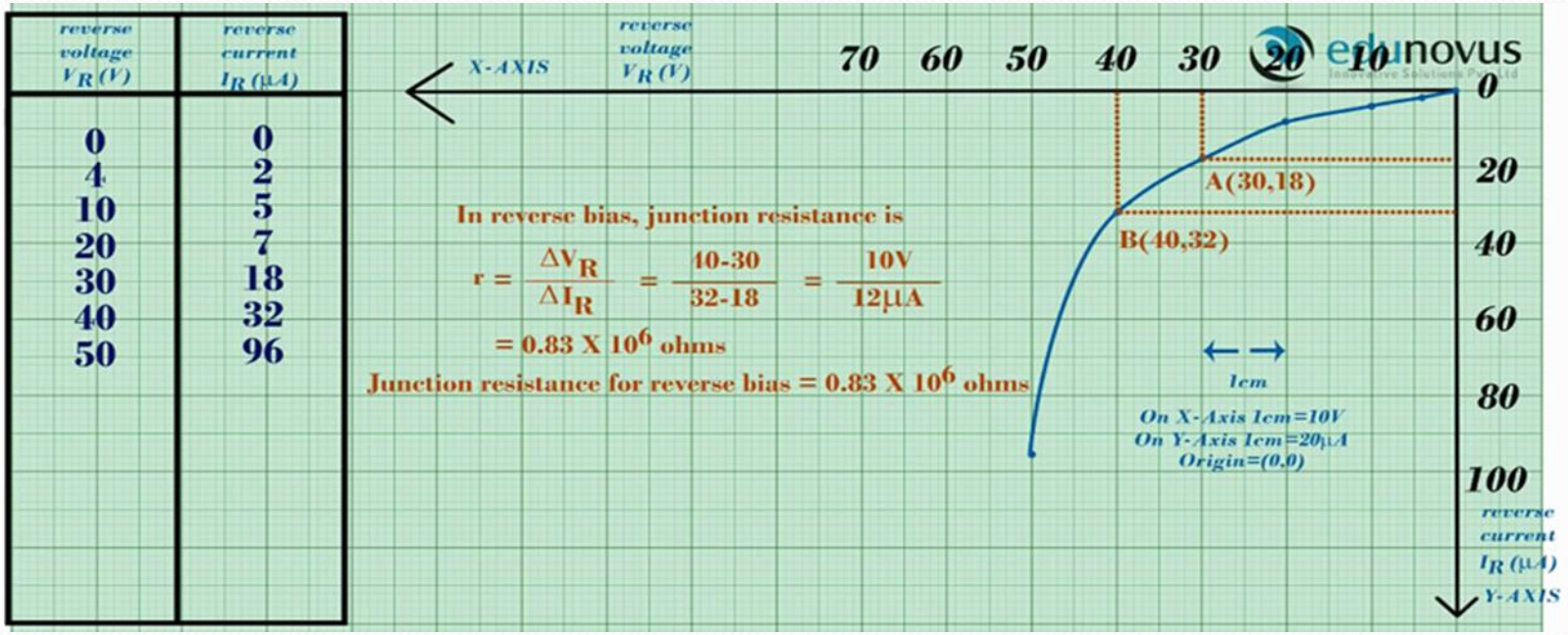
محطة من

مصدر الجهد.


A
NEGLIGIBLE
ELECTRICITY FLOW
VR
VF
Vin
-
+


P TYPE
N TYPE
REVERSE BIAS
THIS IS HOW A PN JUNCTION SEMICONDUCTOR WORKS

Diode Characteristics in reverse Bias

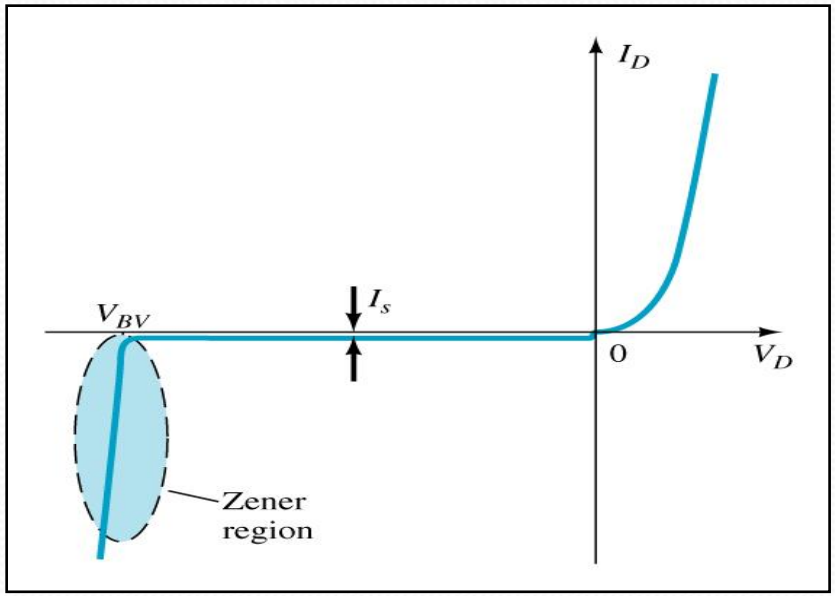


ZENER REGION

- **The Zener region is in the diode's reverse-bias region.**

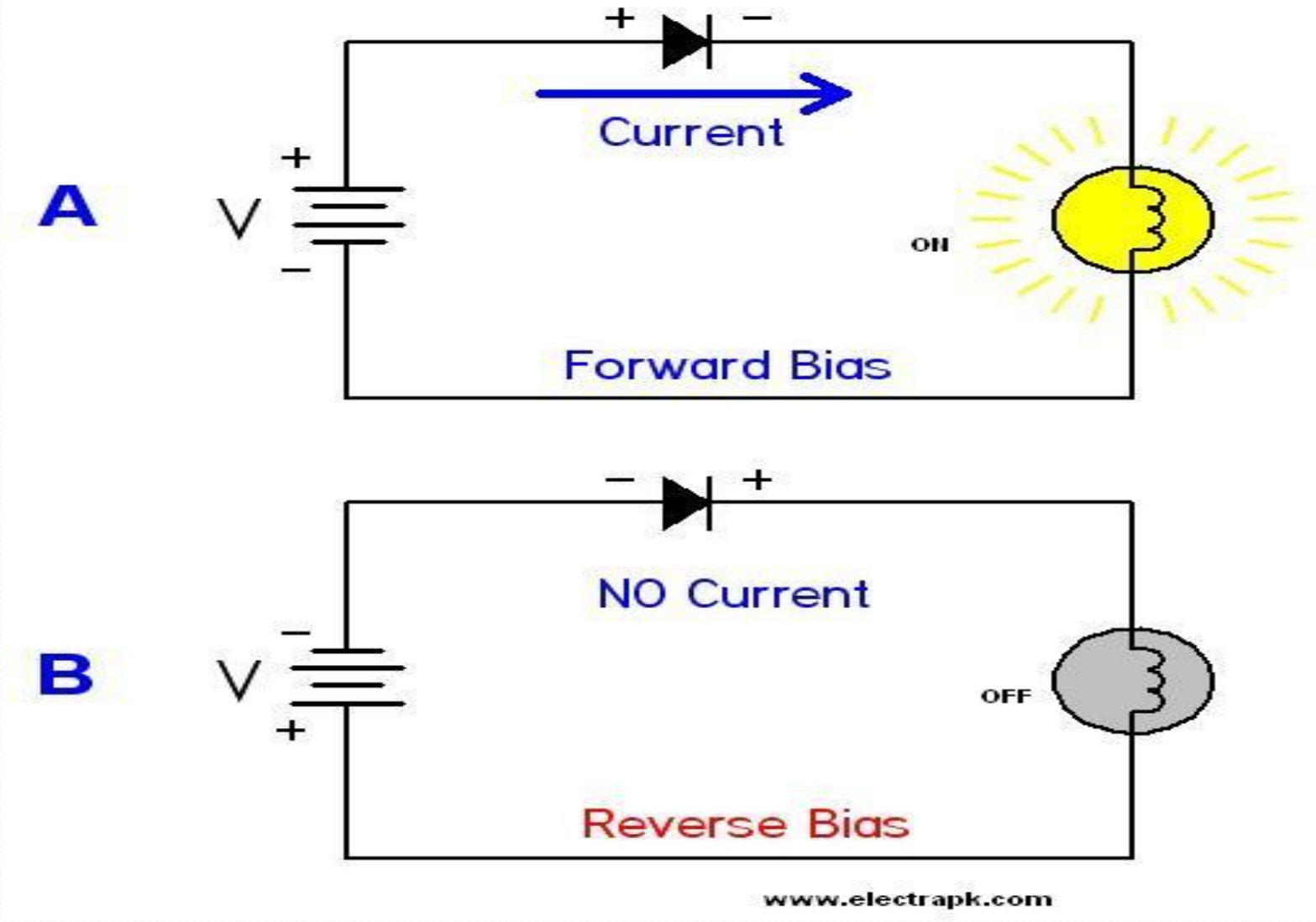
At some point the reverse bias voltage is so large the diode breaks down and the reverse current increases dramatically.

- The maximum reverse voltage that won't take a diode into the zener region is called the **peak inverse voltage** or **peak reverse voltage.**
- The voltage that causes a diode to enter the zener region of operation is the **zener voltage (V_Z).**



تقع منطقة زينر في منطقة الانحسار العكسي.
في مرحلة ما ، يكون الجهد العكسي للتحيز كبيرًا إلى حد كبير حيث ينهار الصمام الثنائي ويزداد التيار المعاكس بشكل كبير.
يسمى الجهد العكسي الأقصى الذي لن يأخذ دايود في منطقة زينر الجهد الكهربائي العكسي الذروة أو الجهد العكسي للذروة.

الجهد الذي يسبب
الصمام الثنائي لدخول الزينر
منطقة العملية
جهد الزينر (VZ).


A
+
−
V
+
−
Current
ON
Forward Bias
B
−
+
V
−
+
NO Current
OFF
Reverse Bias
www.electrapk.com

Diode Characteristics

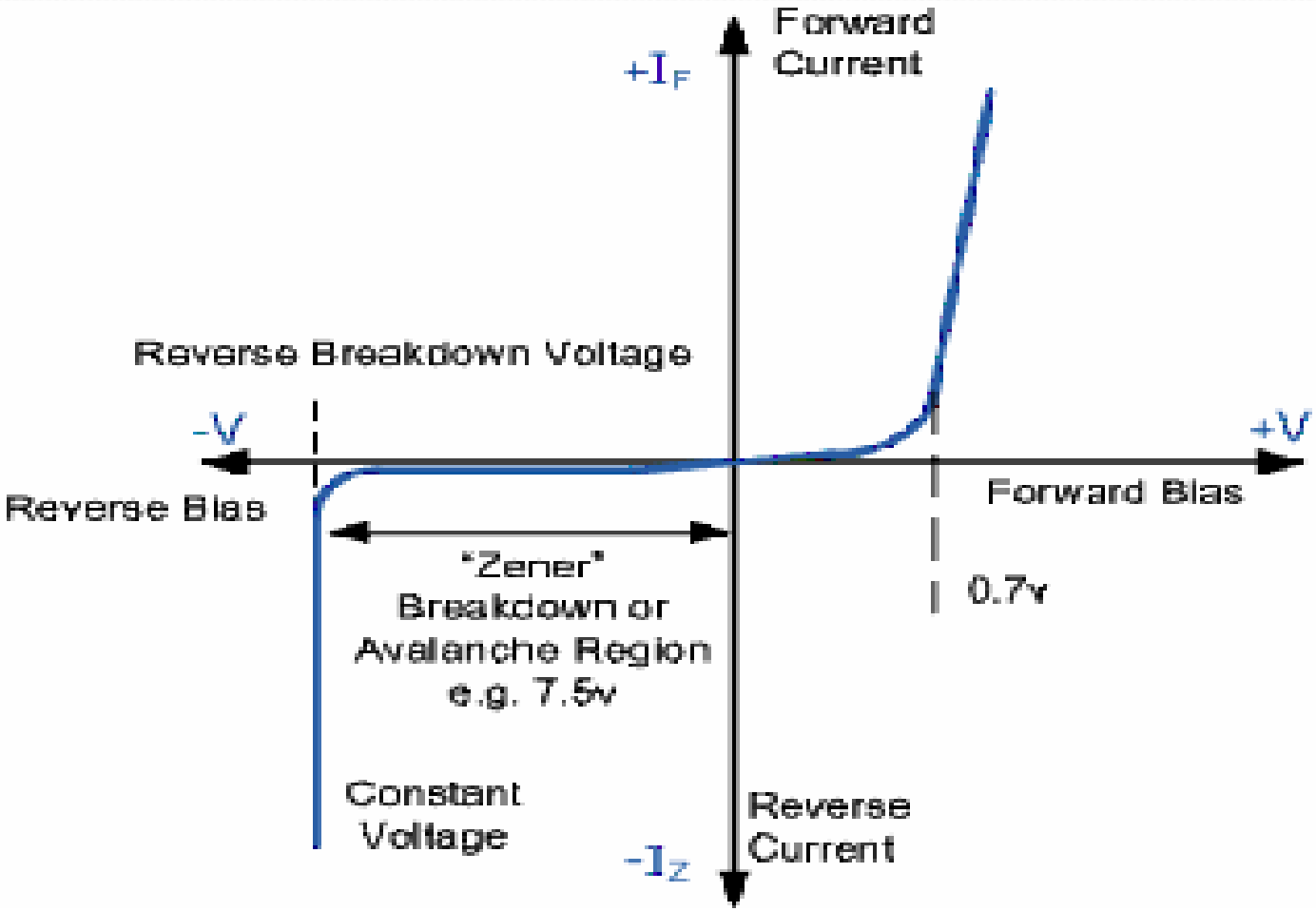


Fig. 3.13 (b) V-I Characteristic of Zener Diode.

Real Vs Ideal diode

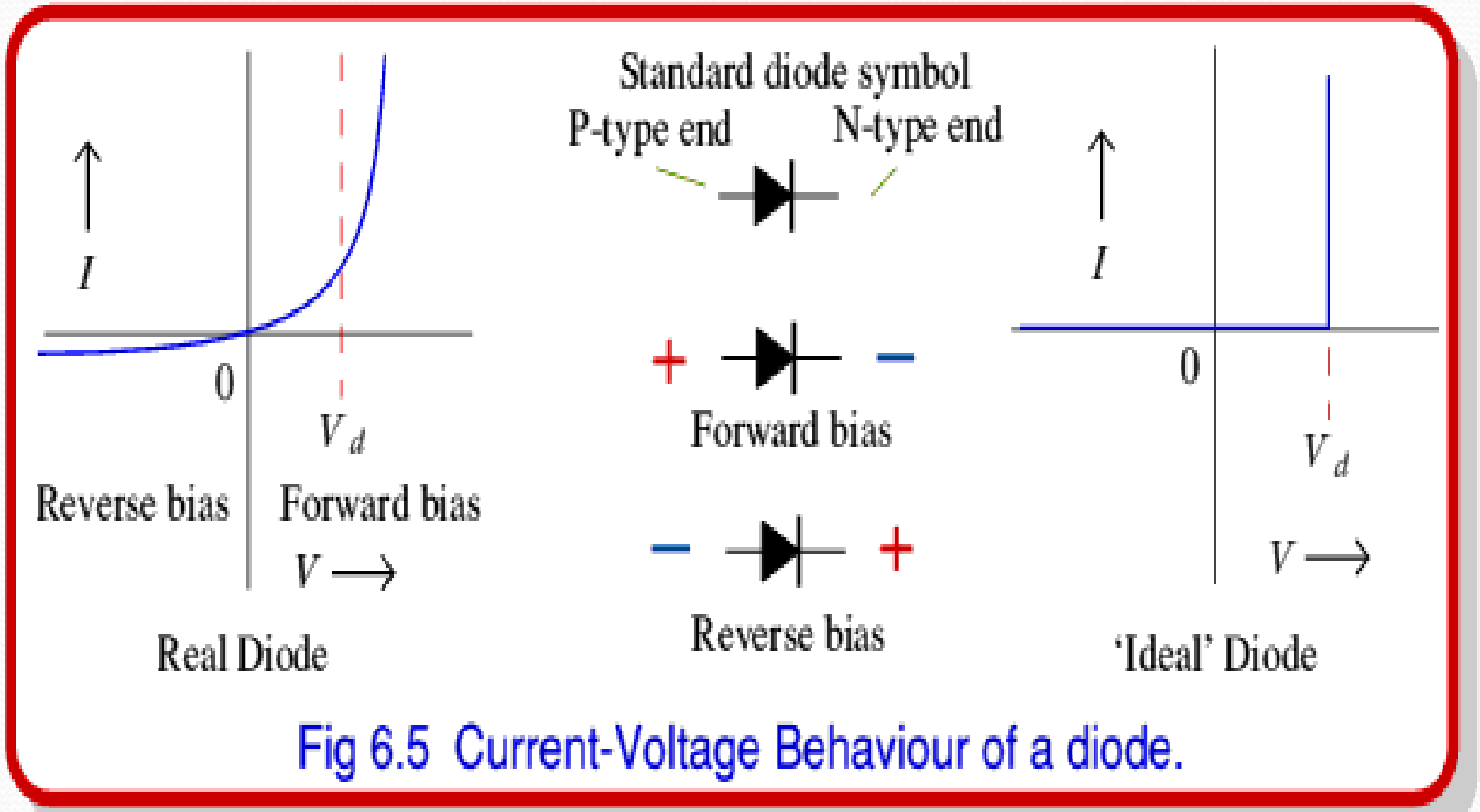
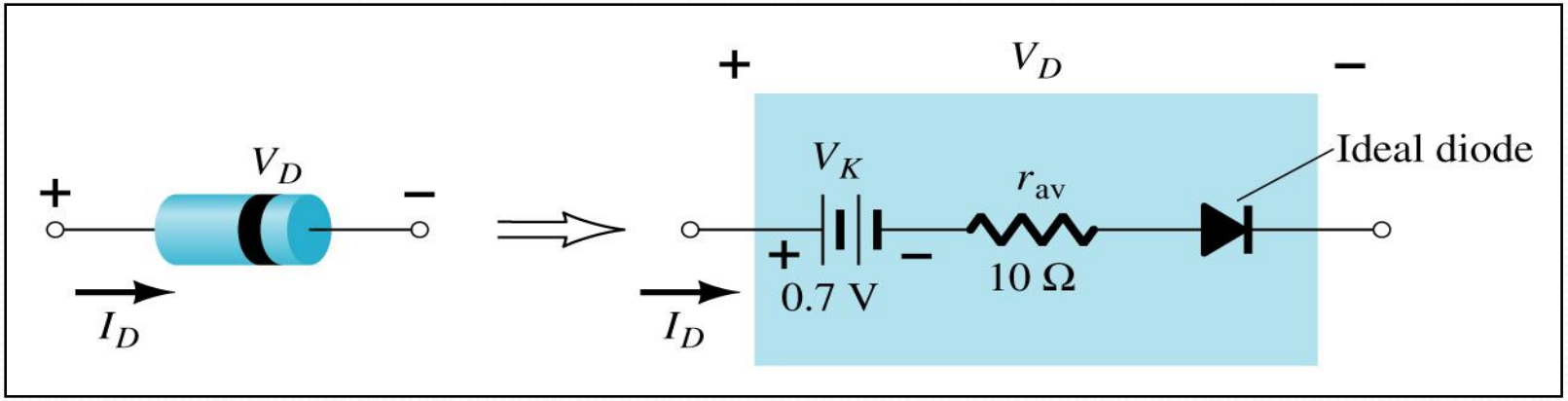
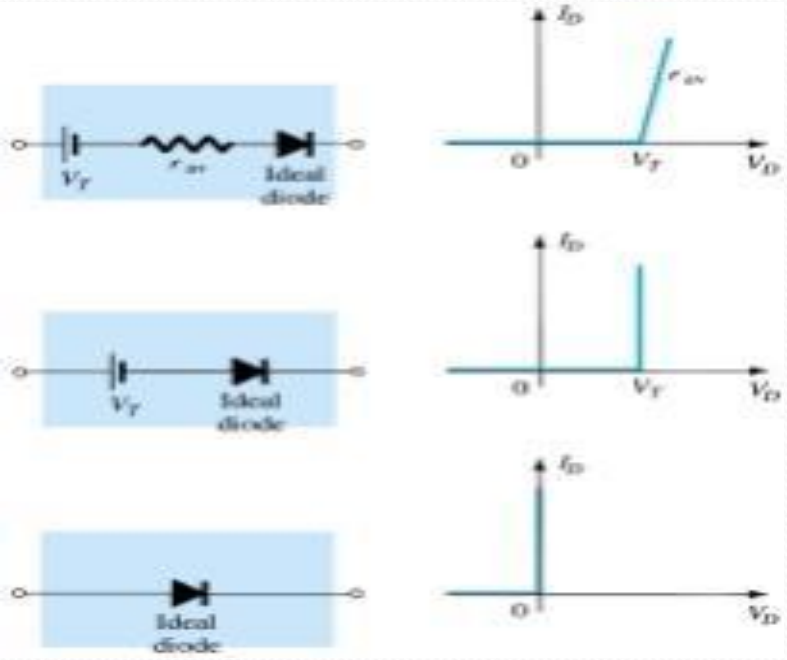


Fig 6.5 Current-Voltage Behaviour of a diode.

Diode Equivalent Circuits

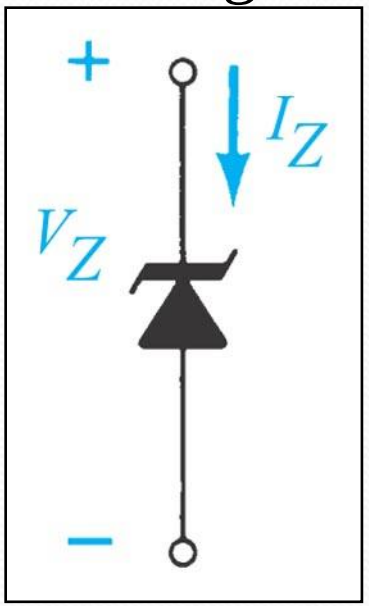




Zener Diode

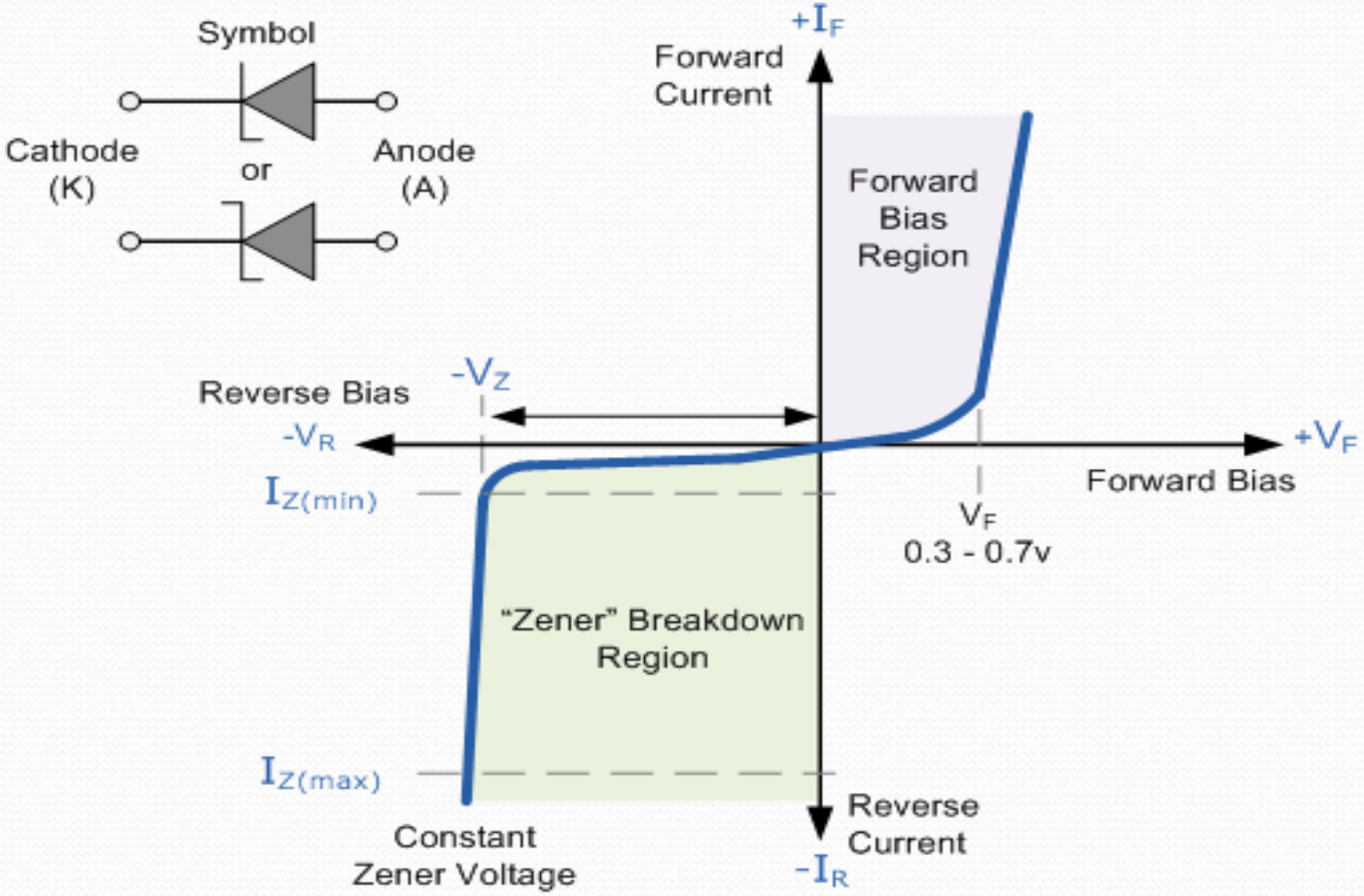
- A **Zener diode** is a diode which allows current to flow in the forward direction in the same manner as an ideal diode, but also permits it to flow in the reverse direction when the voltage is above a certain value known as the breakdown voltage, "Zener knee voltage", "Zener voltage", "avalanche point", or "peak inverse voltage".

Common zener diode voltage ratings are between 1.8 V and 200 V.



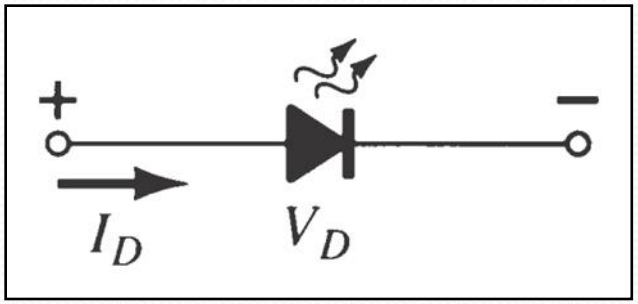
الصمام الثنائي زينر هو صمام ثنائي يسمح بتدفق التيار في الاتجاه الأمامي بنفس الطريقة مثل الصمام الثنائي المثالي ، ولكنه يسمح أيضًا بالتدفق في الاتجاه العكسي عندما يكون الجهد أعلى من قيمة معينة تُعرف بجهد الإنهيار "Zener" جهد الركبة "،" الجهد الزينر "،" نقطة جليدية "، أو" ذروة معكوس

Characteristics of Zener diode



Light-Emitting Diode (LED)

- An **LED** emits light when it is forward biased, which can be in the infrared or visible spectrum.
- The forward bias voltage is usually in the range of 2 V to 3 V.

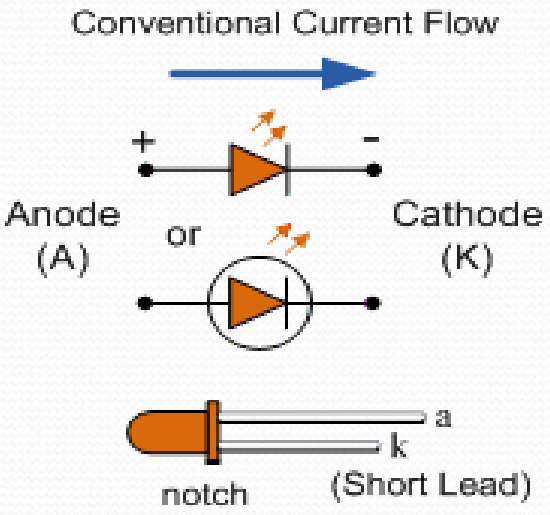


الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED)

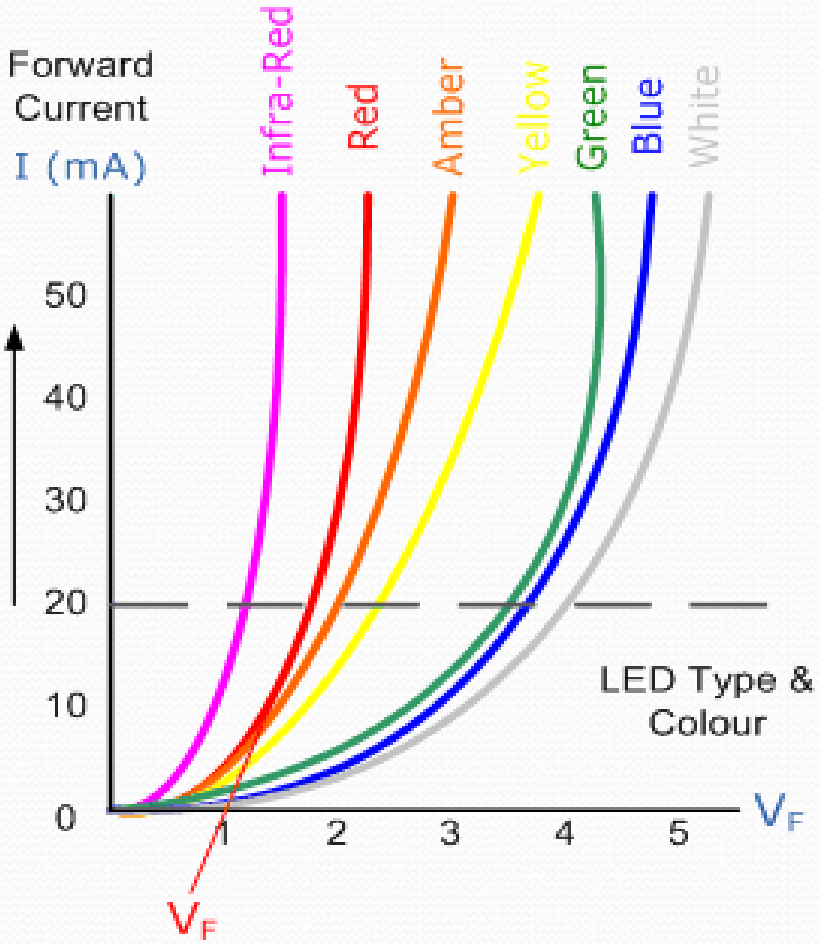
يصدر مصباح LED ، ضوءًا عندما يكون متحيزًا للأمام والذي يمكن أن يكون في الأشعة تحت الحمراء أو الطيف المرئي.

عادة ما يكون الجهد الأمامي للتحيز في نطاق ٢ إلى ٣ V.

LED Characteristics



LED and its
I-V Characteristics



QUERIES