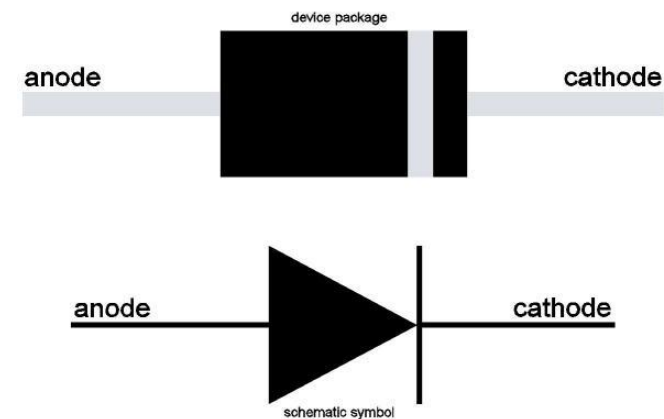
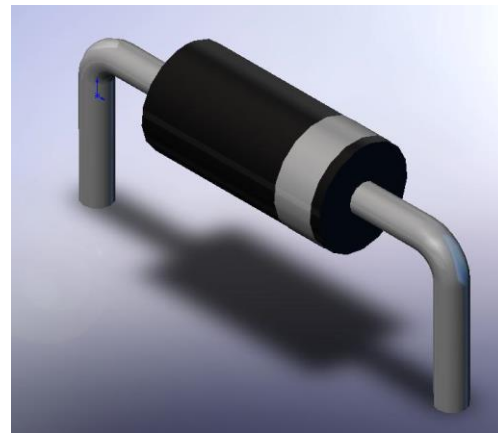
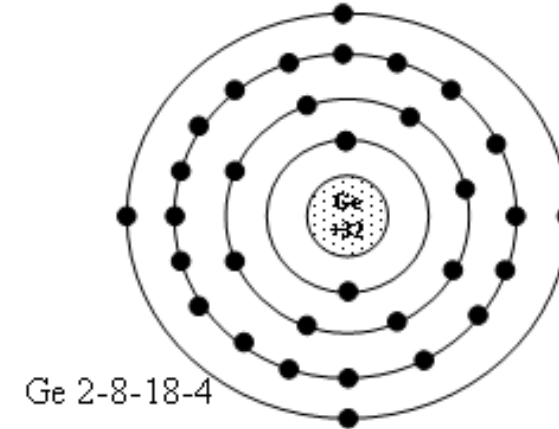
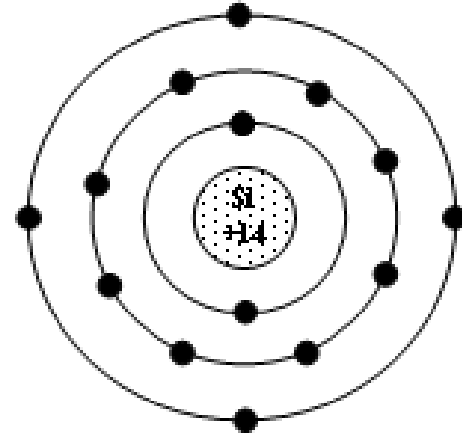


Chương 2: CHẤT BÁN DẪN ĐIỆN

DIODE BÁN DẪN



Phần 1: CHẤT BÁN DẪN

1. Đặc tính của chất bán dẫn

a. Điện trở suất

- Hai chất bán dẫn thông dụng là Silicium và Gecmanium có điện trở suất là:

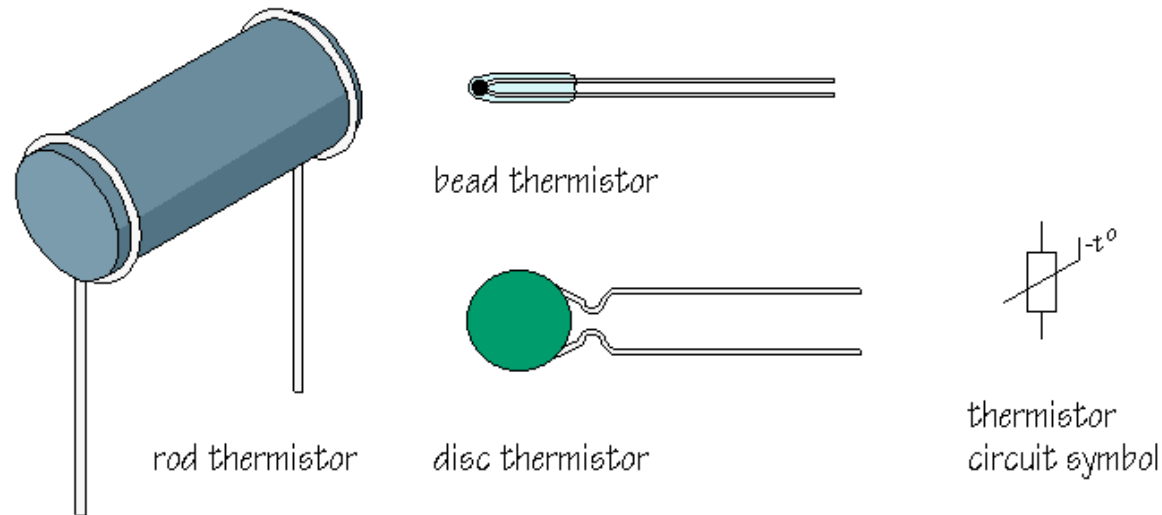
$$\rho_{Si} = 10^{14} \Omega\text{mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{Ge} = 8,9.10^{12} \Omega\text{mm}^2/\text{m}$$



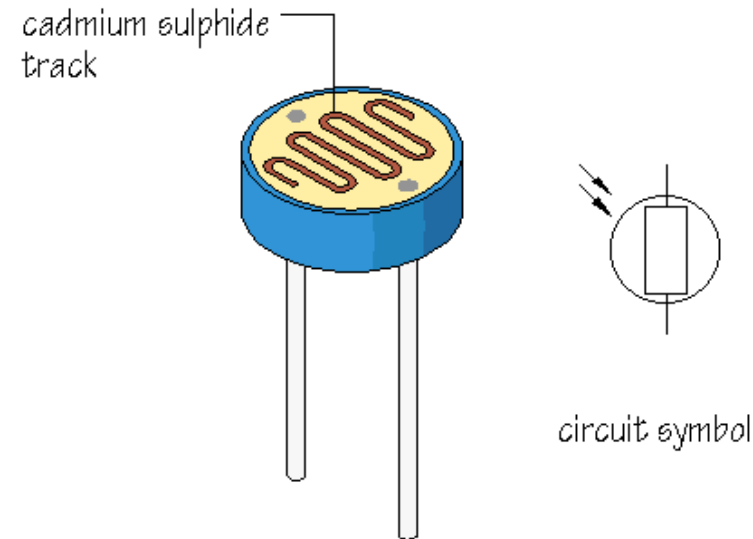
b. Ảnh hưởng của nhiệt độ

- Điện trở suất của chất bán dẫn thay đổi rất lớn theo nhiệt độ, khi nhiệt độ tăng cao thì điện trở suất của chất bán dẫn giảm xuống, ở khoảng nhiệt độ càng cao thì mức giảm điện trở suất càng lớn.



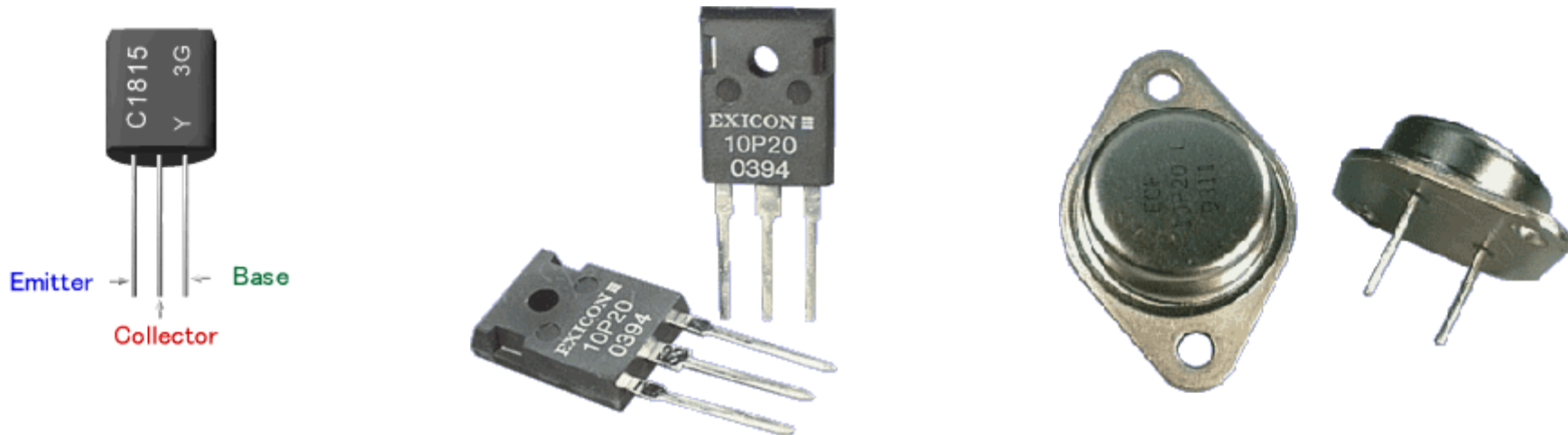
c. Ảnh hưởng của ánh sáng

Chất bán dẫn có trị số điện trở suất rất lớn khi bị che tối, khi có ánh sáng chiếu vào thì điện trở suất giảm xuống. Cường độ chiếu sáng càng mạnh thì mức giảm điện trở suất càng lớn.

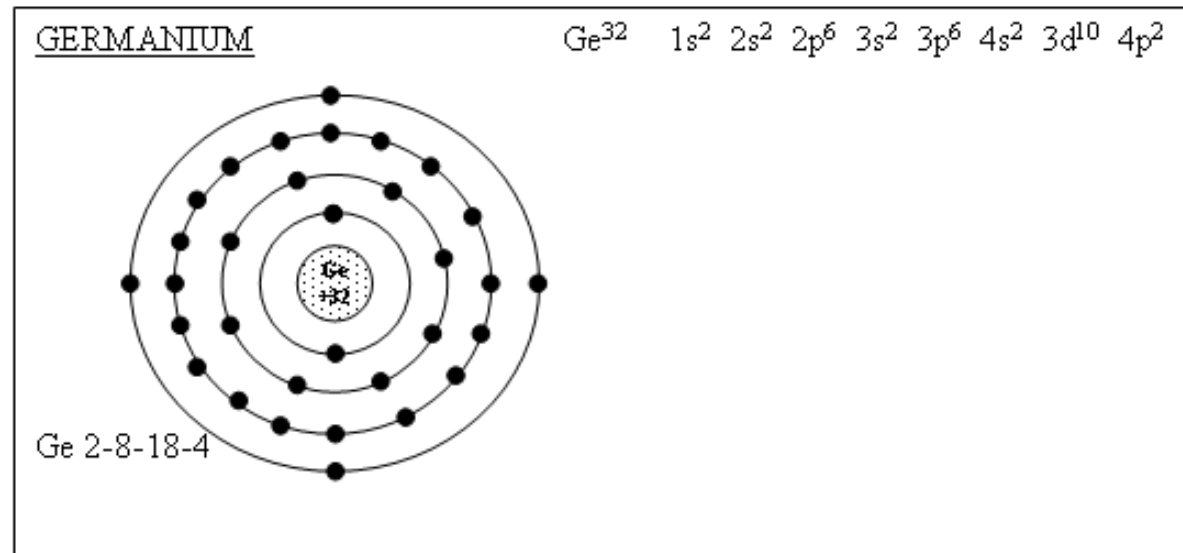
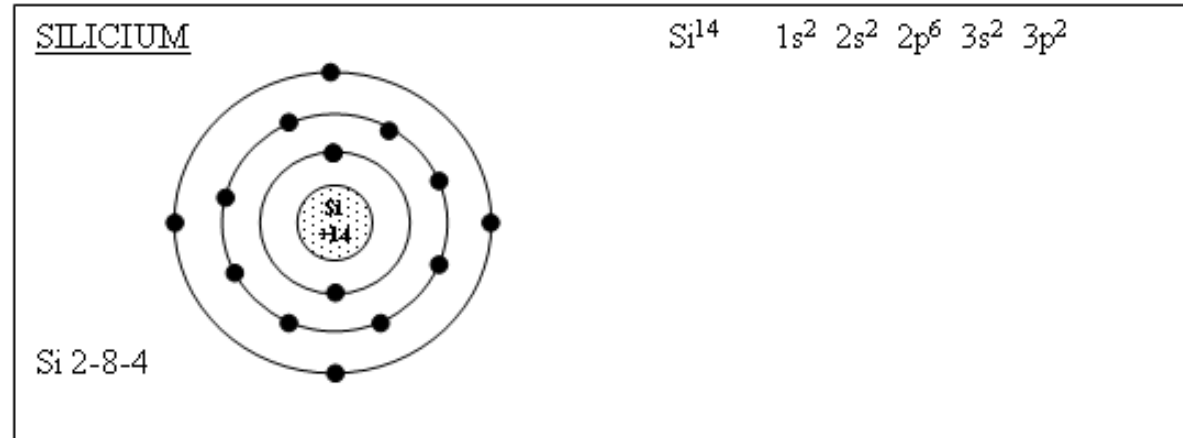


d. Ảnh hưởng của độ tinh khiết

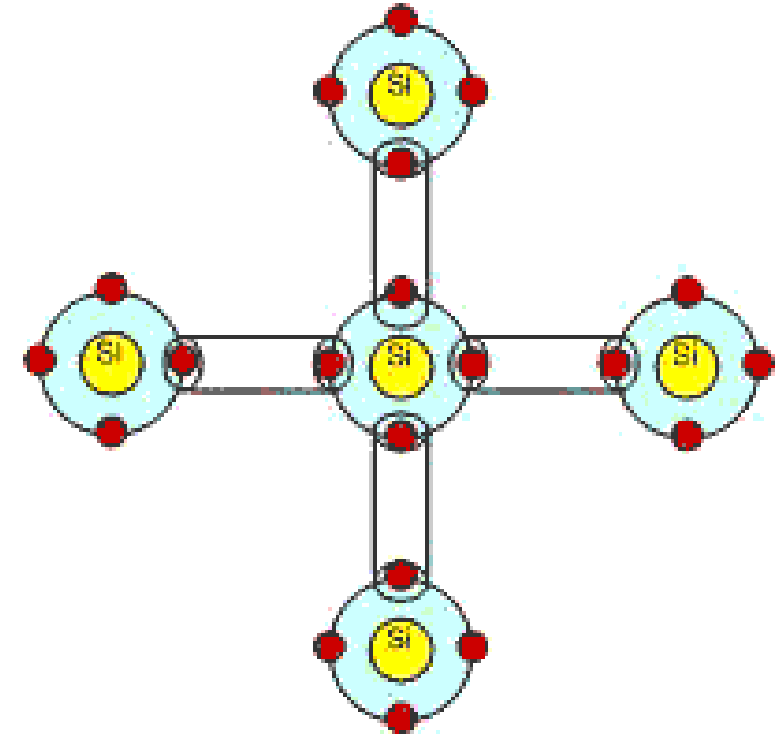
Chất bán dẫn tinh khiết có điện trở suất rất lớn, nhưng nếu pha thêm vào một tỉ lệ thất các chất thích hợp thì điện trở suất của chất bán dẫn giảm xuống rõ rệt. Tỉ lệ pha càng cao thì điện trở suất giảm càng nhỏ.



2. Cấu tạo nguyên tử của cát bán dẫn

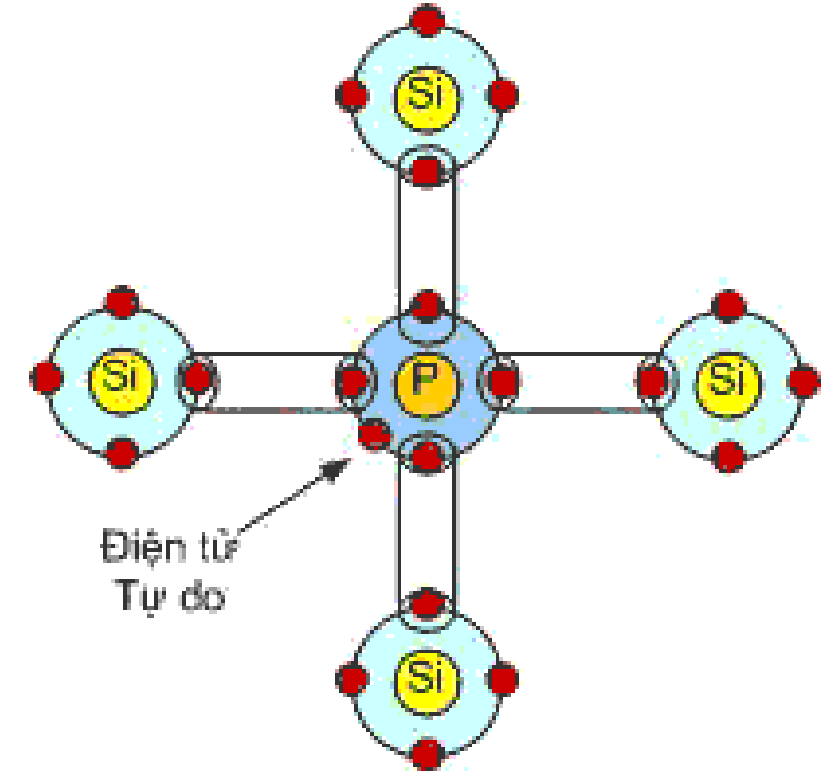


- Si và Ge đều có hóa trị 4 (có 4 e ở lớp ngoài cùng)
- liên kết với nhau theo kiểu cộng hóa trị nên chất bán dẫn tinh khiết có điện trở rất lớn.



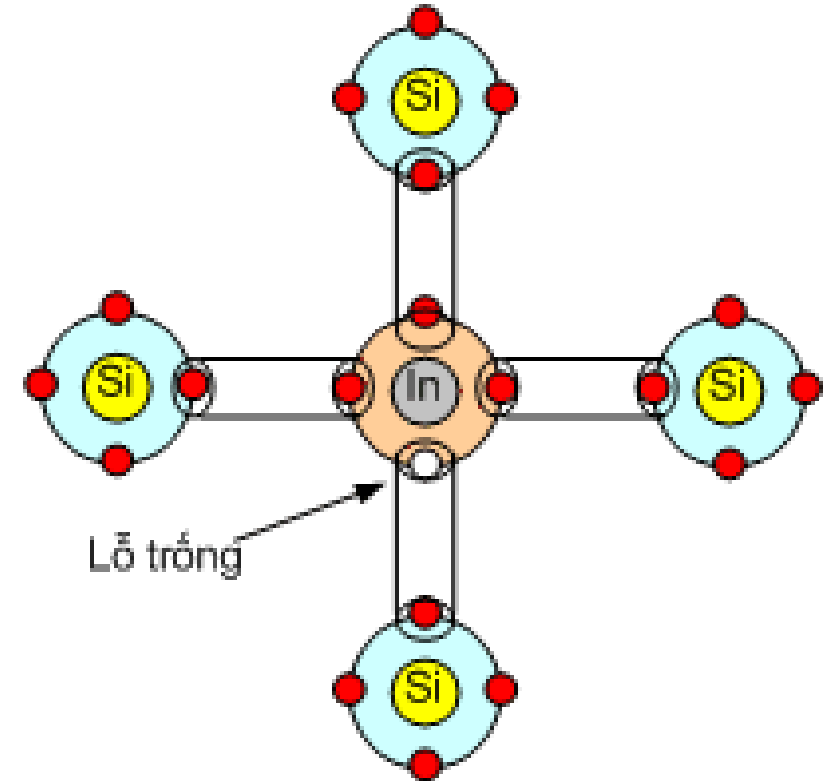
3. Chất bán dẫn loại N (Negative)

- pha Si hoặc Ge với chất có hóa trị 5 (Acsenic hoặc Photpho) dư ra một e.
- pha càng nhiều chất có hóa trị 5 vào chất bán dẫn thì tạo ra càng nhiều e tự do.
- Chất bán dẫn có e tự do gọi là chất bán dẫn loại N (loại âm).



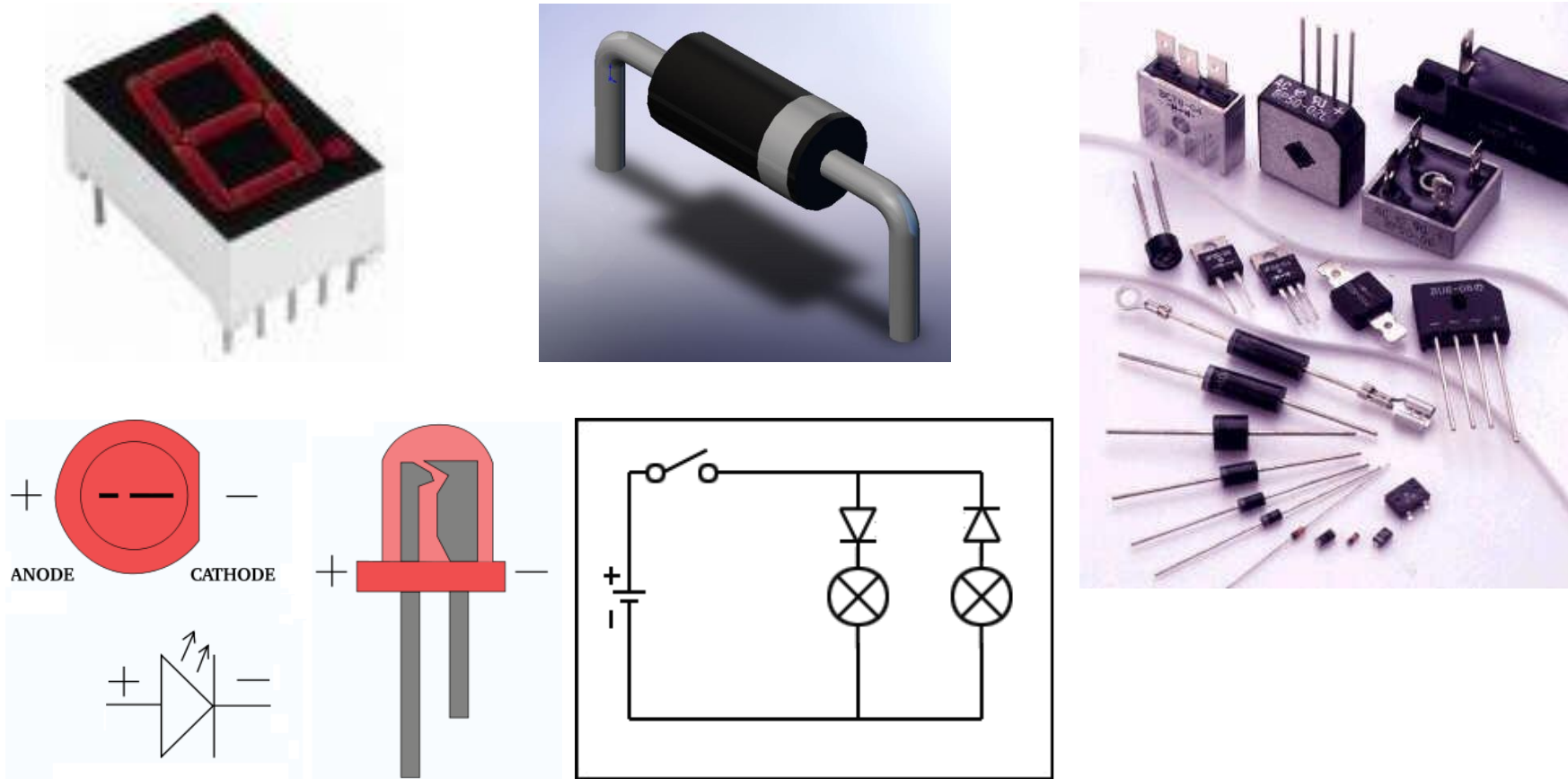
4. Chất bán dẫn loại P (Positive)

- Nếu pha Si hoặc Ge với chất có hóa trị 3 (Bo hoặc Indium) thì một mối nối thiếu e gọi là lỗ trống.
- Chất bán dẫn có LỖ TRỐNG gọi là chất bán dẫn loại P (Positive).



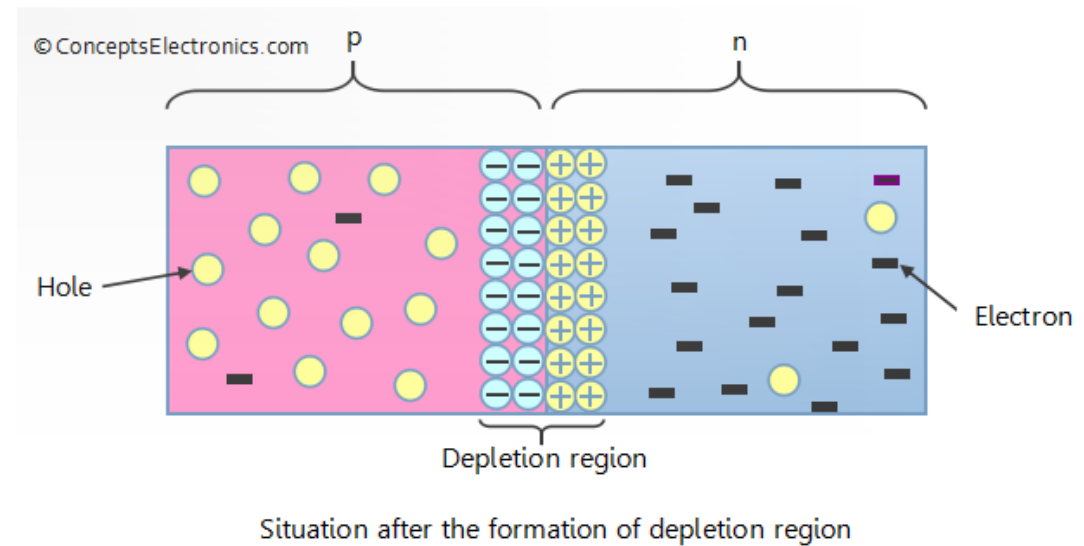
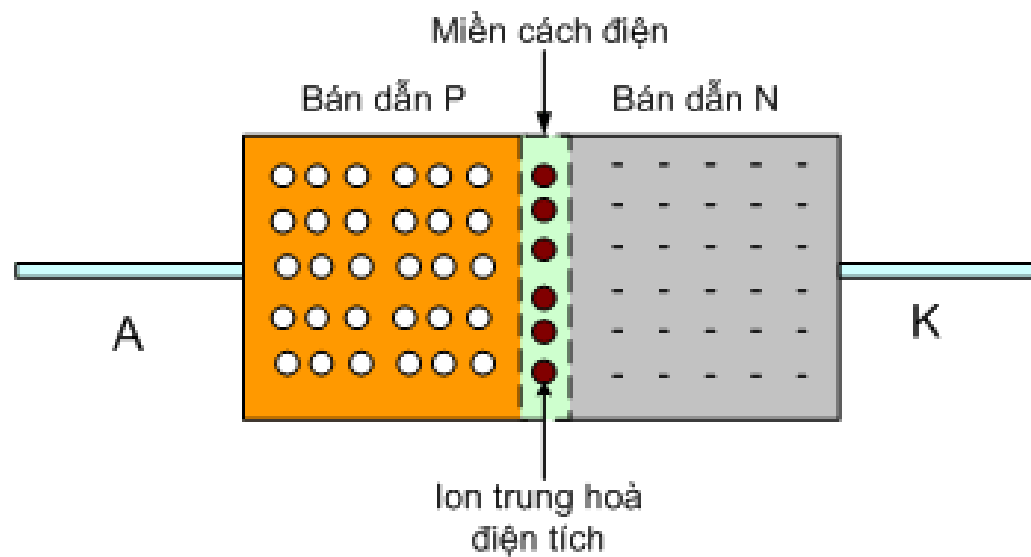
- Chất bán dẫn loại âm hoặc dương chỉ khả năng *cho đi* hoặc *nhận thêm* e tự do.
- Không có ý nghĩa là mang điện tích âm hoặc dương, mà ở trạng thái bình thường thì nó trung hòa về điện.

Phần 2: *DIODE BÁN DẪN*



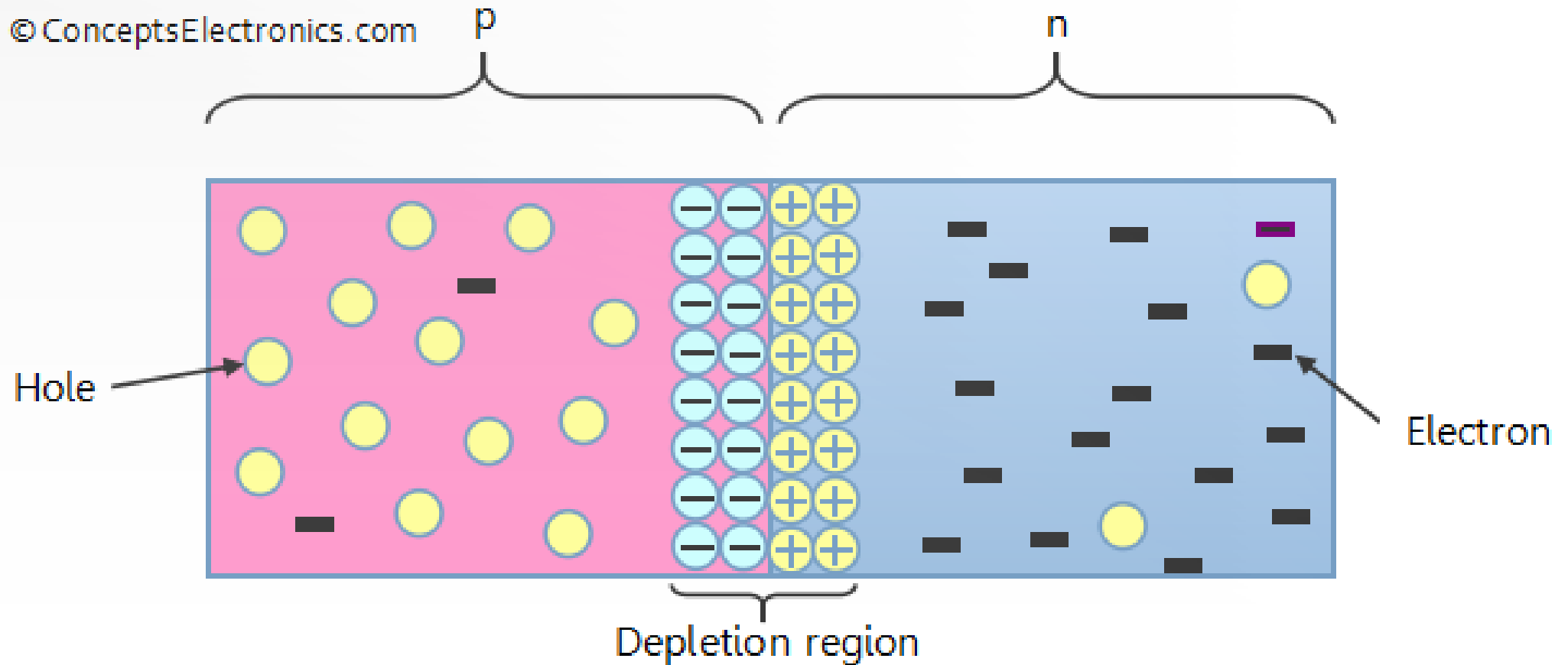
1. Cấu tạo

Diode bán dẫn có cấu tạo gồm hai lớp bán dẫn loại P và loại N ghép nối tiếp nhau tạo thành một mối nối P-N. Mối nối này nhạy cảm với tác động của điện, quang, nhiệt.

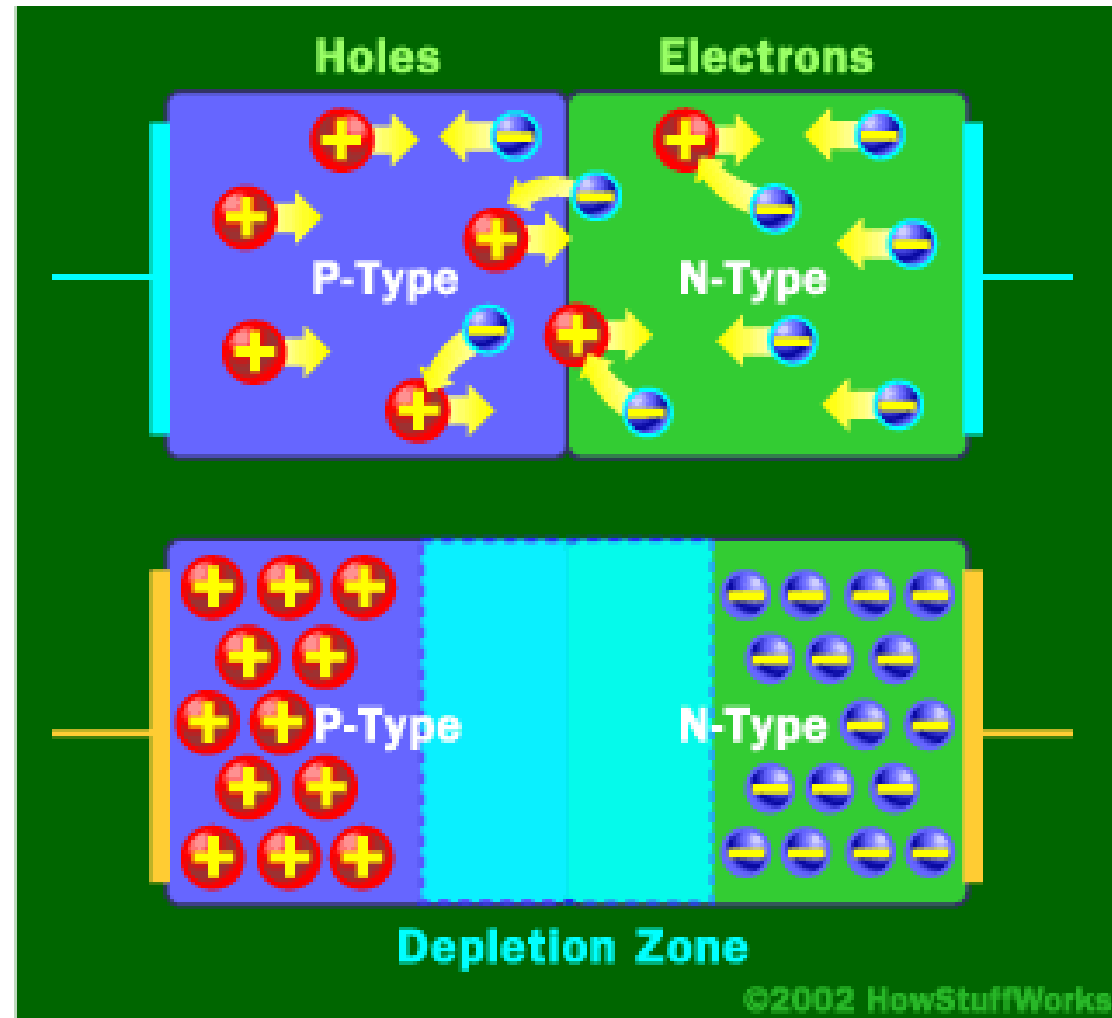


1. Cấu tạo

© ConceptsElectronics.com

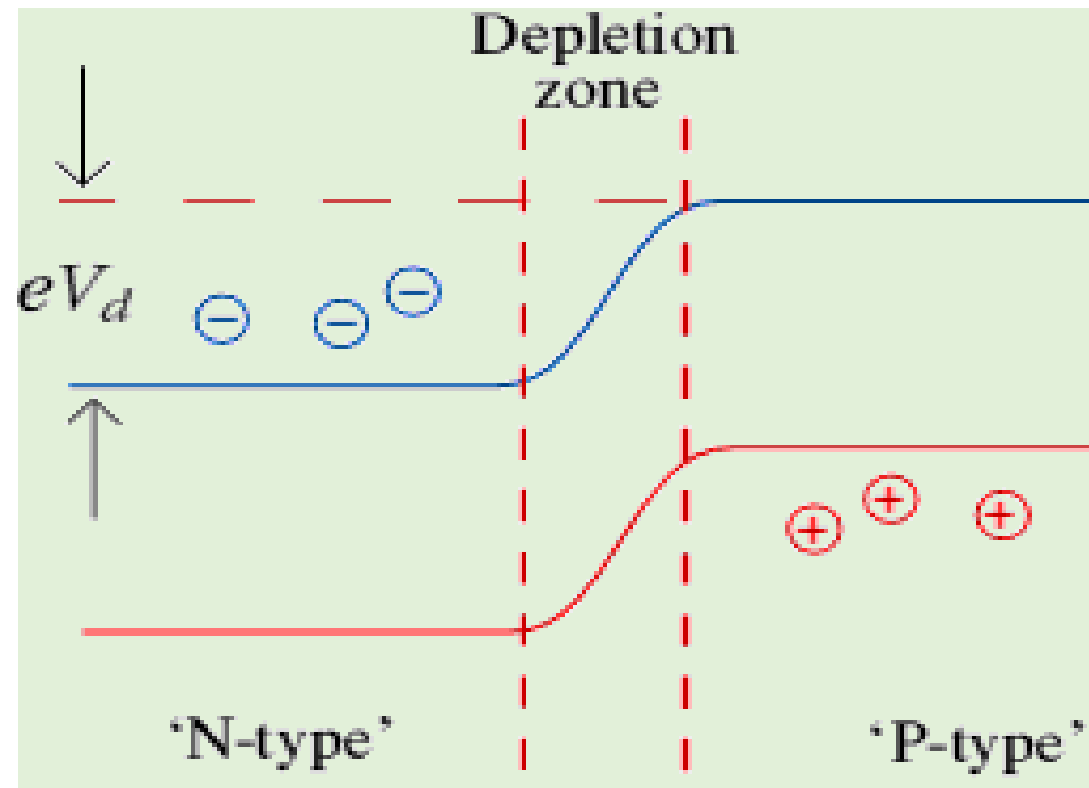


Situation after the formation of depletion region

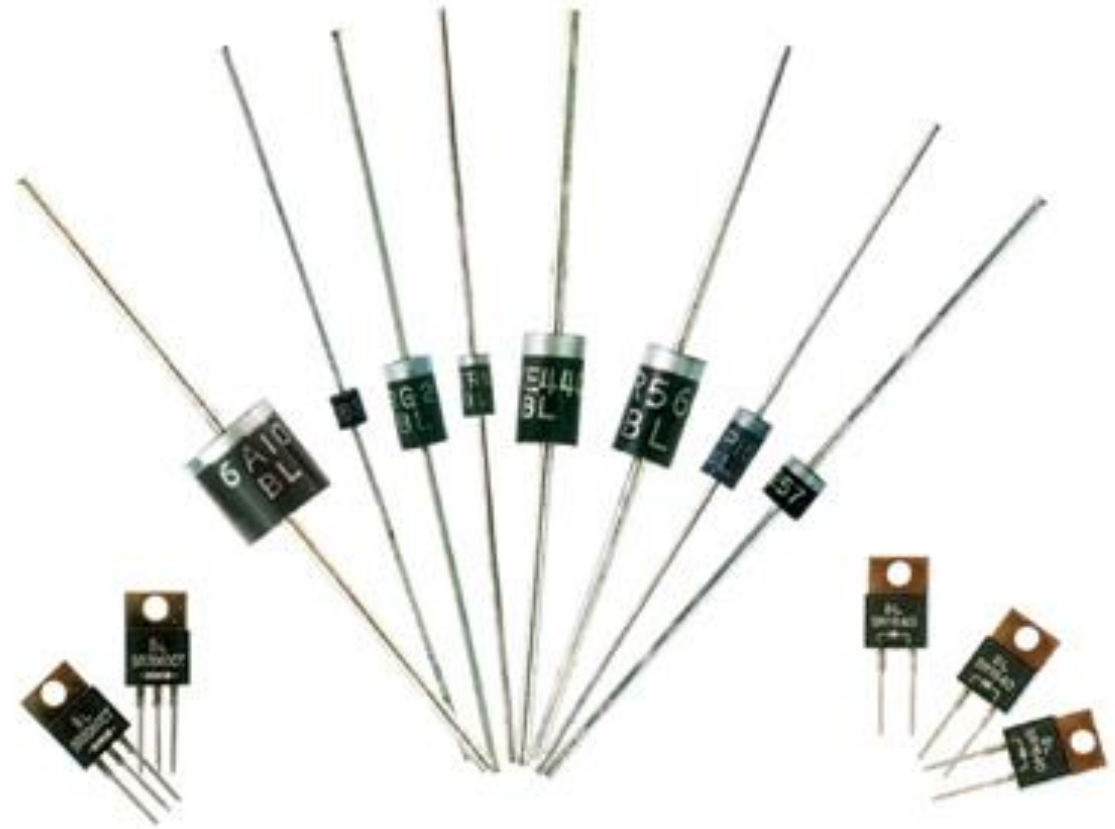
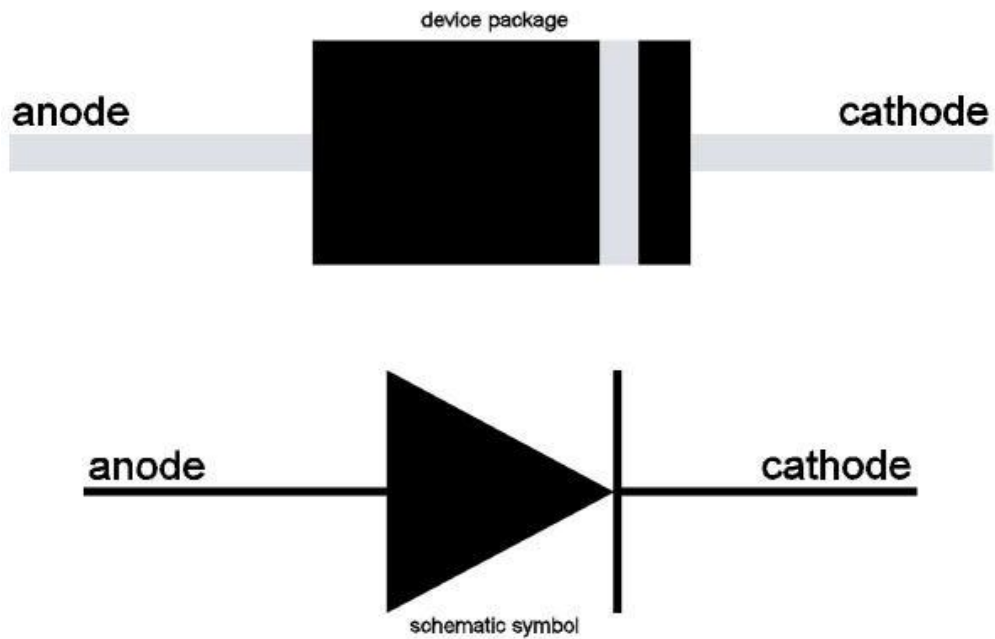


- Trong vùng bán dẫn loại P có nhiều lỗ trống, vùng loại N có nhiều e tự do. Khi hai vùng tiếp xúc với nhau sẽ có một số e từ vùng N qua mỗi nối sang vùng P tái hợp với lỗ trống.
- Trong vùng N ở gần mỗi nối bị mất e thì sẽ trở thành mang điện tích dương (ion dương), vùng P ở gần mỗi nối nhận thêm e trở thành mang điện tích âm (ion âm).
- Hiện tượng này tiếp diễn tới khi điện tích âm của vùng P đủ lớn đẩy không cho e từ vùng N sang nữa..

- Sự chênh lệch về điện tích ở hai bên mối nối như vậy gọi là hàng rào điện áp.



KÍ HIỆU VÀ HÌNH DẠNG CỦA DIODE

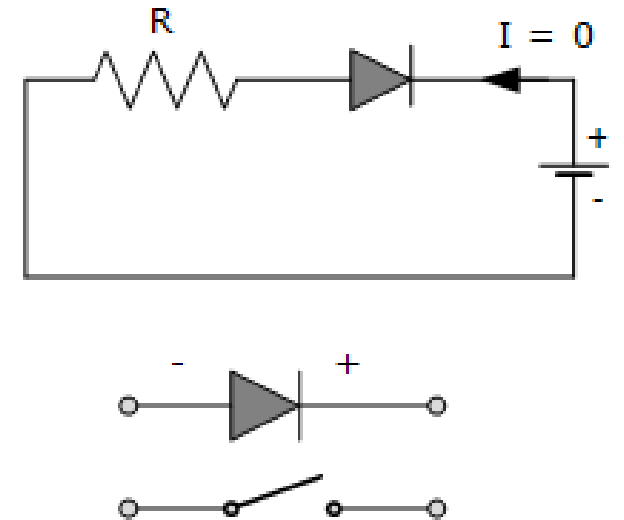
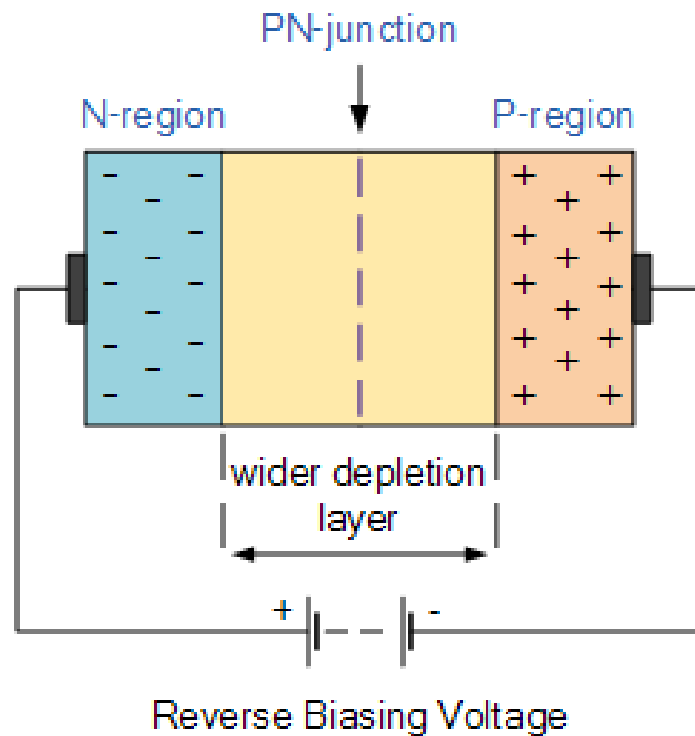


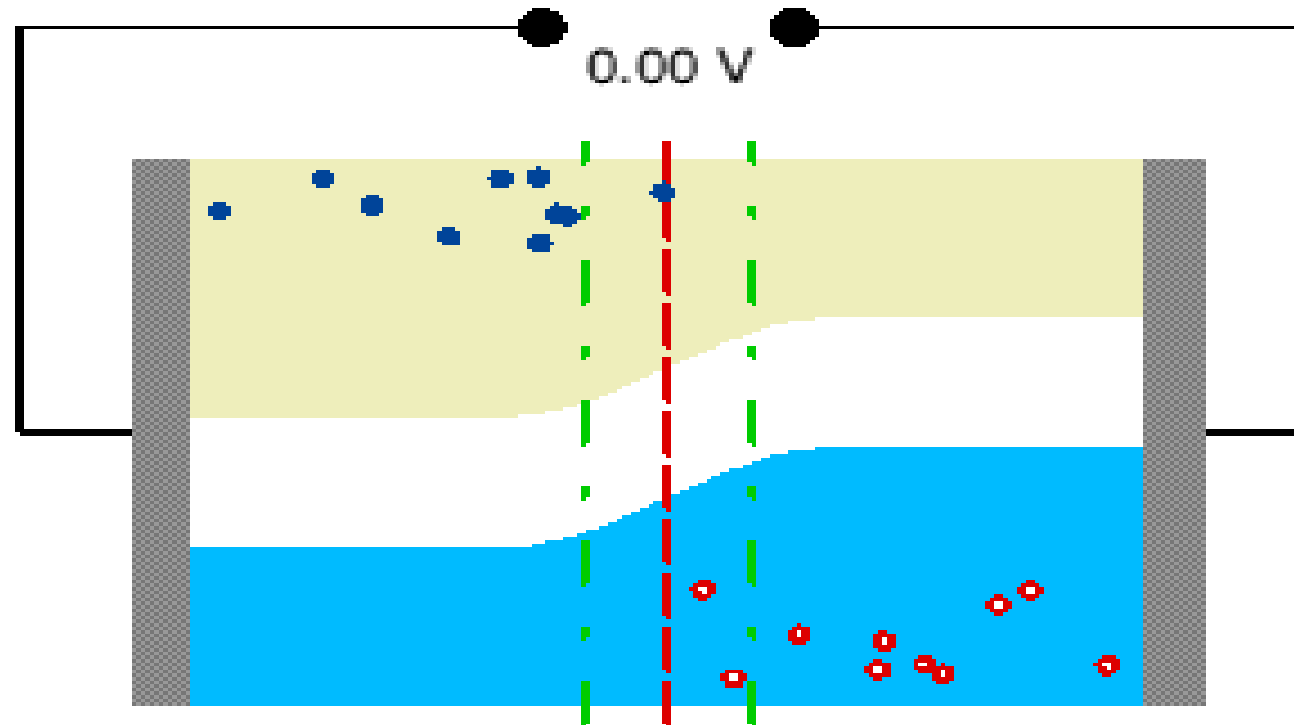
2. Nguyên lý vận chuyển của Diode

a. Phân cực ngược Diode

$$V_A < V_K$$

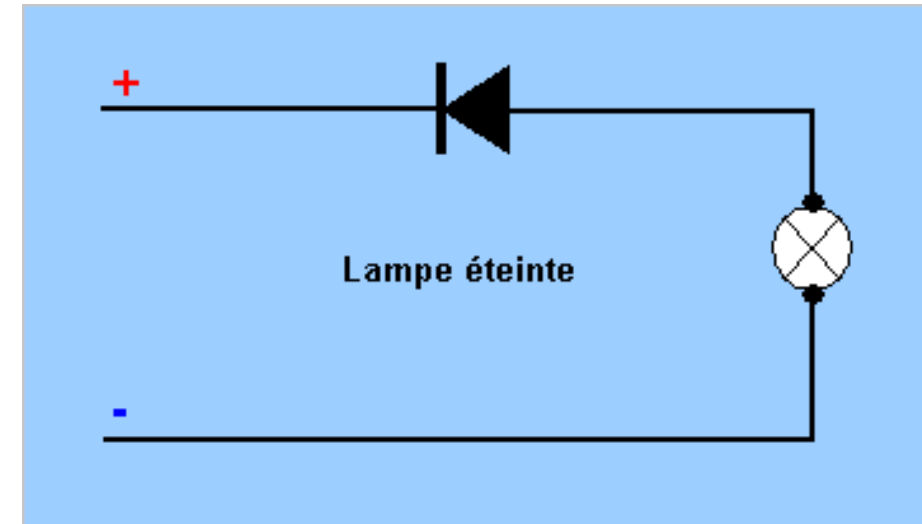
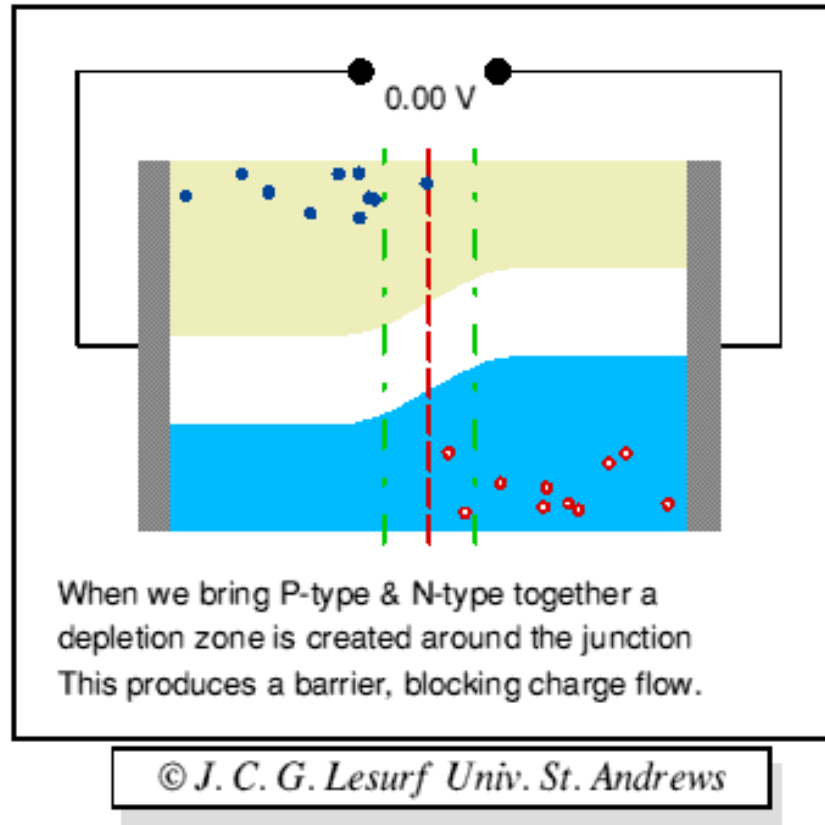
Không xảy ra hiện tượng tái hợp giữa e và lỗ trống, không có dòng điện qua diode.





When we bring P-type & N-type together a depletion zone is created around the junction
This produces a barrier, blocking charge flow.

© J. C. G. Lesurf Univ. St. Andrews

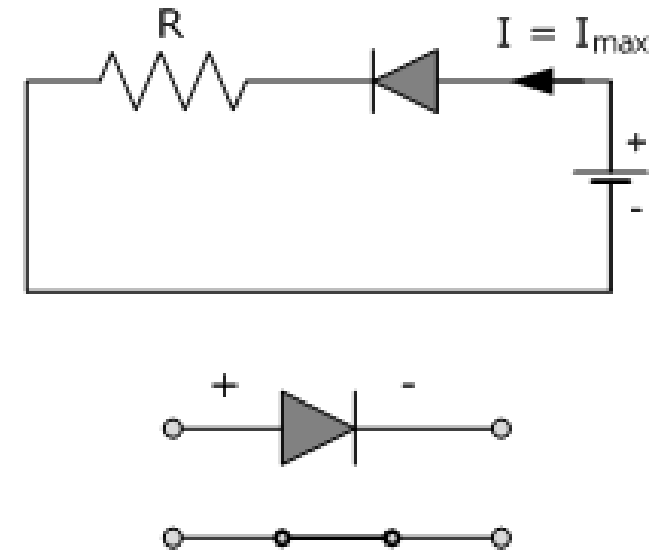
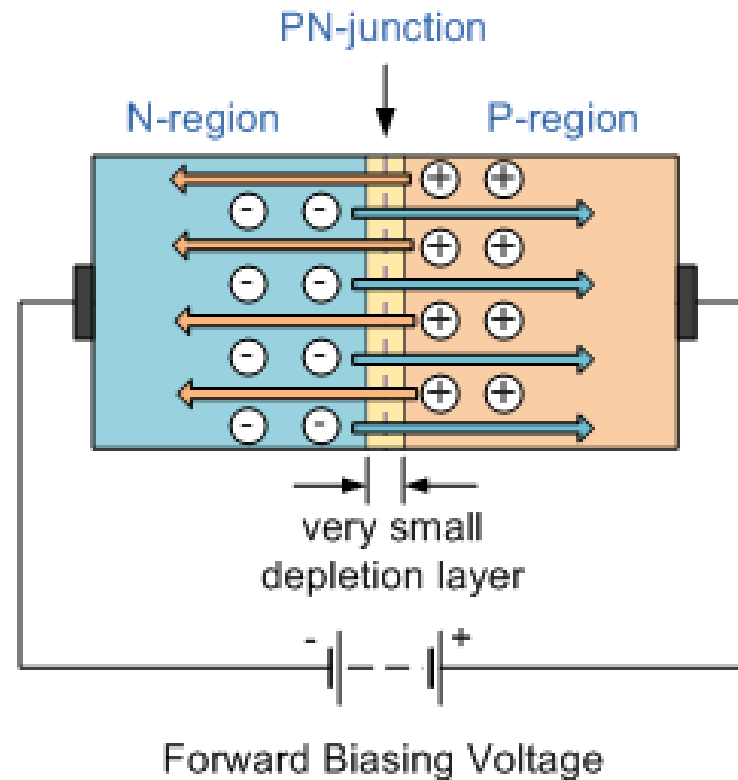


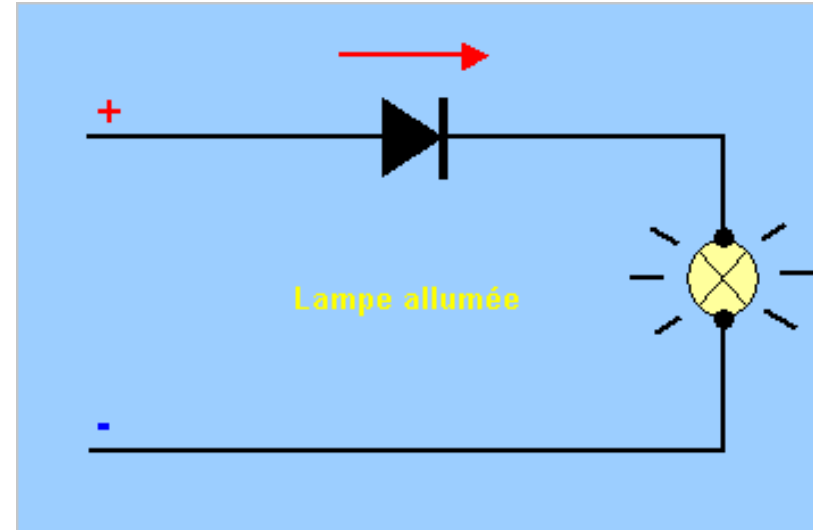
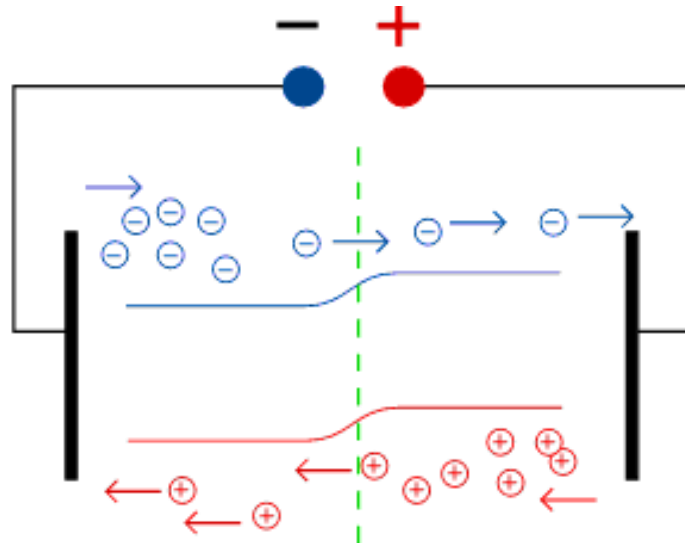
- Có 1 dòng điện rất nhỏ chạy qua D với trị số khoảng vài μA . Dòng điện này gọi là dòng bão hòa nghịch (dòng điện rỉ - I_s) phát sinh do sự tái hợp giữa các hạt tải thiểu số gây ra.

b. Phân cực thuận Diode

$$V_A > V_K$$

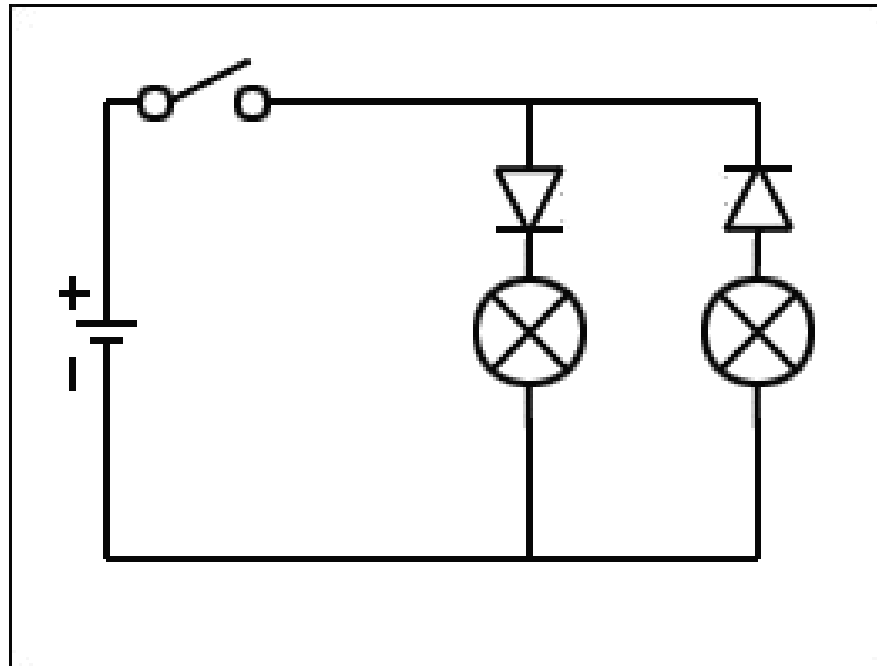
Xảy ra hiện tượng **tái hợp** giữa **e** và **lỗ trống**, có dòng điện qua diode theo chiều từ A đến K





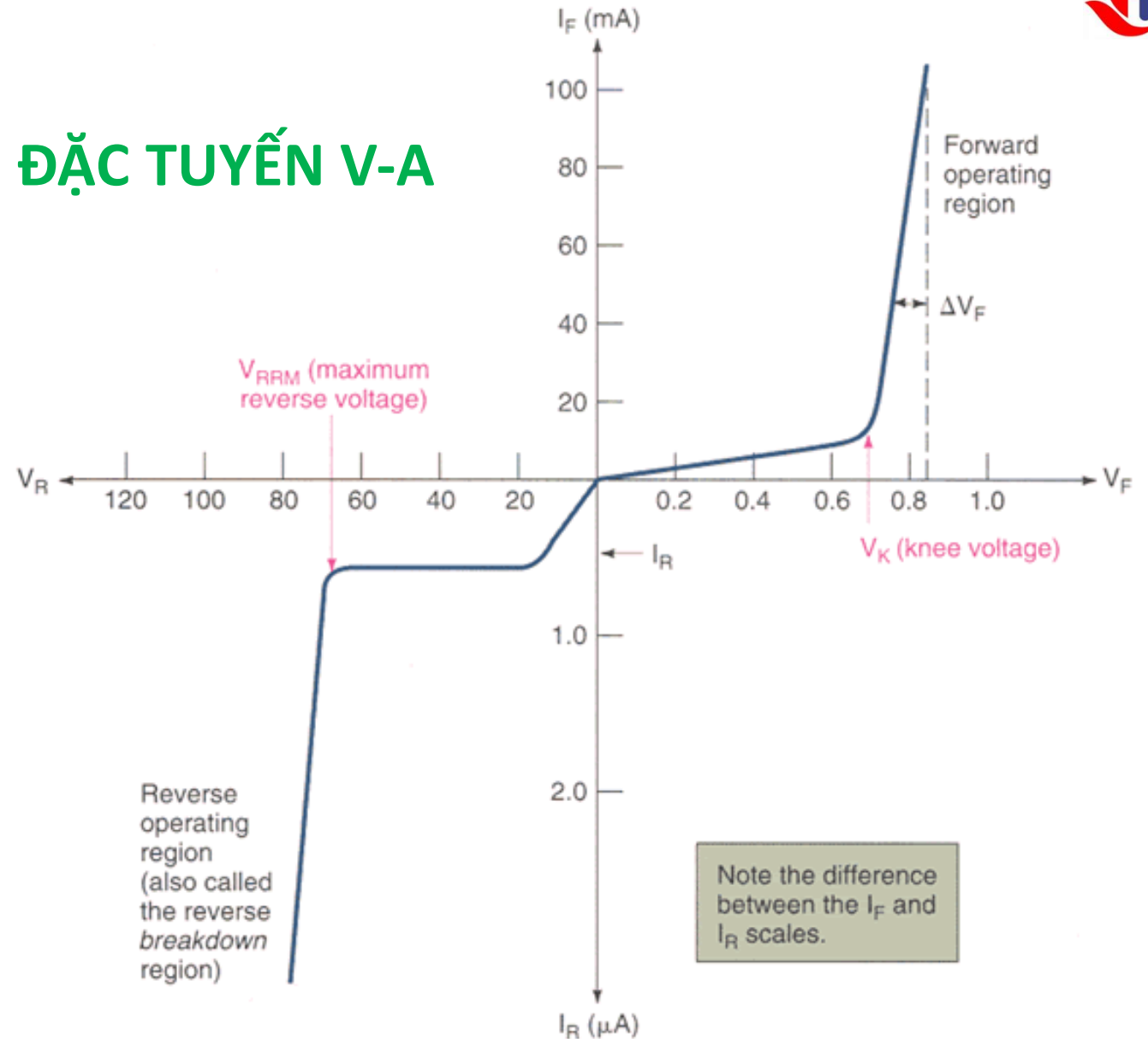
Dòng e^- chạy liên tục từ cực âm của nguồn, qua vùng N, sang vùng P, về cực dương của nguồn (dòng điện chạy qua D theo chiều từ P sang N).

Hiện tượng này gọi là hiện tượng tái hợp giữa các e^- và lỗ trống.



3. Đặc tính kỹ thuật

ĐẶC TUYẾN V-A



- Khi PCT Diode với nguồn biến đổi được, thì thấy:
 - Khi $V_{DC} = 0$ thì chưa có dòng điện qua D.
 - Khi $V_{DC} = V_K$ thì mới bắt đầu có dòng điện qua D.

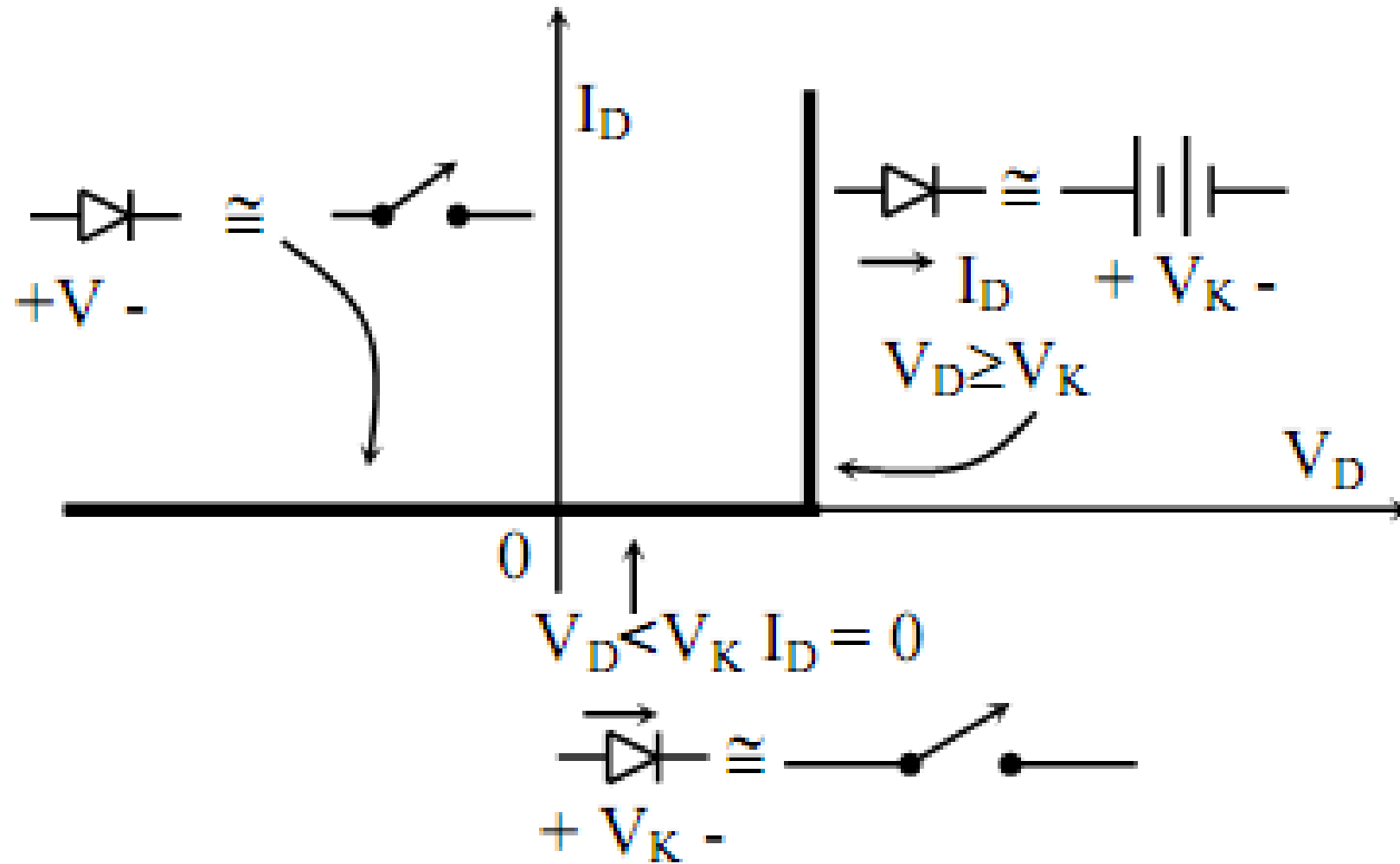
$V_K = 0,7V$ với D làm bằng Si.

$V_K = 0,3V$ với D làm bằng Ge.

Khi D dẫn điện thì điện áp cực đại V_{Dmax} trên D là:

$V_{Dmax} = 0,8 \div 0,9V$ với D làm bằng Si.

$V_{Dmax} = 0,4 \div 0,5V$ với D làm bằng Ge.



- Sau khi vượt qua điện áp ngưỡng V_K thì dòng điện qua D sẽ tăng lên theo hàm số mũ và được tính bằng công thức:

$$I_D = I_S \cdot (e^{\frac{q \cdot V_D}{K \cdot T}} - 1)$$

$q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Culông

V_D : điện áp trên D (V)

K: hằng số Bônzman

$K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K

T: nhiệt độ tuyệt đối ($^{\circ}\text{K}$)

I_S : dòng bão hòa nghịch (A)

$25^{\circ}\text{C} = 298^{\circ}\text{K}$

- Thế số vào ta được công thức dạng đơn giản:

$$I_D = I_S \cdot (e^{\frac{V_D}{26mV}} - 1)$$

- Khi PCT : $V_D > V_\gamma$ thì $e^{\frac{V_D}{26mV}} \gg 1$ nên:

$$I_D = I_S \cdot e^{\frac{V_D}{26mV}}$$

- Khi PCN: $V_D < 0V$ thì $e^{\frac{V_D}{26mV}} \ll 1$ nên:

$$I_D \approx I_S$$

- Khi PCN diode với điện áp quá cao, làm cho nhiều e trong vùng xung quanh mối nối sẽ bị bức xạ, bật ra đập vào các e lân cận tạo ra hiện tượng thác lũ làm dòng điện qua D tăng mạnh làm hư D.
- Khi sử dụng D phải chú ý đến điện áp PCN cho phép V_{Rmax} của D, vì nếu vượt quá trị số này sẽ làm hư D.
- Ngoài ra ta phải chú ý dòng điện thuận cực đại I_{Fmax} qua D.

Một diode có các thông số kỹ thuật cần biết khi sử dụng là:

- Chất bán dẫn chế tạo để có V_γ và V_{Fmax}
- Dòng điện thuận cực đại I_{Fmax}
- Dòng điện bão hoà nghịch I_S
- Điện áp nghịch cực đại V_{Rmax}

Thí dụ: bảng tra các diode chỉnh lưu thông dụng.

Mã số	Chất	I_{Fmax}	I_S	V_{Rmax}
1N4004	Si	1A	5μA	500V
1N4007	Si	1A	5μA	1000V
1N5408	Si	3A	5μA	1000V

4. Điện trở của Diode

a. Điện trở một chiều

$$R_D = \frac{V_D}{I_D}$$

b. Điện trở động

$$r_D = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D}$$

trên thực tế:

$$r_D \approx \frac{25mV}{I_D(mA)}$$

Ω

$$\frac{d}{dV_D}(I_D) = \frac{d}{dV}[I_s(e^{kV_D/T_K} - 1)]$$

and

$$\frac{dI_D}{dV_D} = \frac{k}{T_K}(I_D + I_s)$$

following a few basic maneuvers of differential calculus. In general, $I_D \gg I_s$ in the vertical slope section of the characteristics and

$$\frac{dI_D}{dV_D} \cong \frac{k}{T_K}I_D$$

Substituting $\eta = 1$ for Ge and Si in the vertical-rise section of the characteristics, we obtain

$$k = \frac{11,600}{\eta} = \frac{11,600}{1} = 11,600$$

and at room temperature,

$$T_K = T_C + 273^\circ = 25^\circ + 273^\circ = 298^\circ$$

so that

$$\frac{k}{T_K} = \frac{11,600}{298} \cong 38.93$$

and

$$\frac{dI_D}{dV_D} = 38.93 I_D$$

Flipping the result to define a resistance ratio ($R = V/I$) gives us

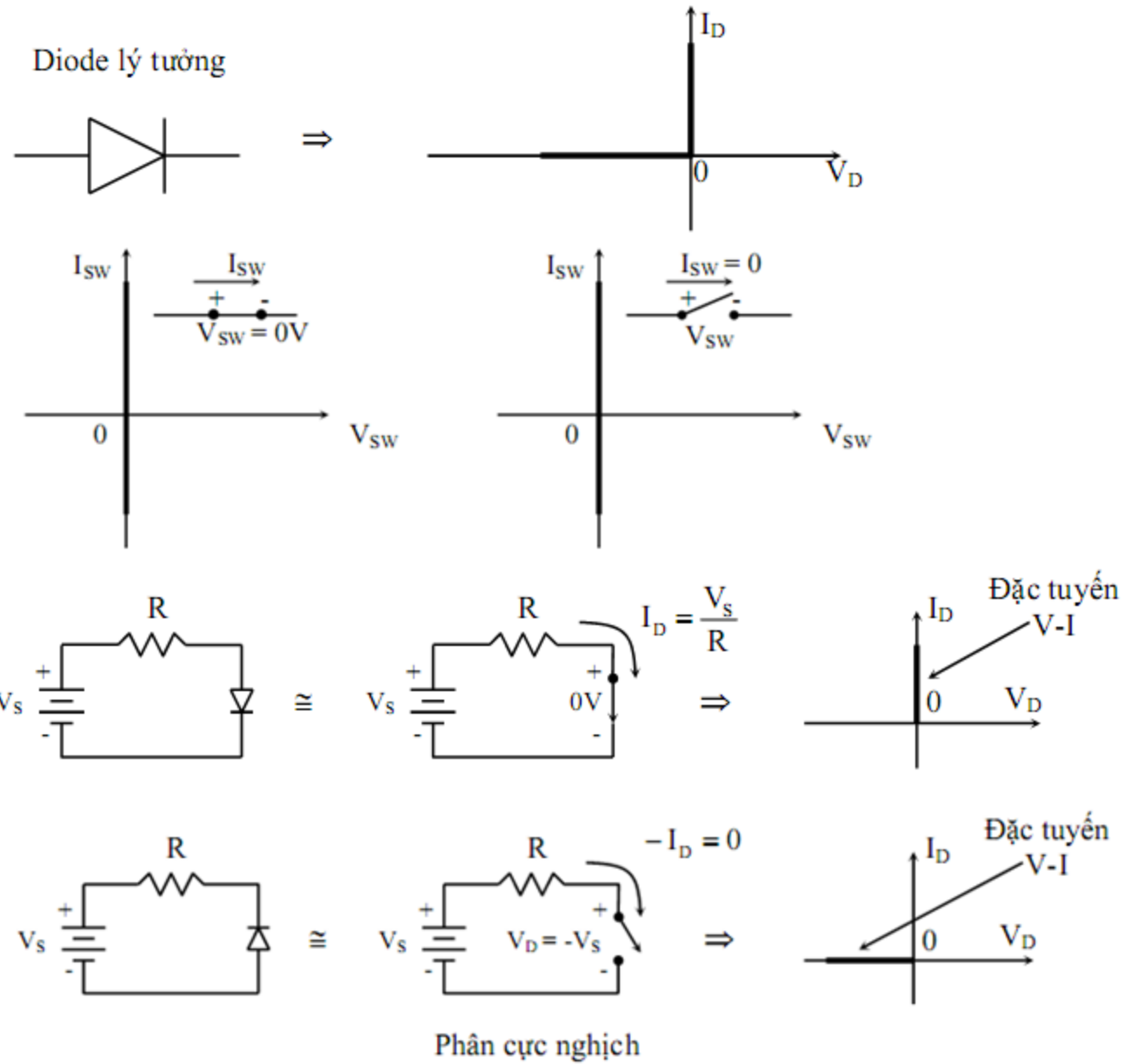
$$\frac{dV_D}{dI_D} \cong \frac{0.026}{I_D}$$

or

$$r_d = \frac{26 \text{ mV}}{I_D} \quad \text{Ge, Si}$$


5. Diode lí tưởng:

Là như điện áp rơi trên diod khi phân cực thuận bằng 0, nội trở không đáng kể, khi phân cực nghịch, dòng rỉ cũng không đáng kể. Khi đó diod được xem như một công tắc (switch): đóng mạch khi được PCT và hở mạch khi PCN.





a. Hình dạng

- Các loại D khác nhau có hình dạng và kí hiệu khác nhau.

anode cathode

diode symbol


varicap


light emitting


zener

Some diode circuit symbols

6. Cách kiểm tra Diode

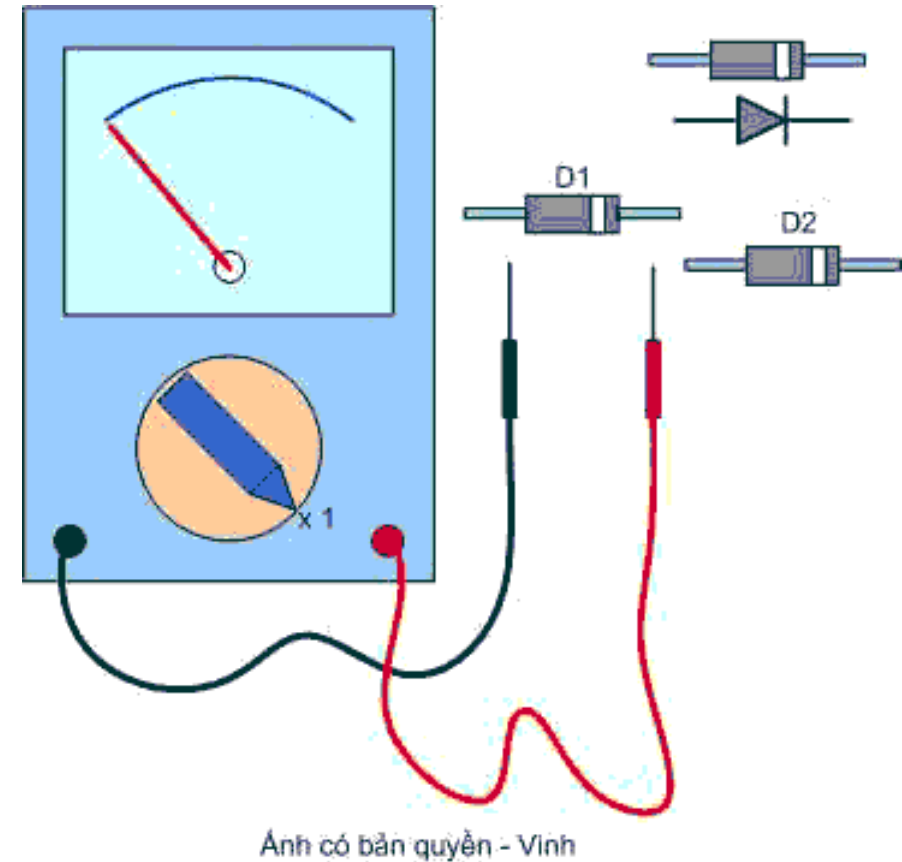
Dùng đồng hồ V.O.M thang đo Ω với $R \times 1$ để kiểm tra

D1: tốt

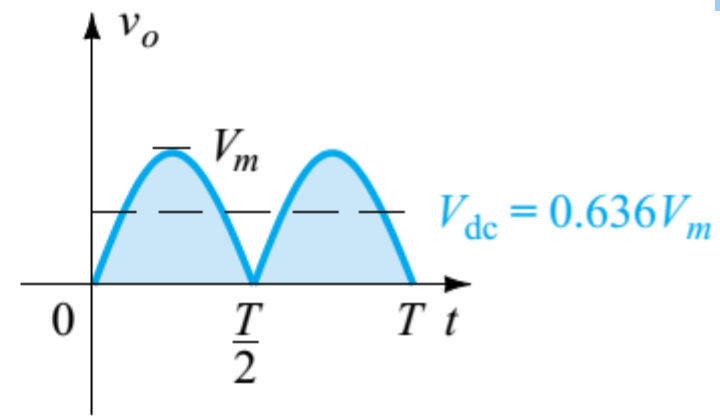
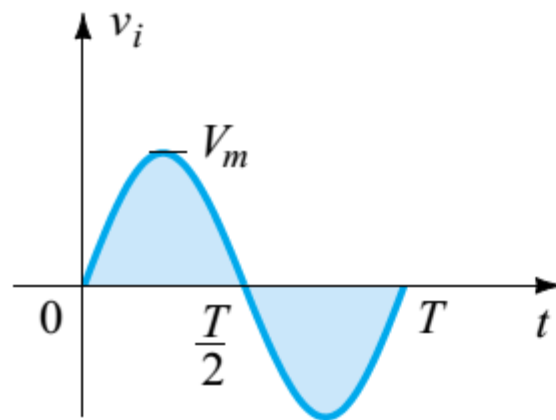
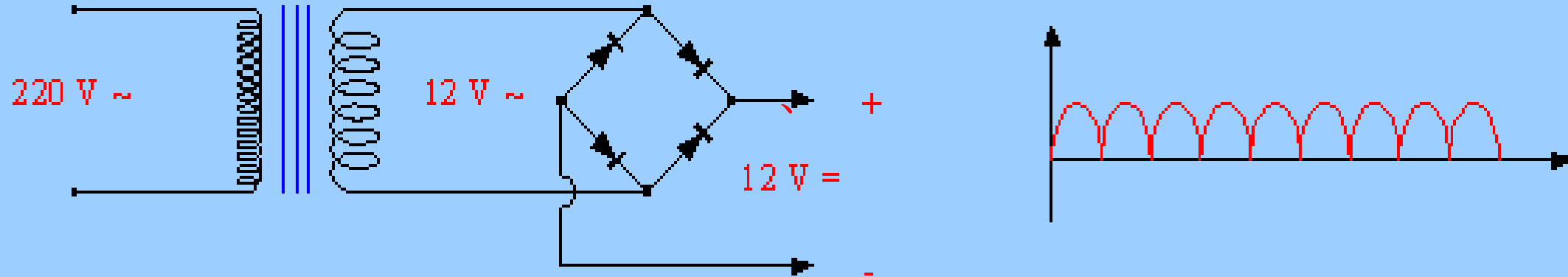
D2: ngắn mạch

D3: hở mạch

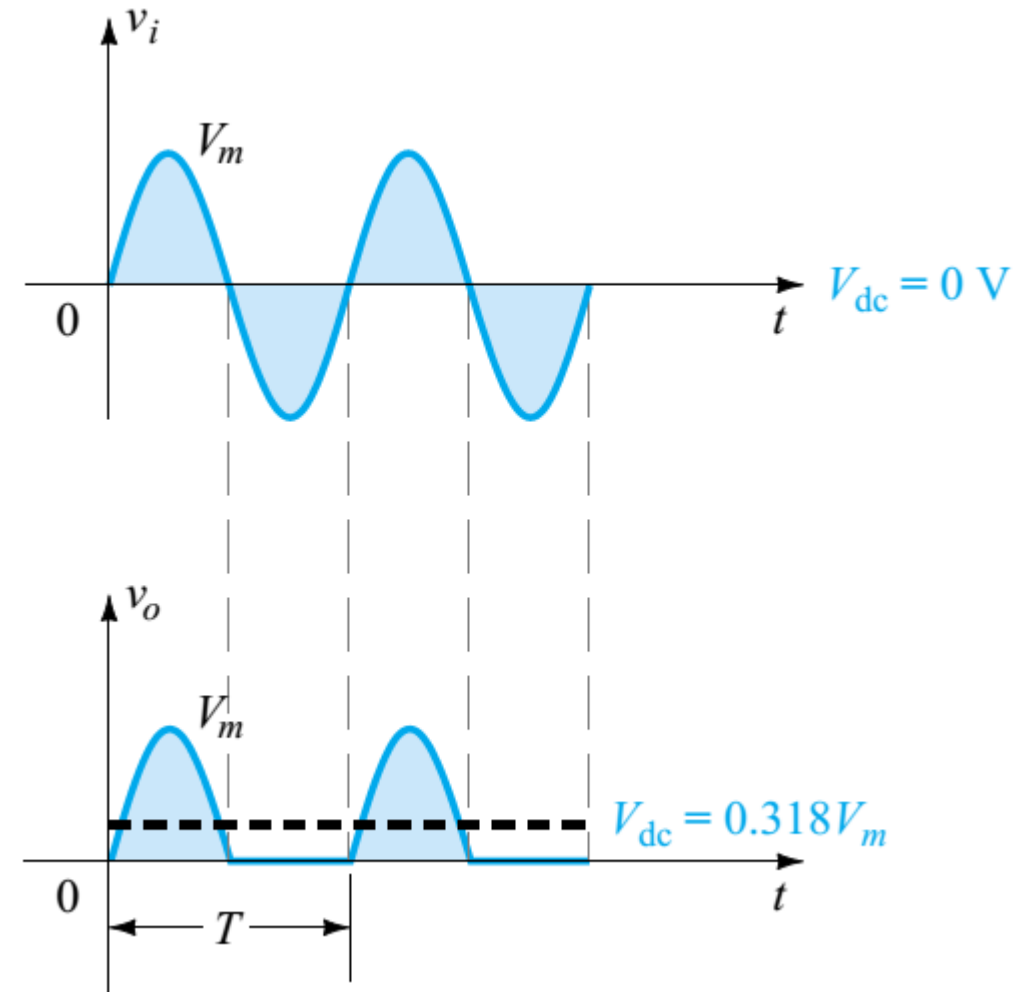
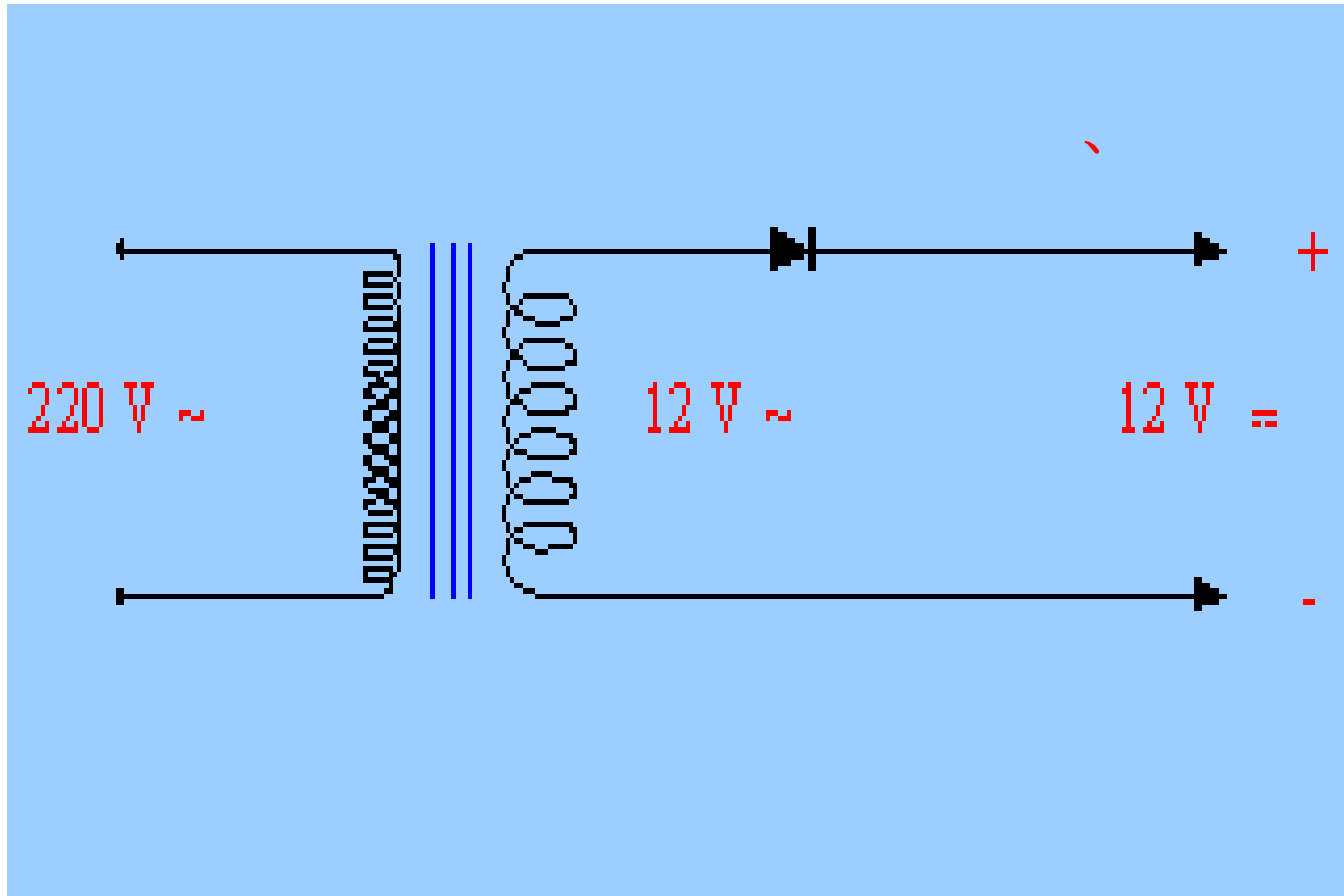
Chất	Điện trở thuận	Điện trở nghịch
<i>Si</i>	<i>Vài $K\Omega$</i>	<i>Vô cực Ω</i>
<i>Ge</i>	<i>Vài trăm Ω</i>	<i>Vài trăm $K\Omega$</i>



III. ỨNG DỤNG CỦA DIODE



III. ỨNG DỤNG CỦA DIODE



IV. PHÂN LOẠI DIODE

1. Diode chỉnh lưu:

Thông dụng nhất.

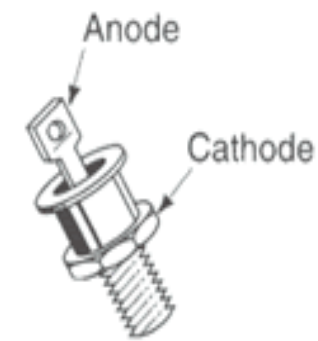
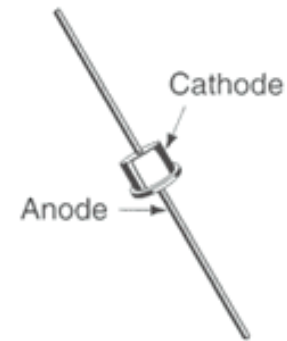
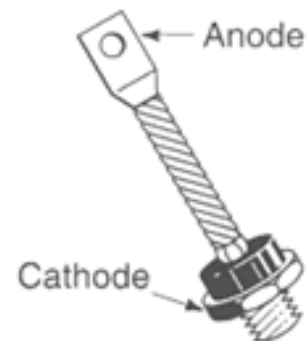
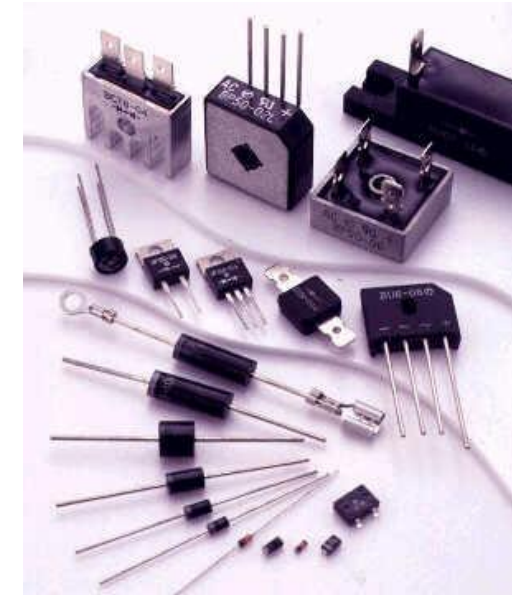
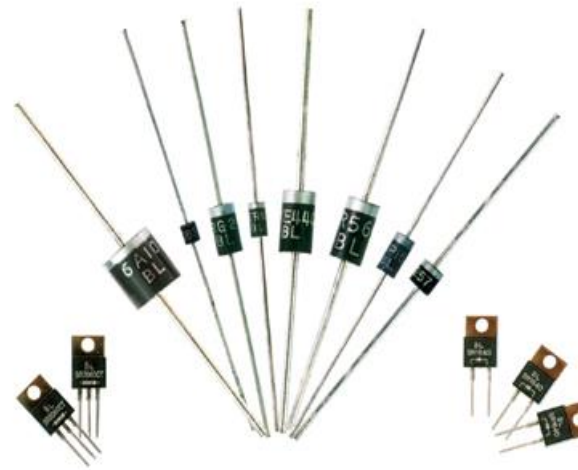
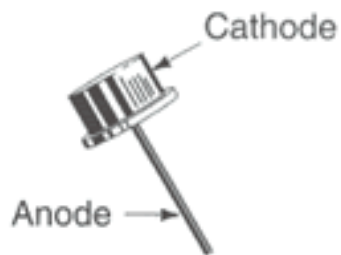
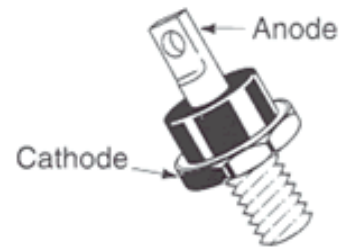
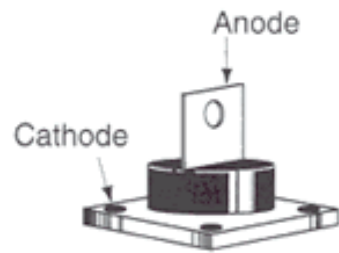
Biến đổi điện áp xoay chiều sang điện áp một chiều.

Dòng chịu đựng được dòng từ vài trăm mA đến vài trăm ampere.

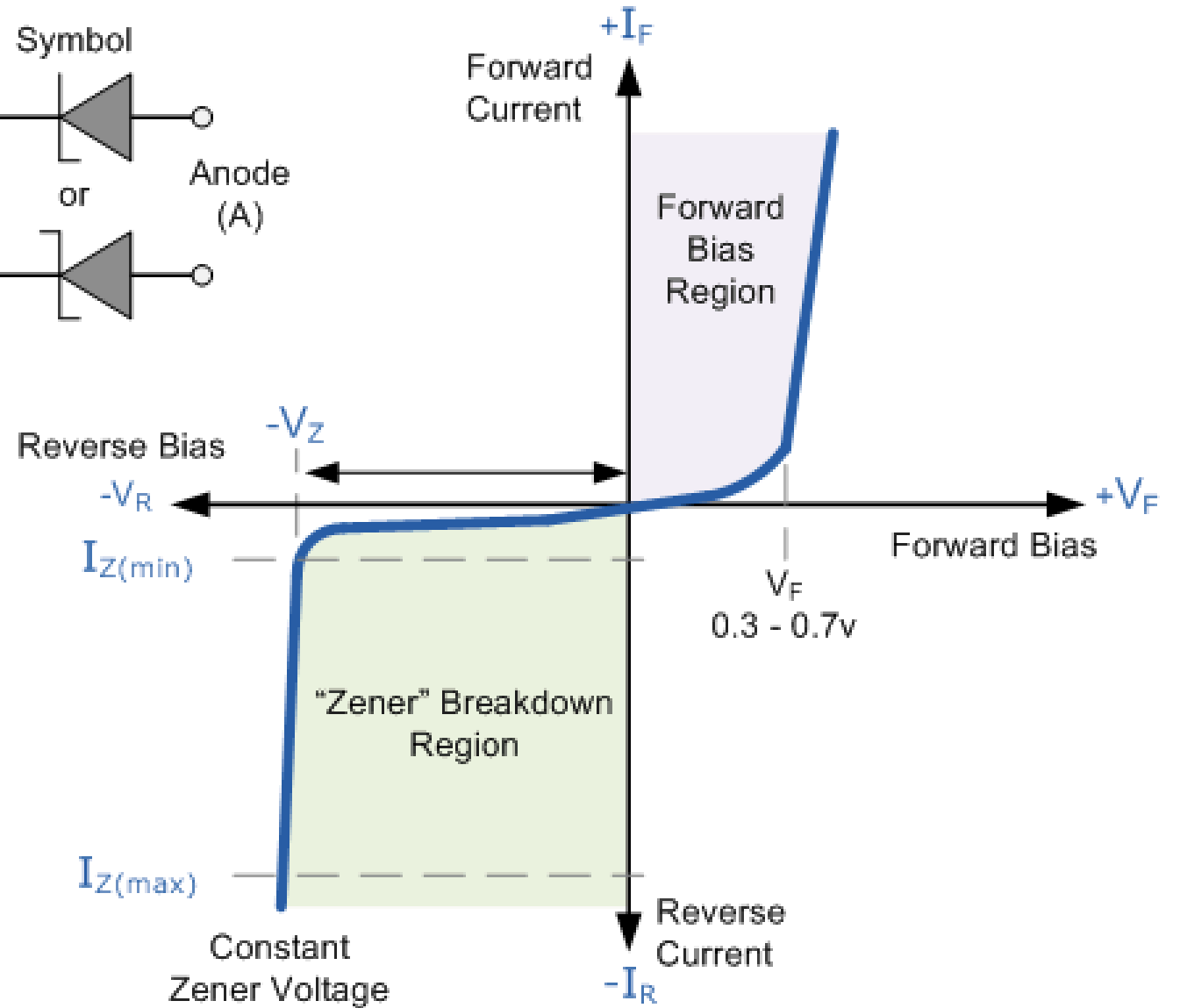
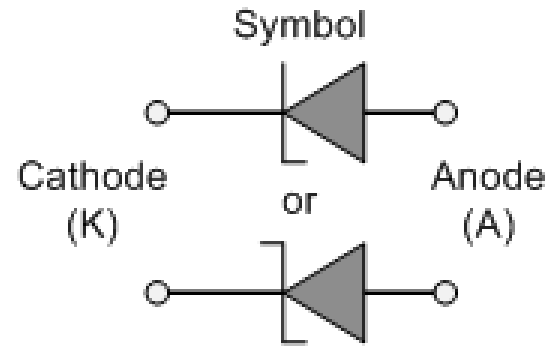
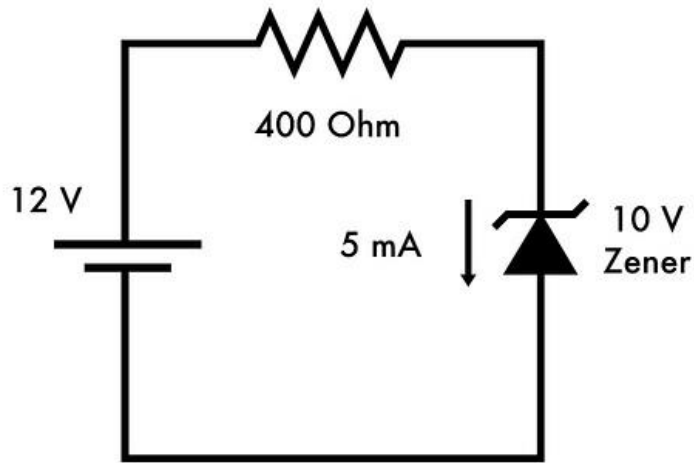
Chủ yếu là loại Si.

Hai đặc tính kỹ thuật cơ bản là dòng thuận tối đa và điện áp ngược tối đa (Điện áp sụp đổ).

HÌNH DẠNG DIODE CHỈNH LƯU



2. Diode Zener

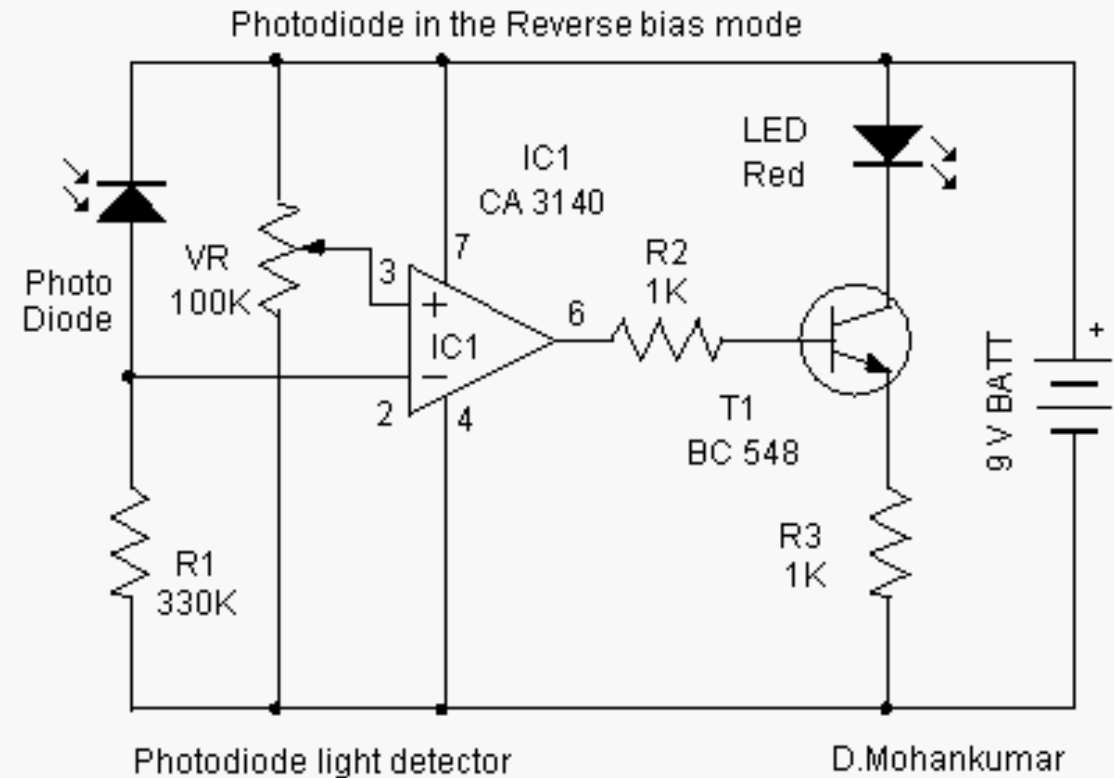
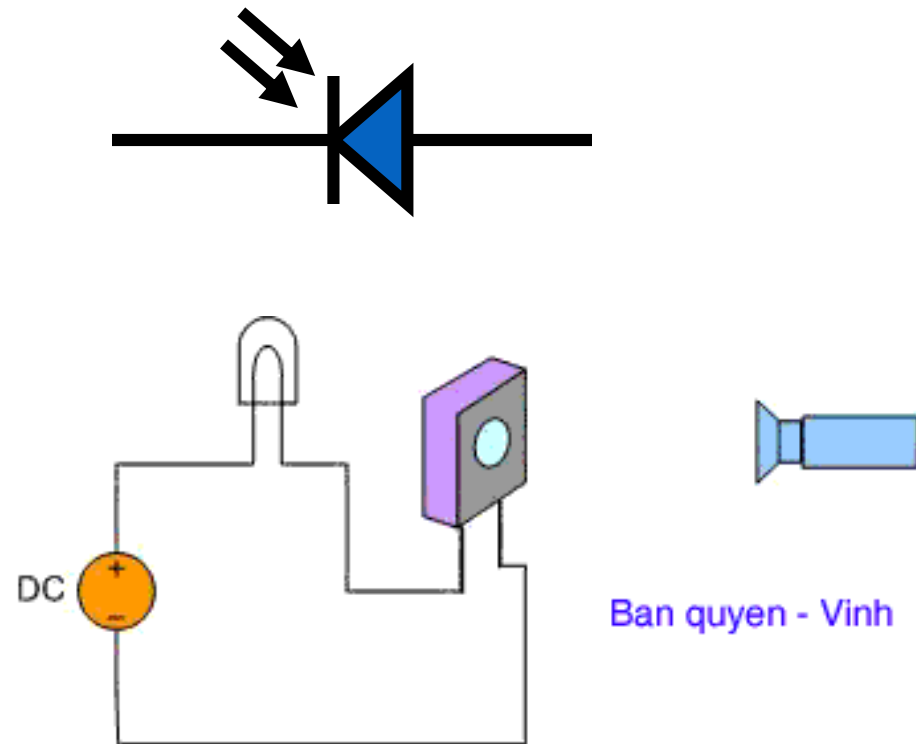


Diode Zener

- Diode Zener có cấu tạo giống diode chỉnh lưu nhưng được pha tạp chất với tỷ lệ cao hơn và thường dùng chất bán dẫn Si.
- Ở trạng thái PCT: D_Z có đặc tính giống như D chỉnh lưu thông thường.
- Ở trạng thái PCN: do được pha với tỷ lệ tạp chất cao hơn nên điện áp ngược có trị số thấp hơn so với Diode chỉnh lưu gọi là điện áp Zener V_Z (VD: 5V; 6v; 8v; 9v; 12v... Khi PCN đến trị số V_Z thì dòng điện qua D_Z tăng mà điện áp không tăng.
- D_Z thường được ứng dụng làm linh kiện ổn định điện áp trong mạch có điện áp nguồn thay đổi.

3. Diode quang (*photo diode*)

- Photo diode có cấu tạo giống D chỉnh lưu nhưng có một phần vỏ bọc cách điện là kính hoặc thủy tinh trong suốt để nhận ánh sáng chiếu vào mối nối P-N.
- Mối nối P- N phân cực nghịch khi được chiếu sáng vào mặt tiếp giáp sẽ phát sinh hạt tải thiểu số qua mối nối và dòng điện biến đổi một cách tuyến tính với cường độ ánh sáng (lux) chiếu vào nó.



Photodiode is connected in the Reverse bias mode and small leakage current flows through it and R1. When the light level is high, reverse current increases and pin2 gets more current than pin3. Output of IC1 remains low. T1 and LED remains off. When the light on the Photodiode reduces, current at pin2 decreases and output of IC1 becomes high to trigger T1 and LED lights. Adjust VR at the particular light level so as to make LED off.

- Khi bị che tối: $R_{nghịch} = \text{vô cực } \Omega$; $R_{thuận} = \text{rất lớn}$.
- Khi chiếu sáng: $R_{nghịch} 10 \text{ k}\Omega \div 100 \text{ k}\Omega$; $R_{thuận} = \text{vài trăm } \Omega$.
- Diode quang thường được dùng trong các hệ thống tự động điều khiển bằng ánh sáng, báo cháy...

4. Diode phát quang (*LED: Light Emitting Diode*)

- Thông thường khi dòng điện đi qua vật dẫn điện sẽ phát sinh ra năng lượng dưới dạng nhiệt.
- Ở một số chất bán dẫn đặc biệt như GaAs, khi có dòng điện đi qua chất này thì có hiện tượng bức xạ quang (phát ra ánh sáng).
- Tùy theo chất bán dẫn mà ánh sáng phát ra có màu sắc khác nhau.
- Led có điện áp phân cực thuận cao hơn Diode chỉnh lưu nhưng điện áp phân cực ngược cực đại lại không cao.

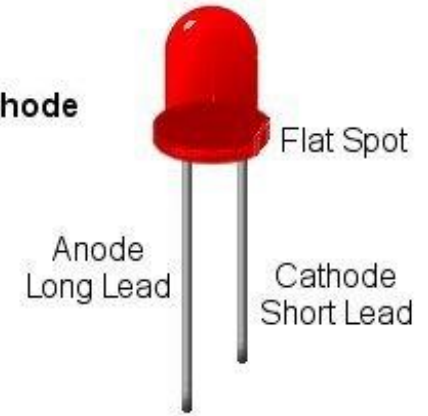
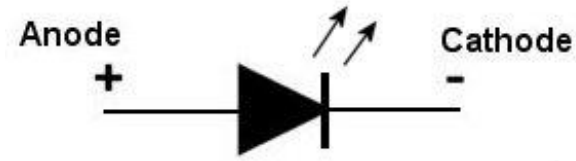
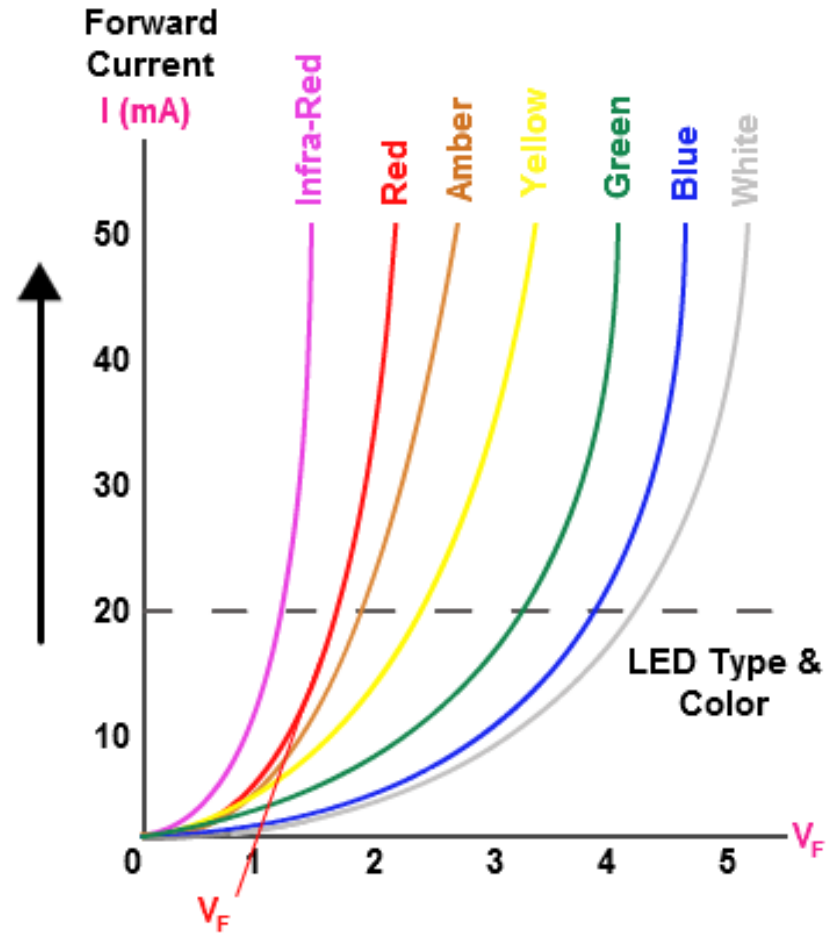
Typical LED Characteristics			
Semiconductor Material	Wavelength	Colour	V_F @ 20mA
GaAs	850-940nm	Infra-Red	1.2v
GaAsP	630-660nm	Red	1.8v
GaAsP	605-620nm	Amber	2.0v
GaAsP:N	585-595nm	Yellow	2.2v
AlGaP	550-570nm	Green	3.5v
SiC	430-505nm	Blue	3.6v
GaInN	450nm	White	4.0v

Typical LED Characteristics			
Semiconductor Material	Wavelength	Colour	$V_F @ 20\text{mA}$
GaAs	850-940nm	Infra-Red	1.2v
GaAsP	630-660nm	Red	1.8v
GaAsP	605-620nm	Amber	2.0v
GaAsP:N	585-595nm	Yellow	2.2v
AlGaP	550-570nm	Green	3.5v
SiC	430-505nm	Blue	3.6v
GaInN	450nm	White	4.0v

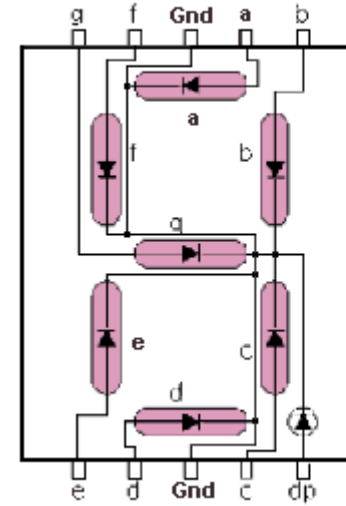
Semiconductor Materials

Colors

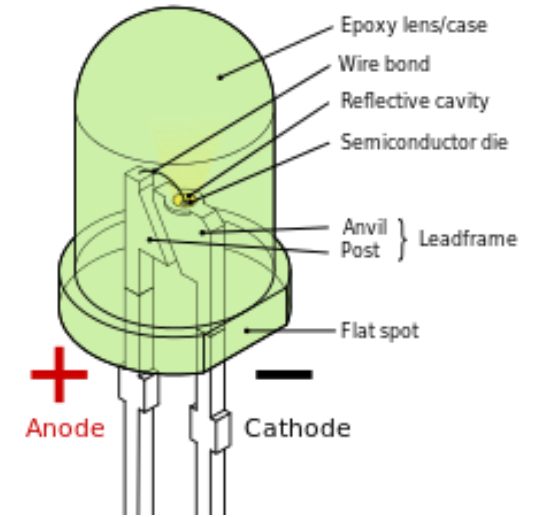
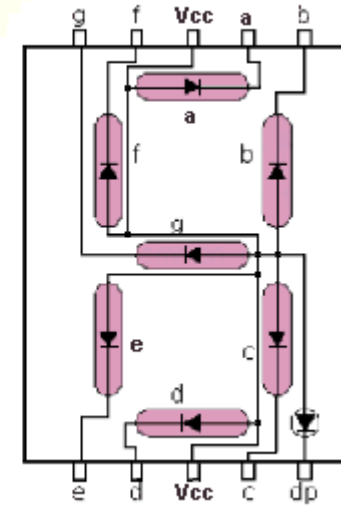
Aluminum gallium arsenide (AlGaAs)	Red and infrared
Aluminum gallium phosphide (AlGaP)	Green
Aluminum gallium indium phosphide (AlGaInP)	Bright orange red, orange, yellow
Aluminum gallium nitrate (AlGaN)	Near to far ultraviolet
Aluminum nitrate (AlN)	Near to far ultraviolet
Diamond (C)	Ultraviolet
Gallium arsenide phosphide (GaAsP)	Red, orange and red, orange, yellow
Gallium phosphide (GaP)	Red, yellow, green
Gallium nitrate (GaN)	Green, emerald green
Indium gallium nitrate (InGaN)	Bluish green, blue, near ultraviolet
Silicon carbide (SiC)	Blue
Zinc selenide (ZnSe)	Blue



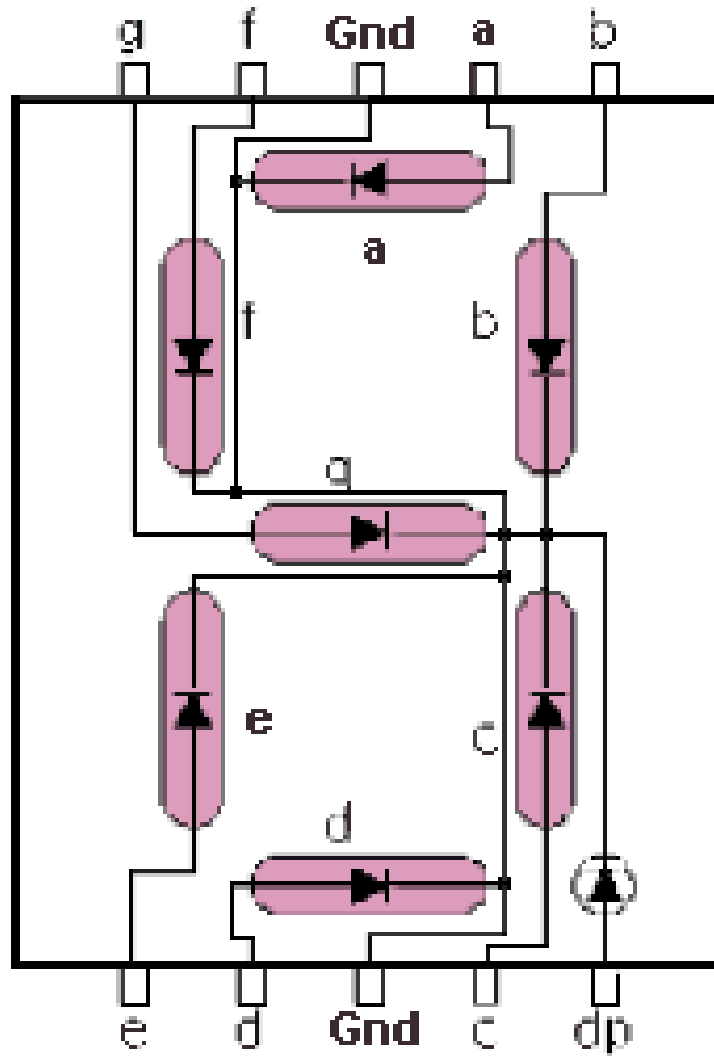
Common Cathode



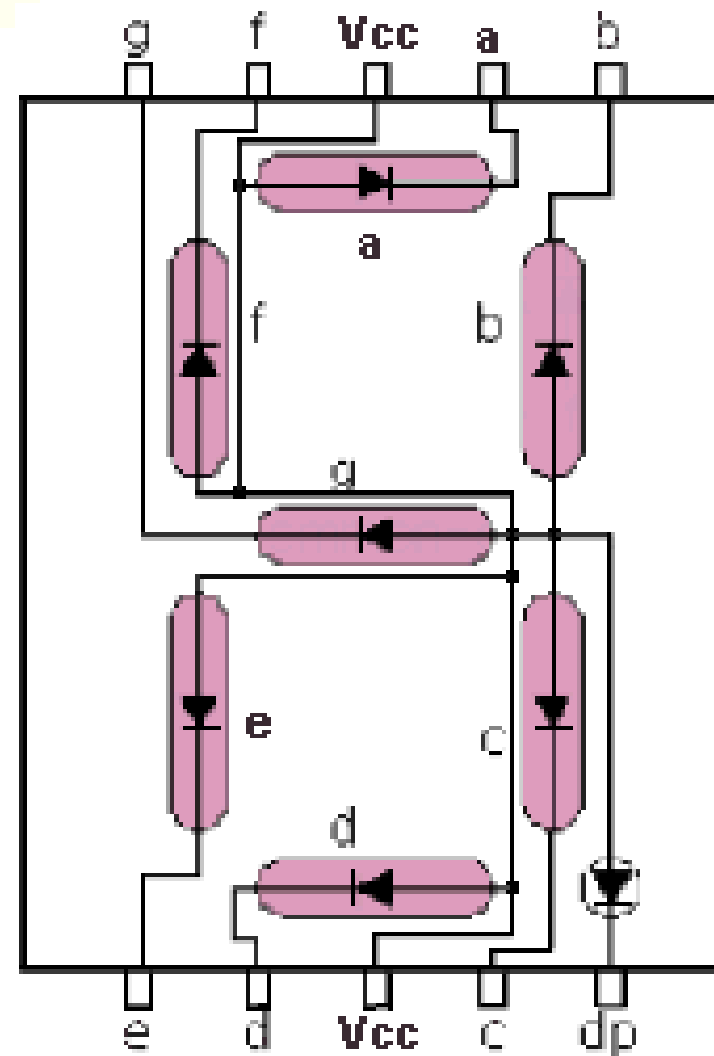
Common Anode



Common Cathode

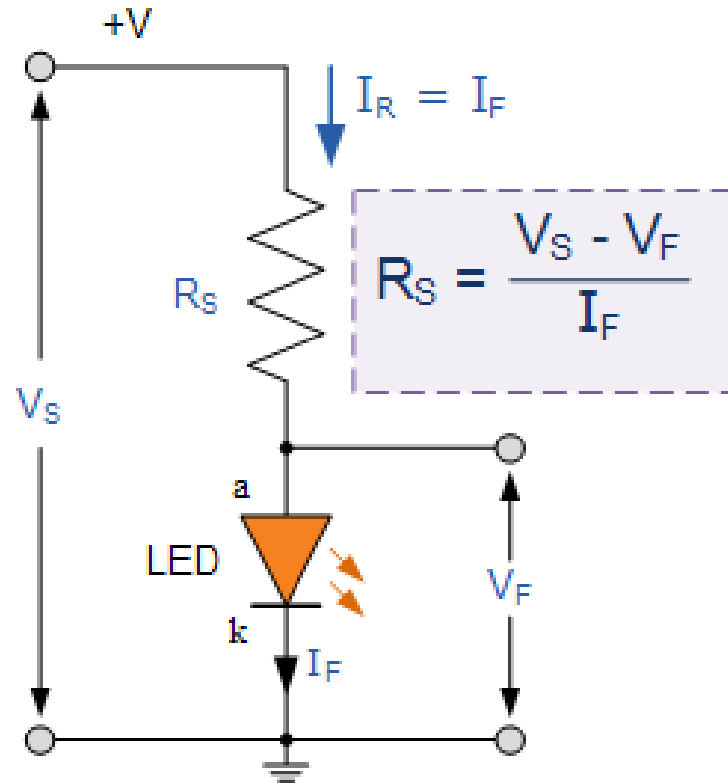


Common Anode

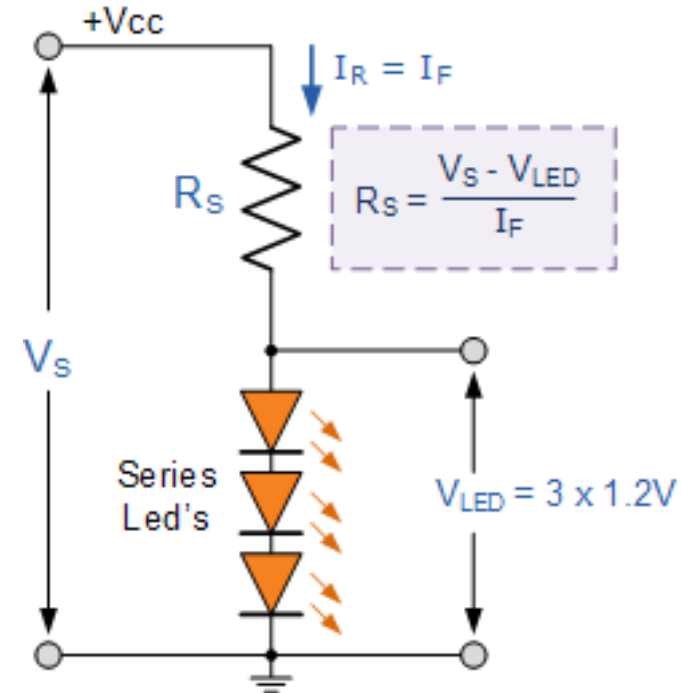


- Khi phân cực thuận:
 - Led đỏ: $V_D = 1,4V \div 1,8V$
 - Led vàng: $V_D = 2V \div 2,5V$
 - Led xanh lá: $V_D = 2V \div 2,8V$
- Dòng điện qua led: $I_D = 5mA \div 20mA$ (thường chọn 10 mA).
- Led thường được dùng trong các mạch báo hiệu, chỉ thị trạng thái của mạch...

TÍNH ĐIỆN TRỞ HẠN DÒNG CHO LED



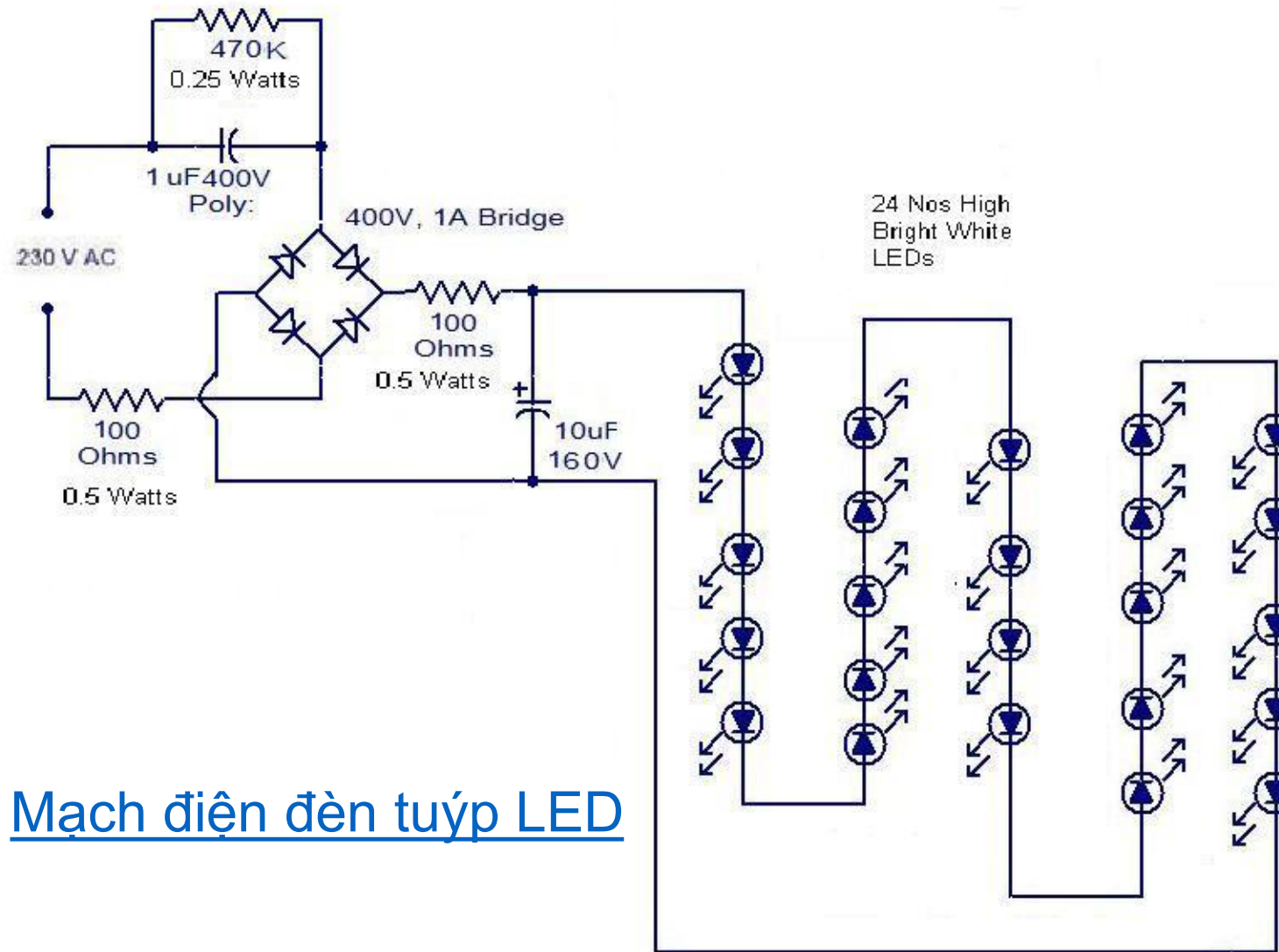
$$R_S = \frac{V_S - V_F}{I_F} = \frac{5\text{v} - 2\text{v}}{10\text{mA}} = \frac{3}{10 \times 10^{-3}} = 300\Omega$$



$$V_{LED} = 3 \times 1.2\text{volts} = 3 \times 1.2\text{v} = 3.6\text{v}$$

$$R_S = V_S - V_{LED} = 5 - 3.6 = 1.4\text{volts}$$

$$\therefore R_S = \frac{1.4\text{v}}{10\text{mA}} = 140\Omega$$



Mạch điện đèn tuýp LED

Super bright LED night light

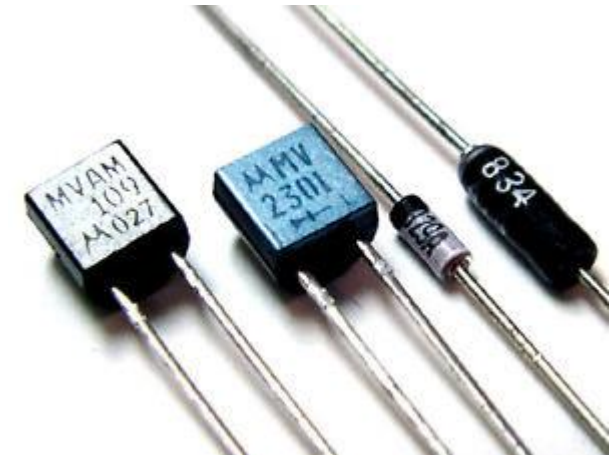
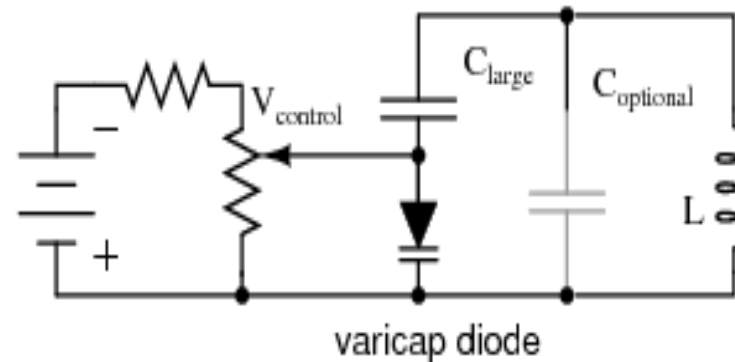
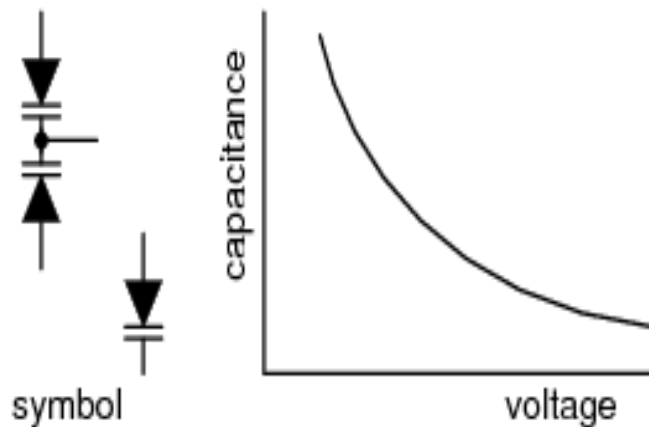
www.circuitstoday.com

4. Diode biến dung (*Varicap*):

- Là loại diode có điện dung ký sinh thay đổi theo điện áp phân cực.
- Dựa vào cấu tạo của diode ta thấy ở tại mỗi nối P-N có hàng rào điện áp, khoảng này coi như một lớp cách điện có tác dụng như lớp điện môi trong tụ điện và hình thành tụ điện ký sinh (*ký hiệu là C_D*). Điện dung C_D có trị số được tính theo công thức:

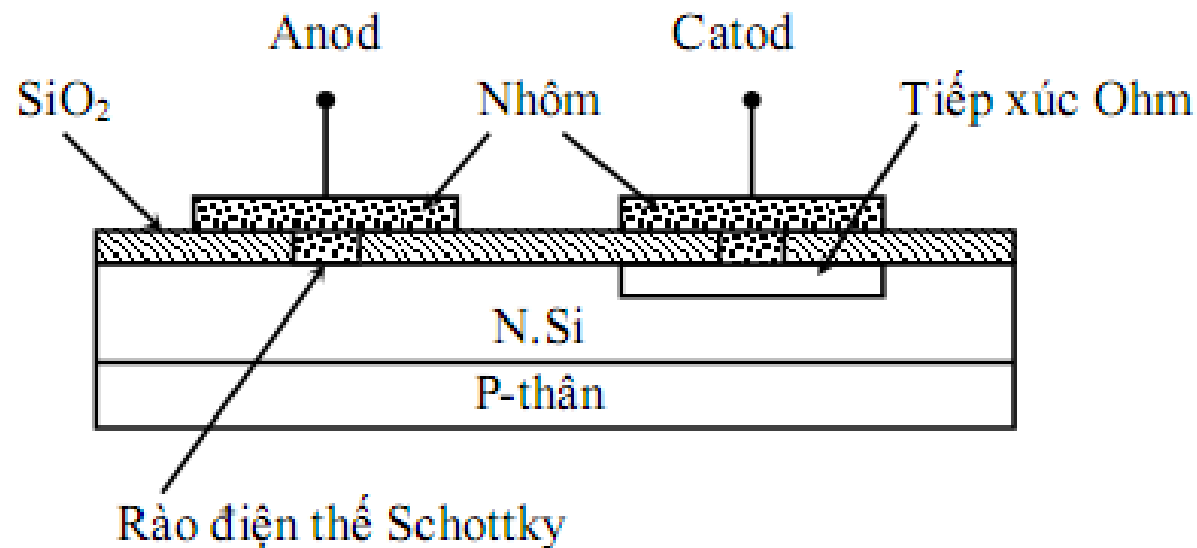
$$C_D = \varepsilon \frac{S}{d}$$

Diode biến dung được sử dụng được sử dụng như một tụ điện biến đổi được để thay đổi tần số của mạch cộng hưởng.

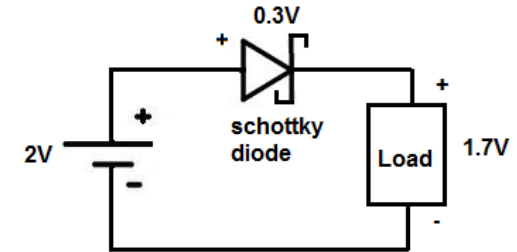
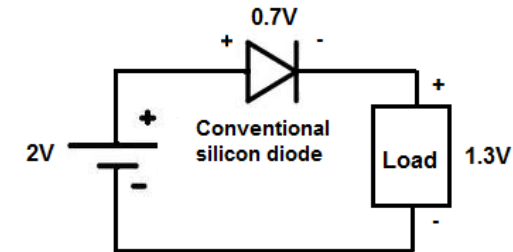
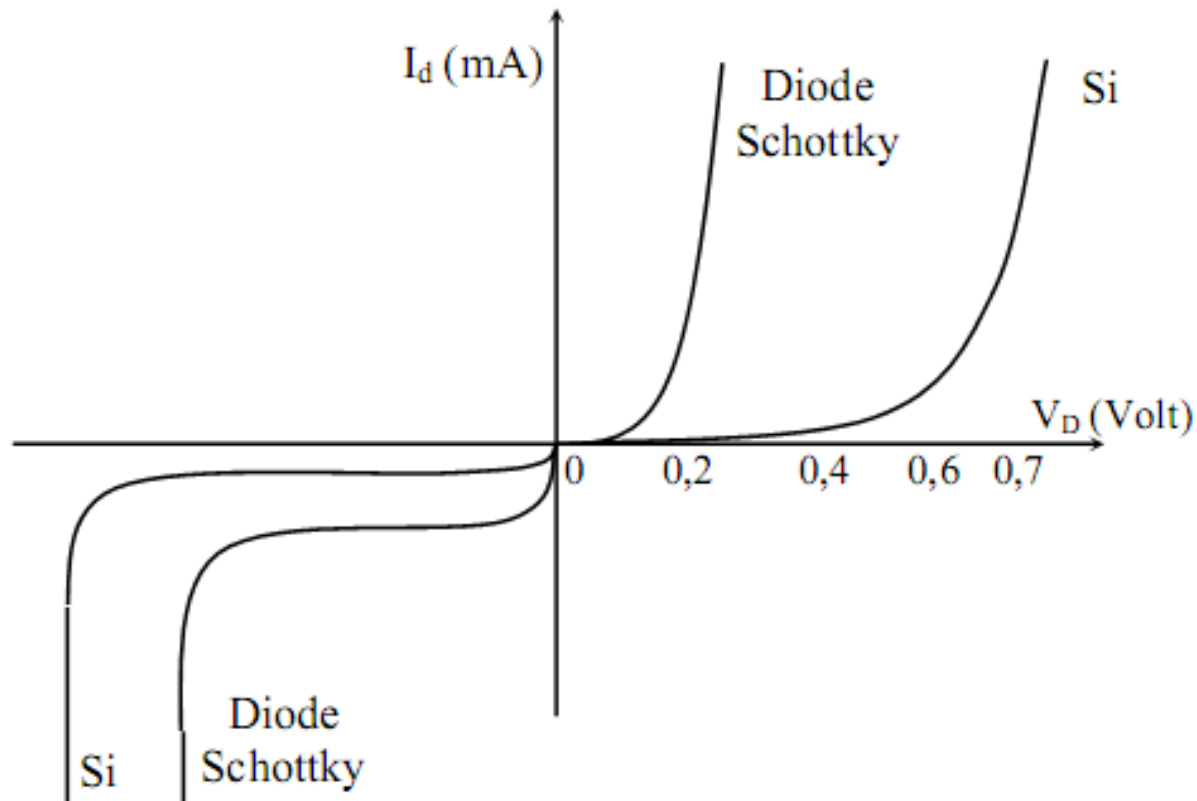


5. Diode schottky:

Dạng sóng ngõ ra của mạch chỉnh lưu chịu sự ảnh hưởng của thời gian chuyển. Để rút ngắn thời gian hồi phục, các hạt tải điện phải di chuyển nhanh, vùng hiếm phải hẹp. Ngoài ra, còn phải tạo điều kiện cho sự tái hợp giữa lỗ trống và điện tử dễ dàng và nhanh chóng hơn. Đó là nguyên tắc của diode schottky.



Do thời gian hồi phục rất nhỏ (đổi trạng thái nhanh) nên diode schottky được dùng rất phổ biến trong kỹ thuật số và điều khiển.



7. Diode hầm (Tunnel diode):

Được chế tạo lần đầu tiên vào năm 1958 bởi Leo-Esaki nên còn được gọi là diode Esaki. Đây là một loại diode đặc biệt. Diode hầm có nồng độ tạp chất rất lớn (cả vùng P lẫn vùng N).

Đặc tuyến V-I có dạng như sau:

