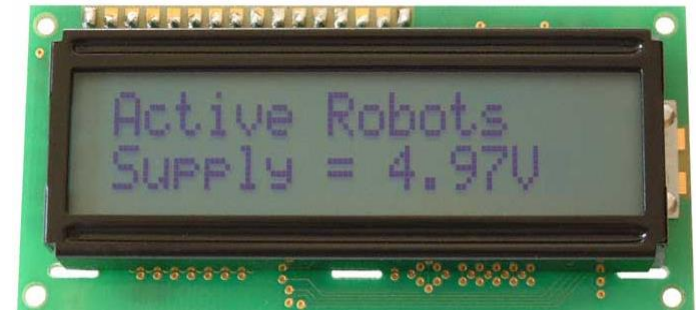
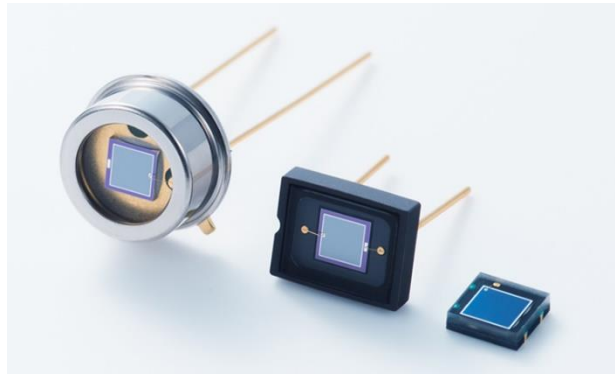


CHƯƠNG 6.

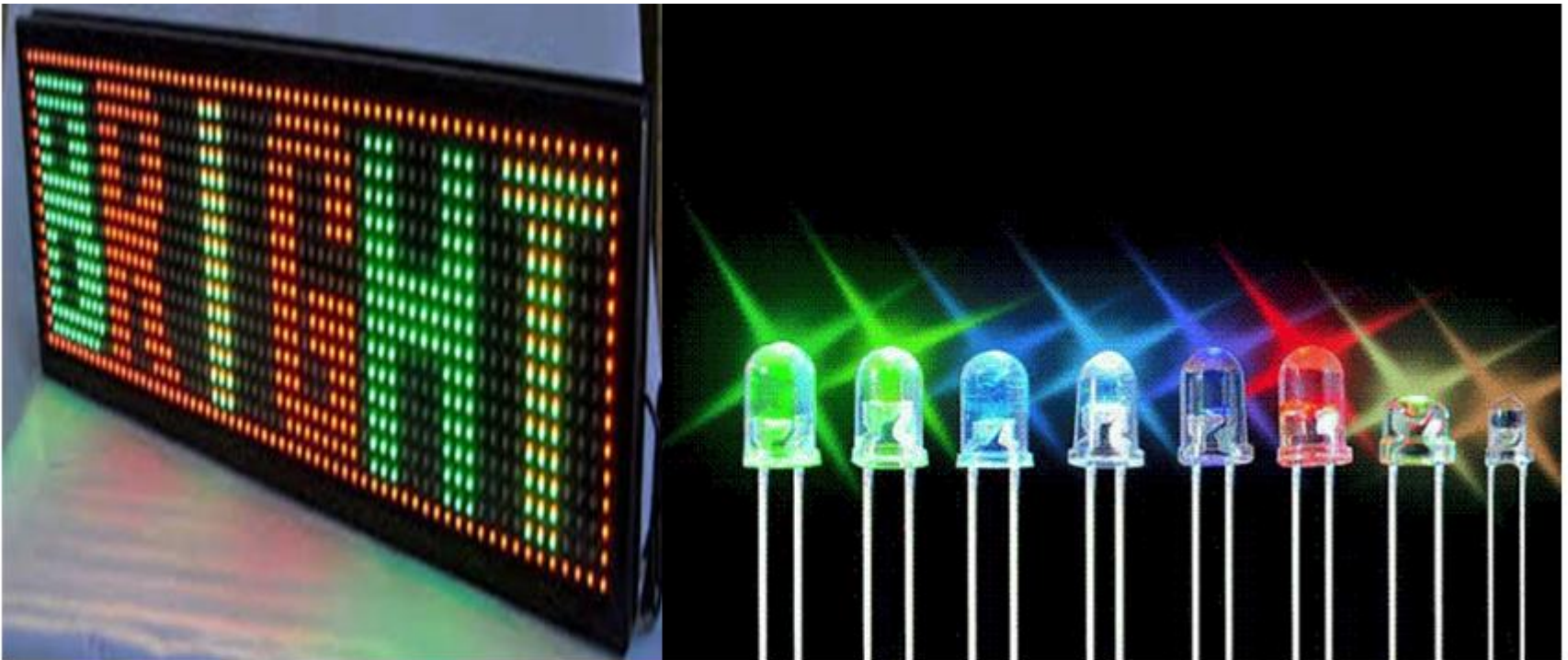
LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ



NỘI DUNG

- ❖ **GIỚI THIỆU CHUNG**
- ❖ **LINH KIỆN BIẾN ĐỔI ĐIỆN - QUANG**
- ❖ **LINH KIỆN BIẾN ĐỔI QUANG - ĐIỆN**
- ❖ **BỘ GHÉP QUANG**

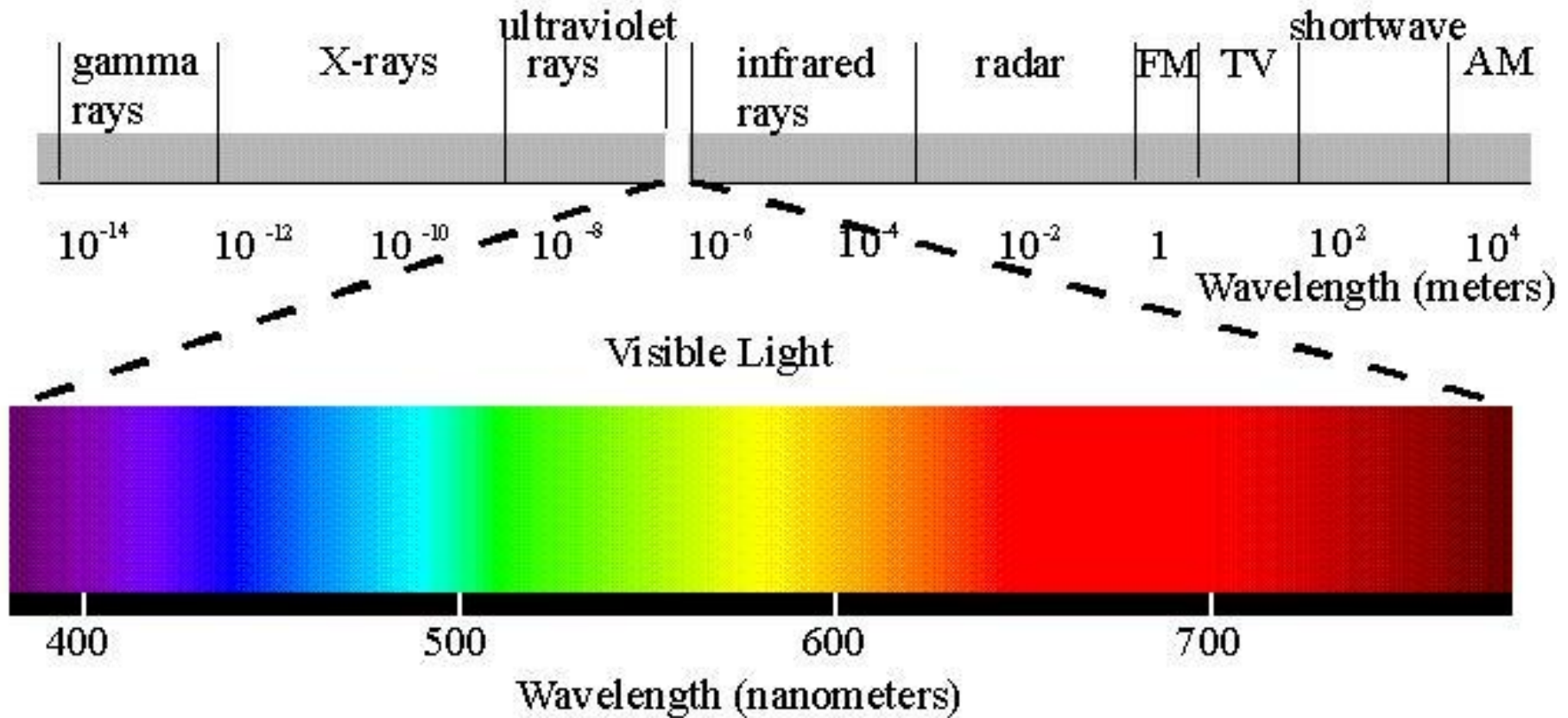
GIỚI THIỆU CHUNG VỀ LINH KIỆN QUANG ĐIỆN TỬ



Khái niệm linh kiện quang điện tử

- ❖ Linh kiện quang điện tử là linh kiện hoạt động dựa trên sự tương tác giữa ánh sáng và tín hiệu điện.
- ❖ Ánh sáng được đề cập đến ở đây là dải bức xạ điện từ có bước sóng từ *50nm đến 100μm* và được chia là 3 vùng chính:
 - Vùng tử ngoại có bước sóng từ 50nm-380nm.
 - Vùng ánh sáng nhìn thấy được có bước sóng từ 380nm đến 780nm.
 - Vùng hồng ngoại có bước sóng từ 780nm-100μm.

Khái niệm lĩnh kiện quang điện tử



[Table of Contents](#)

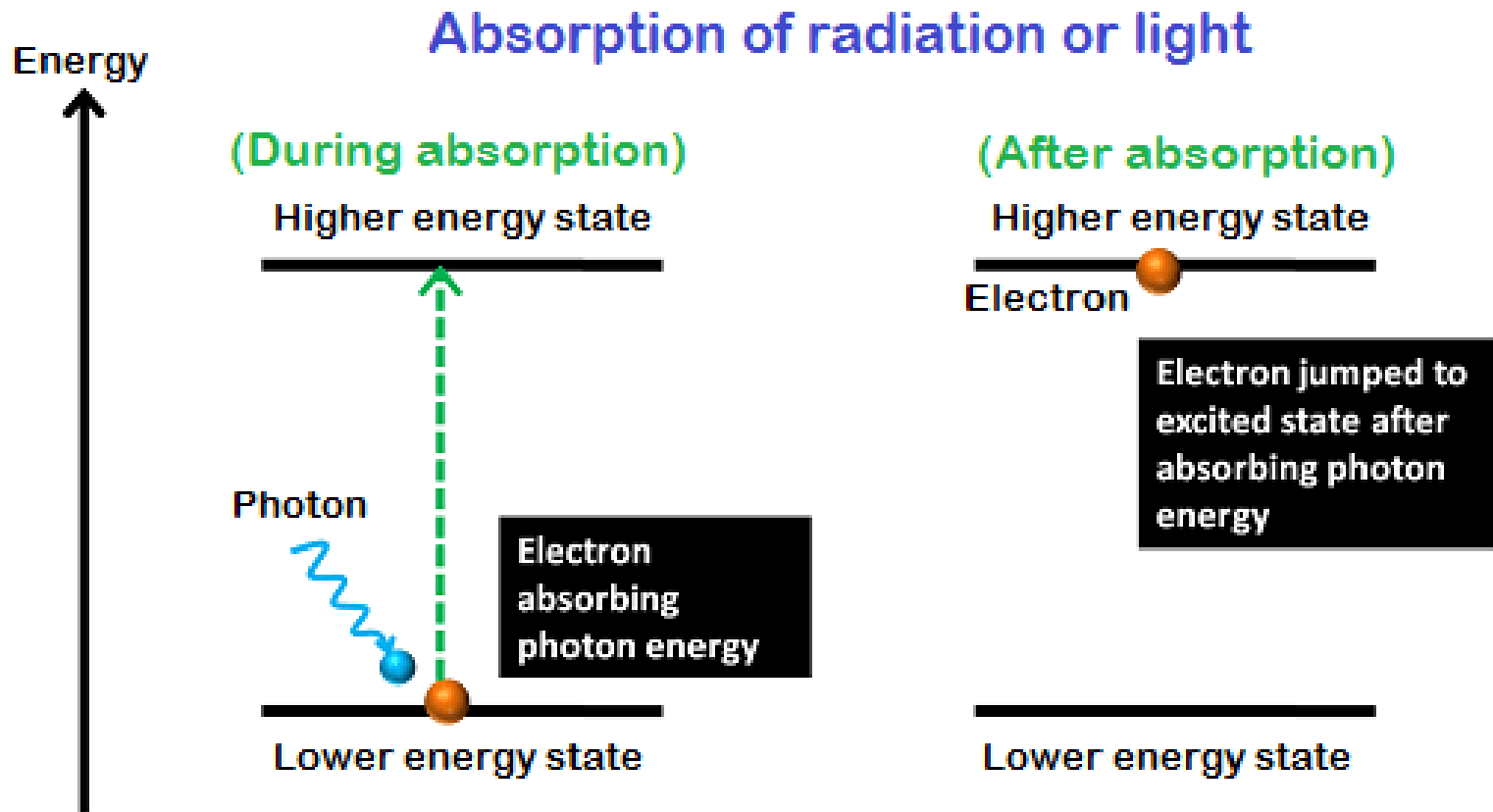
[Visual Stimulus](#)

Phân loại linh kiện quang điện tử

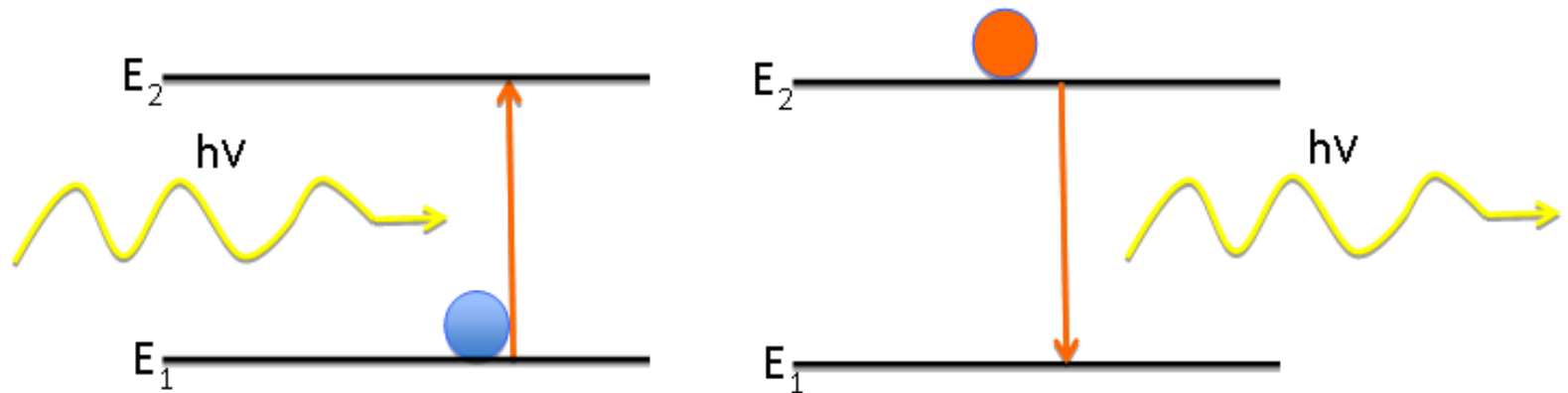
Dựa trên sự tương tác giữa ánh sáng và tín hiệu điện:

- ❖ *Linh kiện biến đổi điện-quang:* Biến đổi tín hiệu điện thành ánh sáng.
- ❖ *Linh kiện biến đổi quang-điện:* Biến đổi ánh sáng thành tín hiệu điện.
- ❖ *Linh kiện kết hợp quang-điện, điện-quang.*
- ❖ *Linh kiện không phải bán dẫn quang điện tử:* Sợi quang, LCD, ống nhân quang, ...

Sự tương tác giữa ánh sáng và vật chất

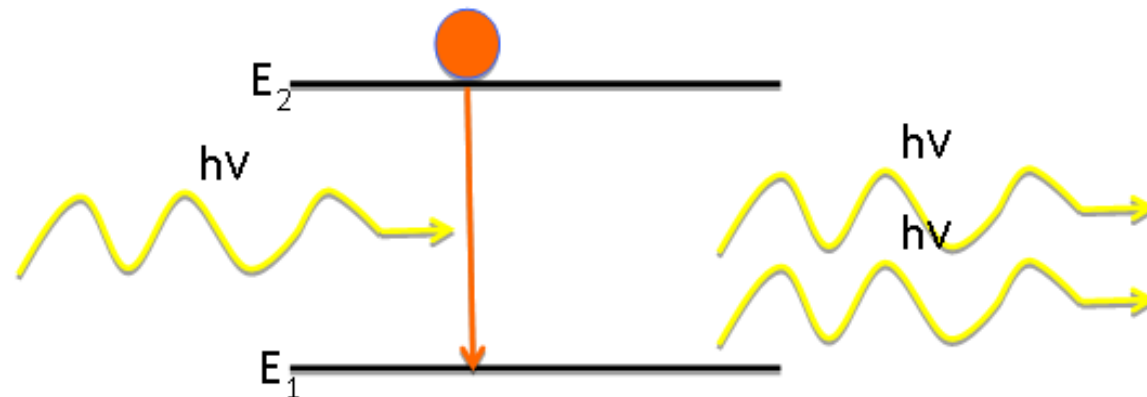


Sự tương tác giữa ánh sáng và vật chất



Absorption

Spontaneous Emission



Stimulated emission

$$E_2 - E_1 = h \frac{c}{\lambda}$$

Sự tương tác giữa ánh sáng và vật chất

- ❖ **Quá trình hấp thụ:** Photon ánh sáng tương tác với vật chất \rightarrow điện tử ở mức năng lượng cơ bản nhận năng lượng của photon và nhảy lên mức năng lượng kích thích.
- ❖ **Quá trình phát xạ tự phát:** điện tử nhảy từ mức năng lượng kích thích chuyển về mức năng lượng cơ bản và phát ra photon. Hiện tượng này xảy ra không có sự kích thích bên ngoài nào \rightarrow phát xạ tự phát (đẳng hướng, pha ngẫu nhiên).

Sự tương tác giữa ánh sáng và vật chất

❖ **Quá trình phát xạ kích thích:** Photon có năng lượng $h\nu$ tới tương tác với vật chất mà trong lúc đó có một điện tử đang còn ở trạng thái kích thích thì điện tử này được kích thích \rightarrow ngay lập tức nó nhảy về mức năng lượng cơ bản, đồng thời phát xạ ra một photon khác có năng lượng đúng bằng năng lượng của photon. Photon mới phát xạ ra này có cùng pha với photon đi đến \rightarrow phát xạ kích thích.

Vật liệu bán dẫn quang

❖ Chất bán dẫn 2 thành phần nhóm III-V:

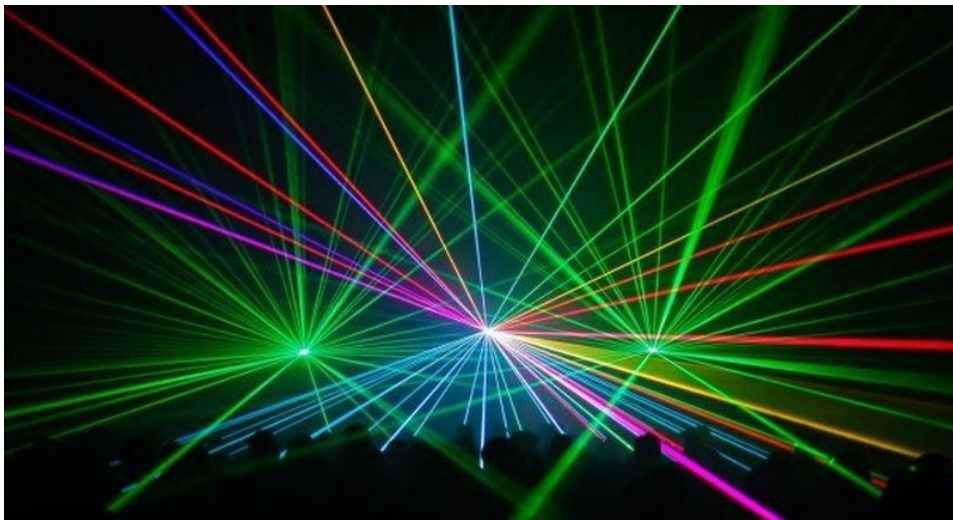
- Được dùng phổ biến do nó là bán dẫn có vùng cấm trực tiếp (vùng cấm thẳng), đặc tính quang tốt, điện tử tại gần đáy của vùng dẫn có thể dễ dàng tái hợp trực tiếp với lỗ trống gần đỉnh của vùng hóa trị, năng lượng tái hợp có thể được phát xạ ra photon ánh sáng theo cơ chế tái hợp bức xạ hay bức xạ tự phát.
- Thường là tổ hợp giữa Al, Ga, In với N, P, As, Sb. Có 9 loại hợp chất bán dẫn 2 thành phần phổ biến như sau:
AlP, AlAs, AlSb, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb.

Vật liệu bán dẫn quang

- ❖ **Hợp chất bán dẫn 3 thành phần:** 2 nguyên tố của nhóm III kết hợp với 1 nguyên tố nhóm V hoặc 1 nguyên tố nhóm III kết hợp với 2 nguyên tố của nhóm V (ví dụ $\text{Al}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As} \rightarrow$ tính chất nằm giữa AlAs và GaAs phụ thuộc vào tỉ lệ trộn, x là tỉ lệ Ga ở trong GaAs đã được thay thế bởi Al).
- ❖ **Hợp chất bán dẫn 4 thành phần:** 2 nguyên tố nhóm III kết hợp với 2 nguyên tố nhóm V \rightarrow có sự tổ hợp dễ dàng, tốt hơn so với bán dẫn 3 thành phần, vì chúng cung cấp một độ tự do lớn hơn. (VD: $\text{In}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{As}_{(1-y)}\text{P}_y$, x và y thay đổi giữa 0 và 1).

Linh kiện biến đổi điện-quang (Linh kiện phát quang)

- ❖ Biến đổi năng lượng điện thành ánh sáng.
- ❖ Một số linh kiện thông dụng:
 - Diode phát quang (LED).
 - LASER bán dẫn.



Diode phát quang (LED) chỉ thị

- ❖ Là linh kiện bán dẫn có thể phát ra ánh sáng nhìn thấy khi được phân cực thuận.
- ❖ Tùy theo vật liệu chế tạo mà ánh sáng bức xạ ra ở các vùng bước sóng khác nhau (màu sắc khác nhau).
- ❖ LED chỉ thị thường có tần số hoạt động cao, kích thước nhỏ, công suất tiêu hao nhỏ, không sụt áp khi bắt đầu làm việc, tuổi thọ cao (~ 100 ngàn giờ).
- ❖ LED không cần kính lọc mà vẫn cho ra màu sắc.
- ❖ LED chỉ thị rất rõ khi trời tối.

Diode phát quang (LED) chỉ thị

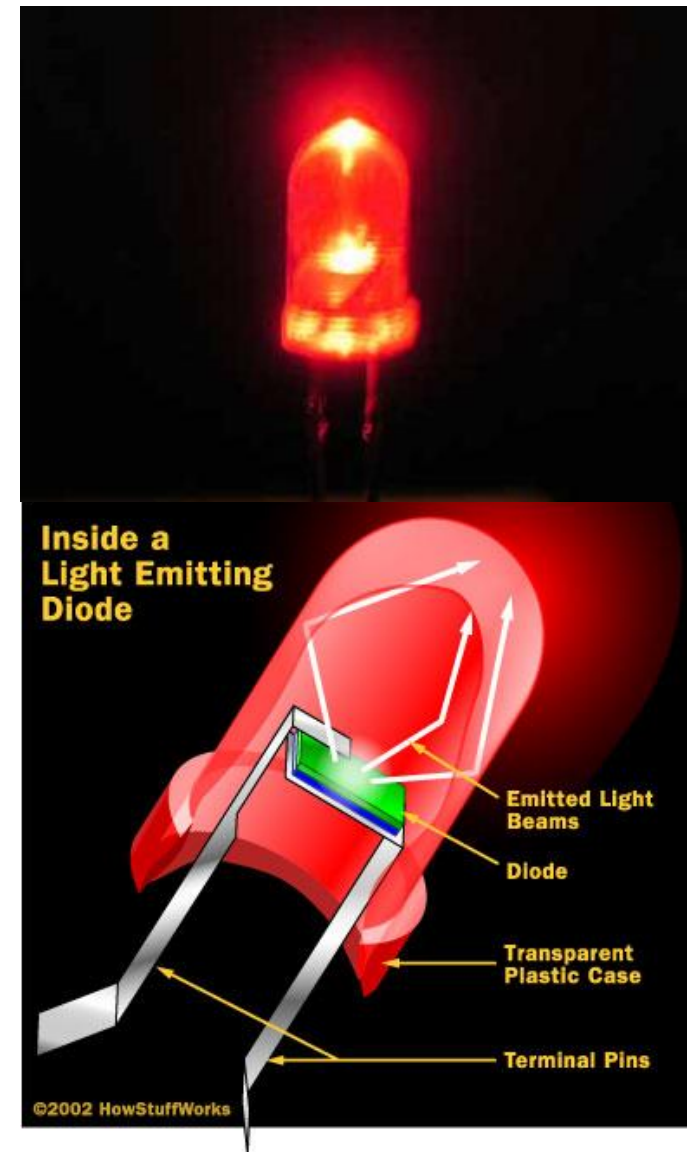
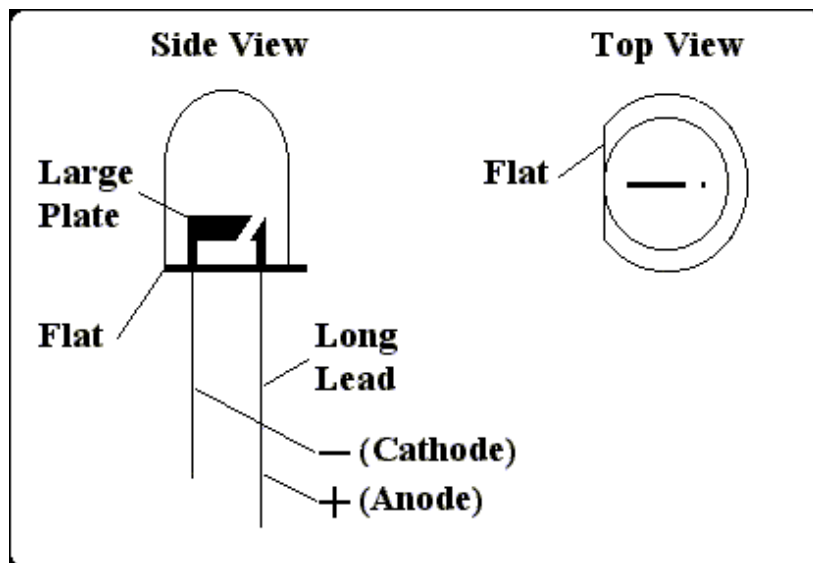
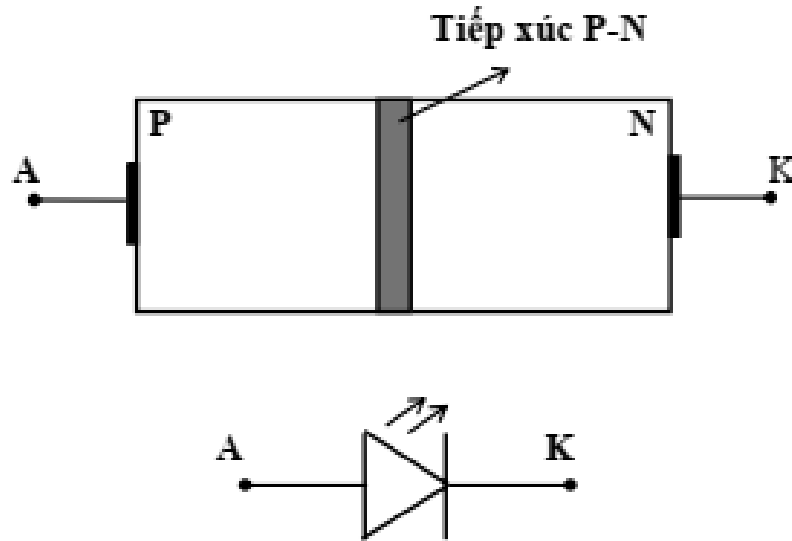
❖ *Nguyên lý hoạt động*: dựa vào hiện tượng quang điện trong và sự tái hợp trực tiếp của các hạt dẫn:

- Khi electron nhận năng lượng kích thích (nhiệt, điện, quang,...) thì nó sẽ chuyển từ mức năng lượng cơ bản (thấp) lên mức năng lượng kích thích (cao).
- Electron chỉ tồn tại ở trạng thái kích thích trong thời gian rất ngắn (10^{-8}s) rồi trở lại mức năng lượng cơ bản

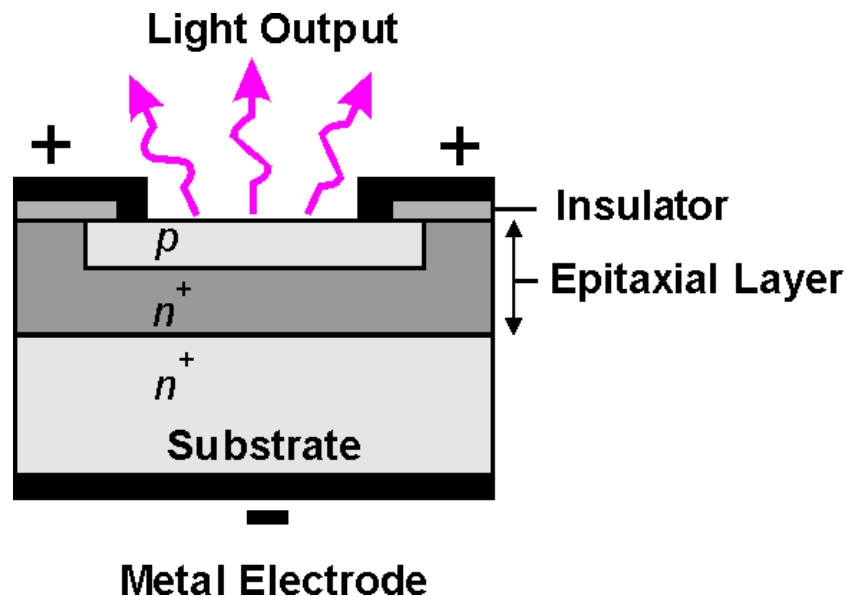
→ có sự giải phóng năng lượng dưới dạng ánh sáng, trong đó

$f = (E_i - E_k) / h$, $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$ là hằng số Plank.

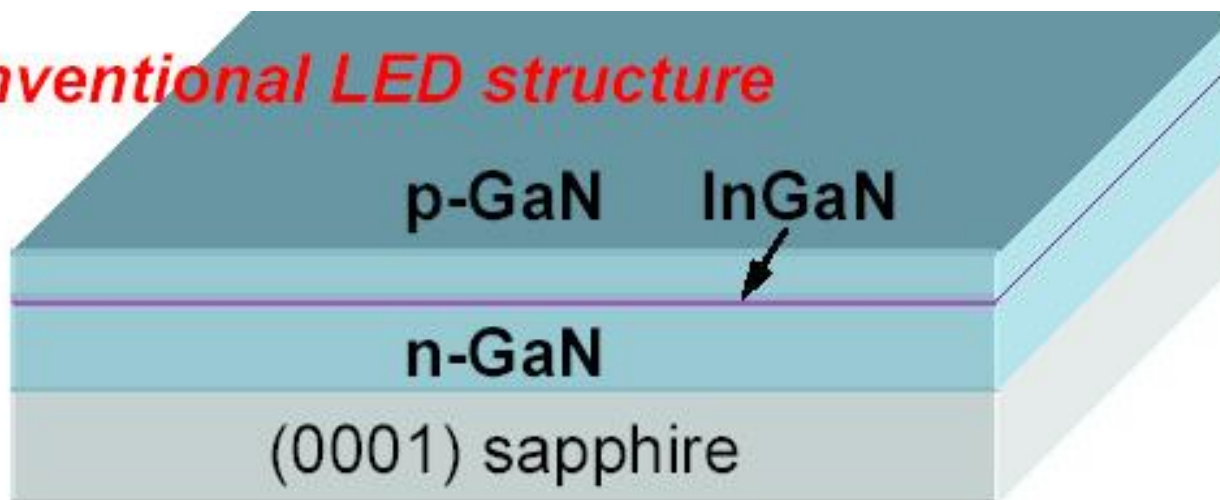
Diode phát quang (LED) chỉ thị



Diode phát quang (LED) chỉ thị



(a) Conventional LED structure

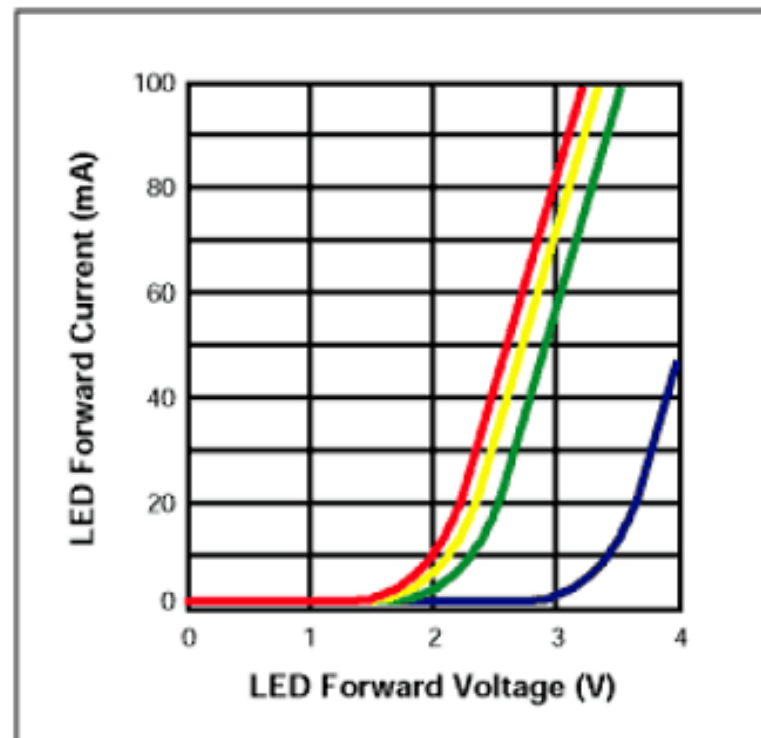


Diode phát quang (LED) chỉ thị

- ❖ **Cấu tạo LED:** 1 tiếp xúc p-n như diode thông thường nhưng vật liệu chế tạo và nồng độ pha tạp thì khác.
- ❖ Màu sắc ánh sáng của LED phụ thuộc vào vật liệu bán dẫn dùng để chế tạo LED:
 - GaAs cho ánh sáng hồng ngoại.
 - *AlInGaP* cho ánh sáng màu vàng.
 - *GaP* cho ánh sáng màu xanh lá cây.
 - *AlGaAs* cho ánh sáng màu đỏ.
 - *InGaN* cho ánh sáng màu xanh lam.

Diode phát quang (LED) chỉ thị

- Điện áp phân cực thuận cho LED lớn, cỡ 2-3V.
- Dòng điện qua LED cỡ 15mA.
- Cường độ phát quang của LED tỉ lệ với cường độ dòng điện đi qua nó .



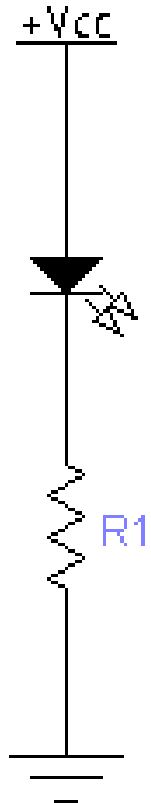
Đặc tuyến V-A

Diode phát quang (LED) chỉ thị

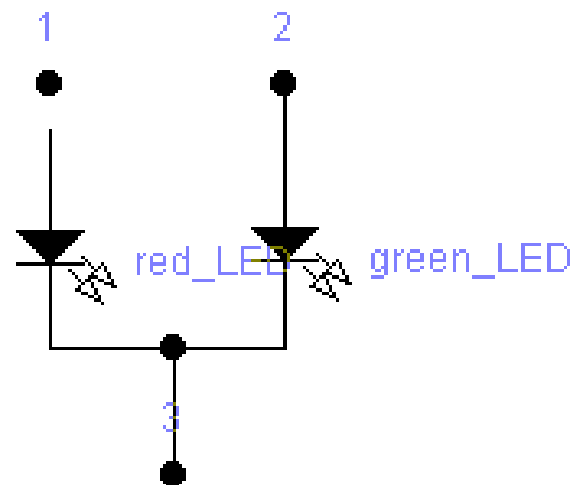
❖ Một số loại LED

- LED đơn: R_1 là điện trở hạn dòng

$$R_1 = \frac{V_{CC} - U_D}{I_D}$$



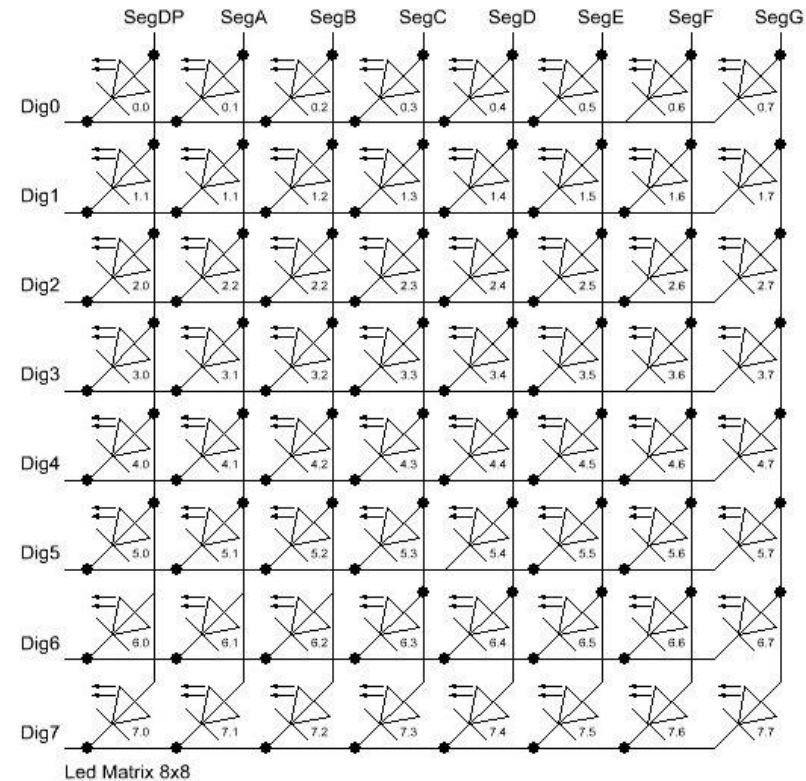
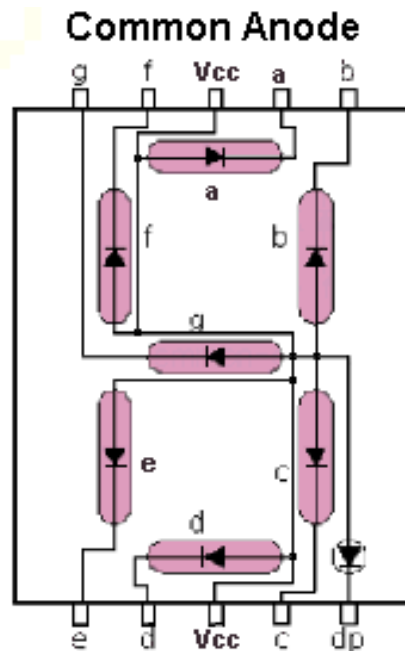
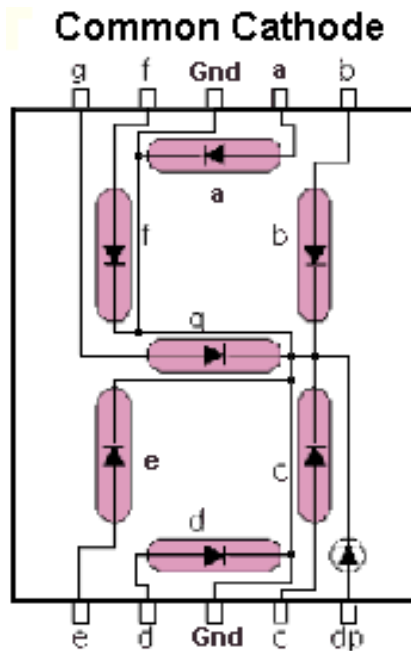
- LED đôi: gồm 2 LED (thường có màu khác nhau) dùng trong một số ứng dụng đặc biệt như đầu đọc đĩa CD/VCD, đèn báo nguồn TV



Diode phát quang (LED) chỉ thị

- LED 7 đoạn: Dùng để hiển thị một số loại ký tự (thường là ký tự số).

- LED ma trận: Được dùng để hiển thị các ký tự. Các LED được nối với nhau theo ma trận hàng, cột.



Diode phát quang (LED) chỉ thị



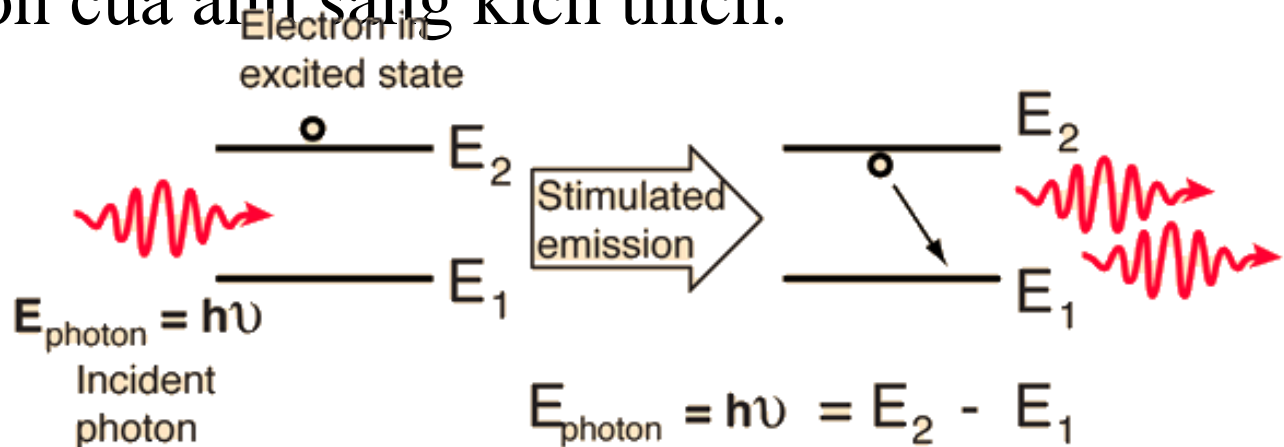
LED ma trận



LED 7 đoạn

LASER bán dẫn

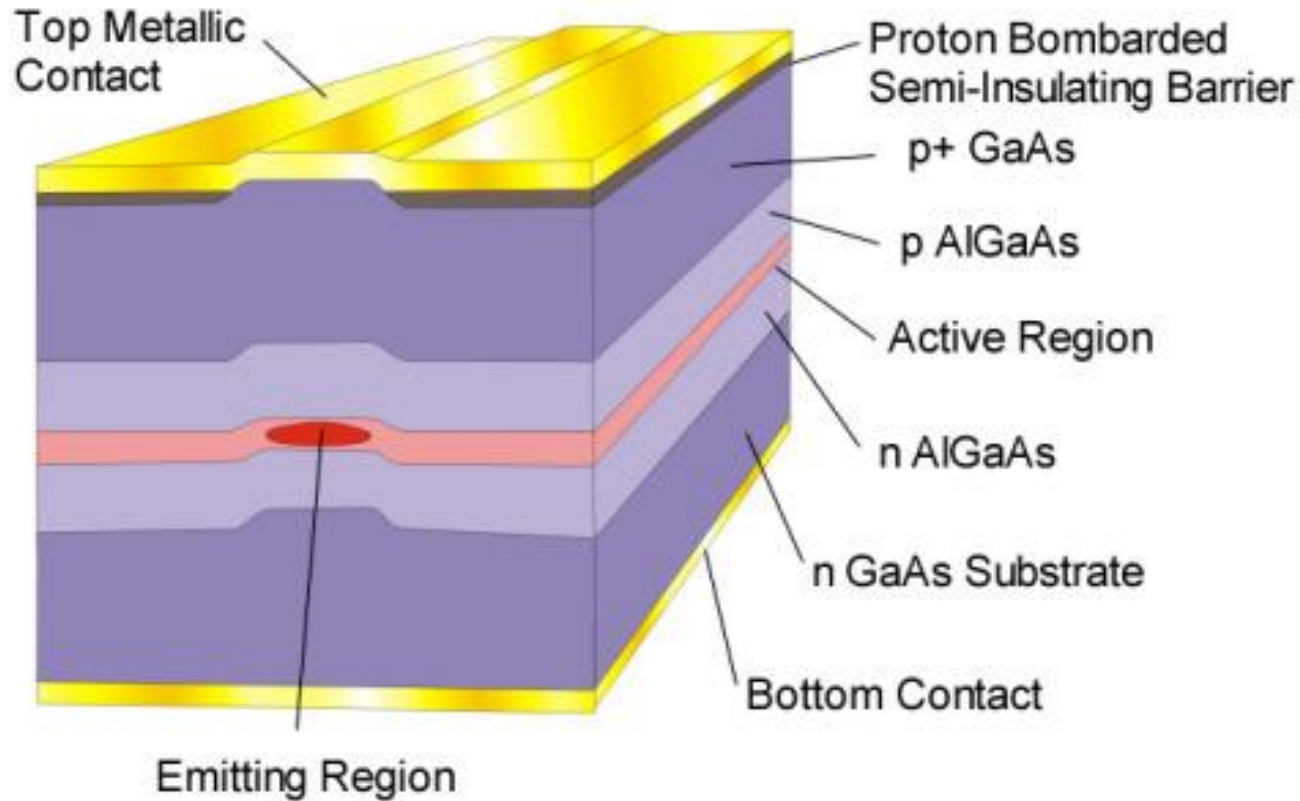
- ❖ **LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) bán dẫn:** Linh kiện quang phát ra ánh sáng đơn sắc có tính kết hợp về pha từ bức xạ tự phát của ánh sáng.
- ❖ **Nguyên lý hoạt động của LASER** dựa trên hiện tượng phát xạ kích thích và hiện tượng/hiệu ứng nghịch đảo mật độ \rightarrow ánh sáng do nó phát ra có cùng pha và cùng tần số với photon của ánh sáng kích thích.



LASER bán dẫn

- ❖ *Cấu tạo của LASER* giống như LED nhưng có điểm khác là ở tiếp giáp p-n có buồng cộng hưởng Fabry-Perot nhằm giam giữ hạt mang điện và tạo ra bức xạ kích thích.
- ❖ Vật liệu chế tạo LASER là hợp chất của GaAs và tùy vào loại vật liệu sẽ quyết định bước sóng của ánh sáng phát ra.
- ❖ Tính chất cơ bản: tính đơn sắc, tính định hướng, tính kết hợp cao, độ sáng cao.

LASER bán dẫn



Schematic diagram of a Fabry-Perot laser

Linh kiện biến đổi quang - điện

- ❖ Chuyển đổi tín hiệu quang thành tín hiệu điện.
- ❖ Nguyên lý hoạt động: Hoạt động dựa trên hiệu ứng quang điện trong, trong đó sự hấp thụ photon bởi vật liệu bán dẫn đã tạo ra các cặp điện tử - lỗ trống → tạo ra tín hiệu quang điện dưới dạng dòng điện hay điện thế có thể đo được.

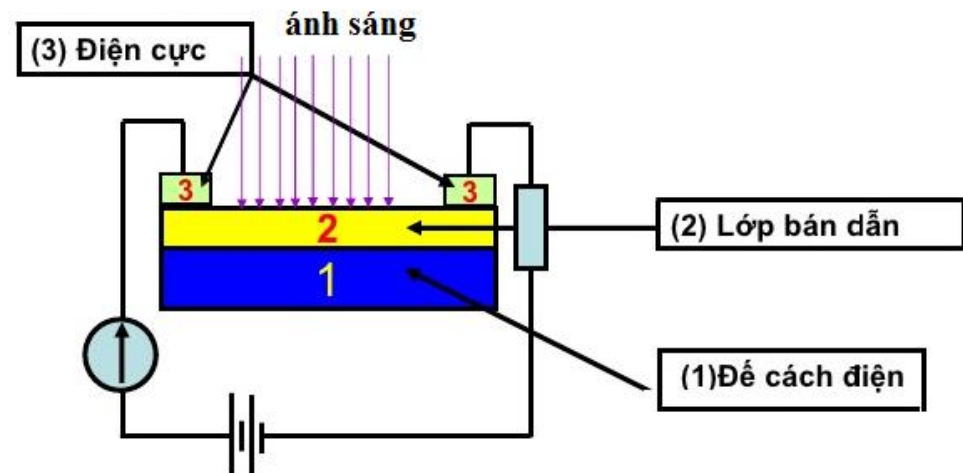
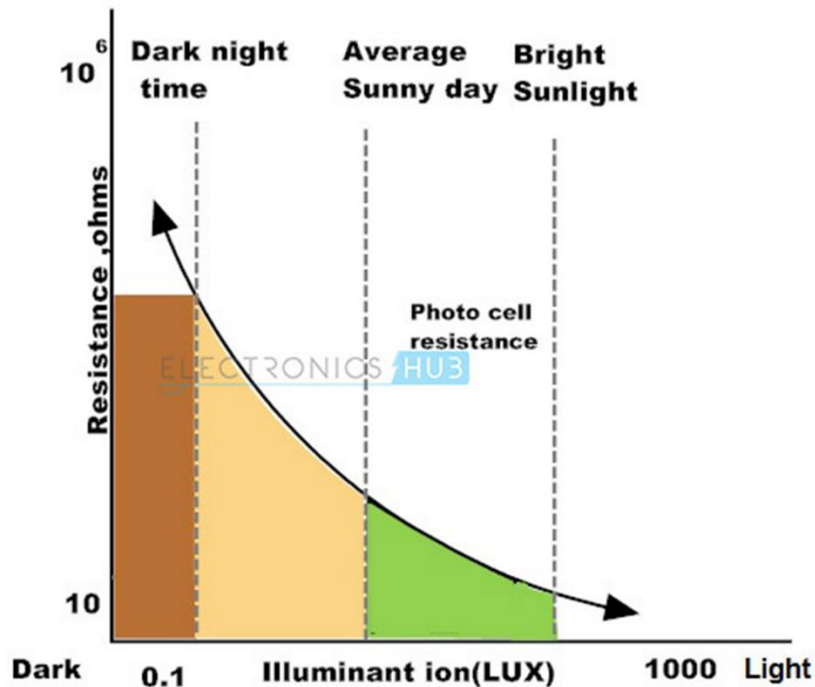
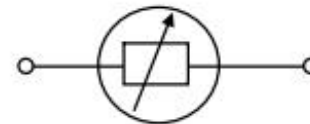
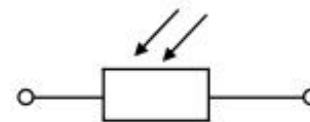
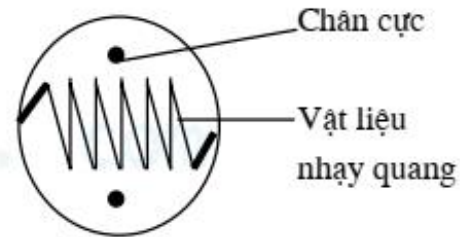
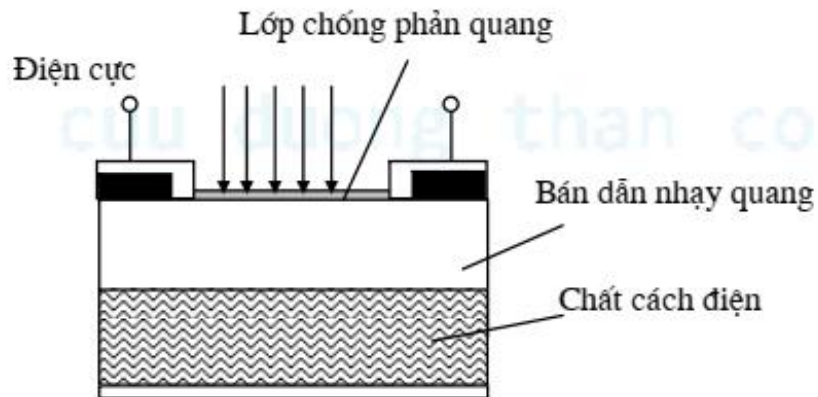
Quang trở/Điện trở quang/Điện trở phụ thuộc ánh sáng (LDR)

❖ *Quang trở*: Là linh kiện mà điện trở của nó giảm mạnh khi chiếu ánh sáng vào.

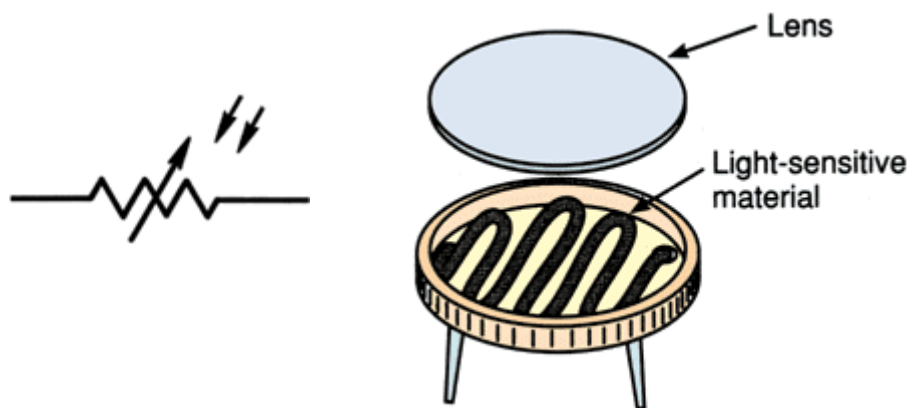
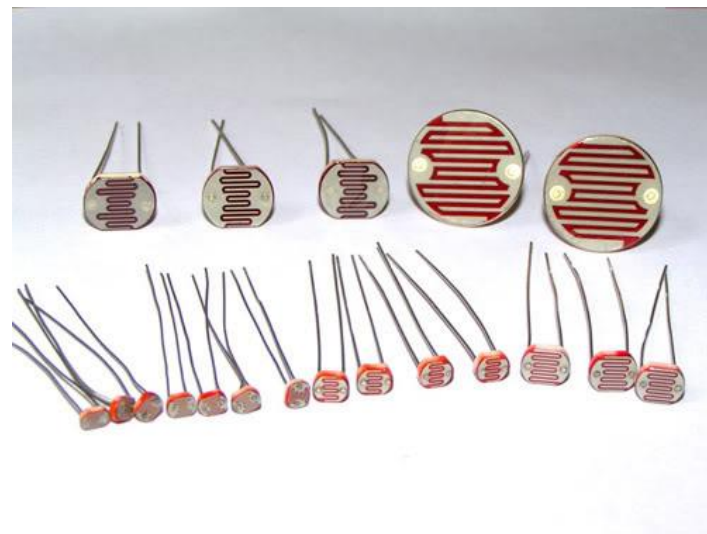
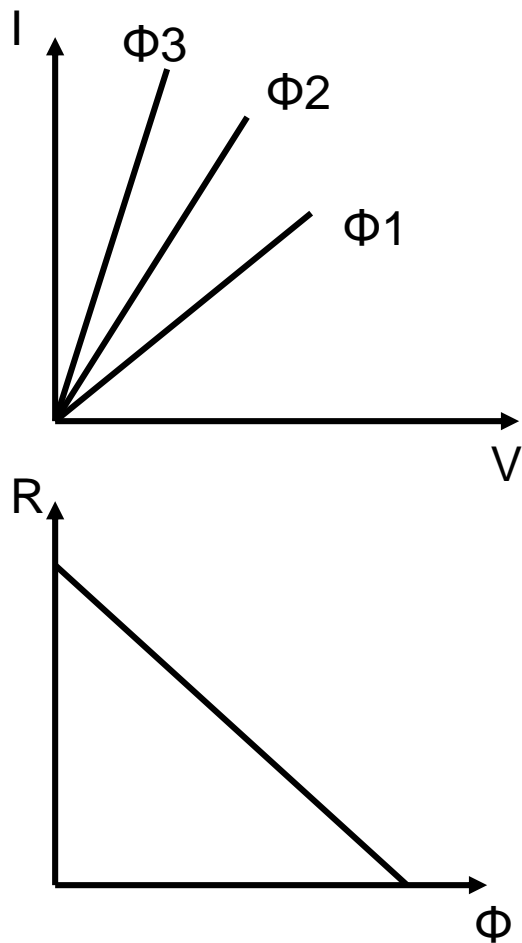
❖ *Cấu tạo, nguyên lý hoạt động*:

- *Nguyên lý hoạt động*: dựa trên hiện tượng *quang điện trong*: khi ánh sáng chiếu vào quang trở, các electron bị kích thích và trở thành electron tự do, nên điện trở của quang trở giảm mạnh.
- *Cấu tạo cơ bản*: Một lớp vật liệu quang điện trong (như Cadimi Sunfit: CdS ; Cadimi Selenit: $CdSn$; Kẽm Sunfit: ZnS) rất mỏng phủ lên một đế cách điện, tất cả được bọc trong lớp bảo vệ trong suốt và đưa 2 chân dẫn điện.

Quang trở (LDR)

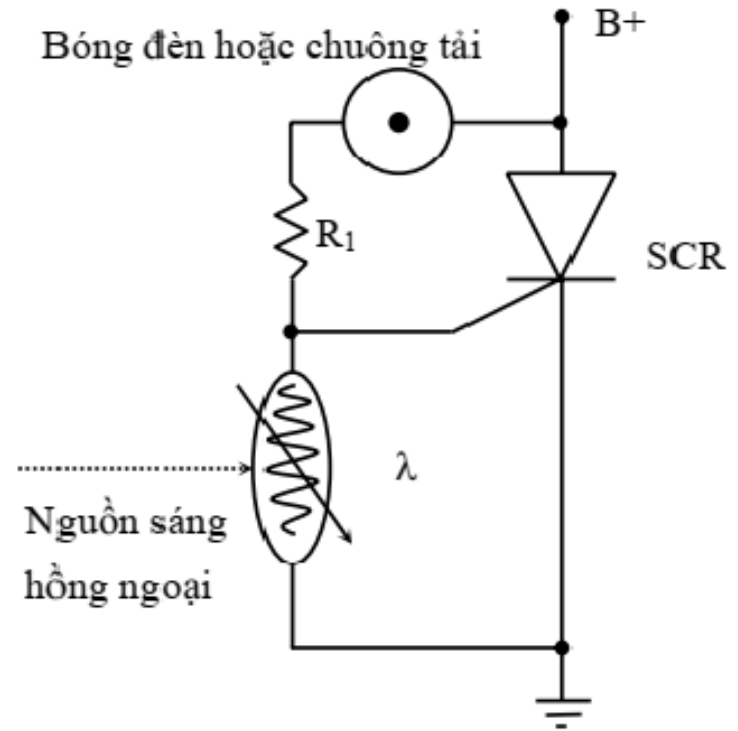


Quang trở (LDR)



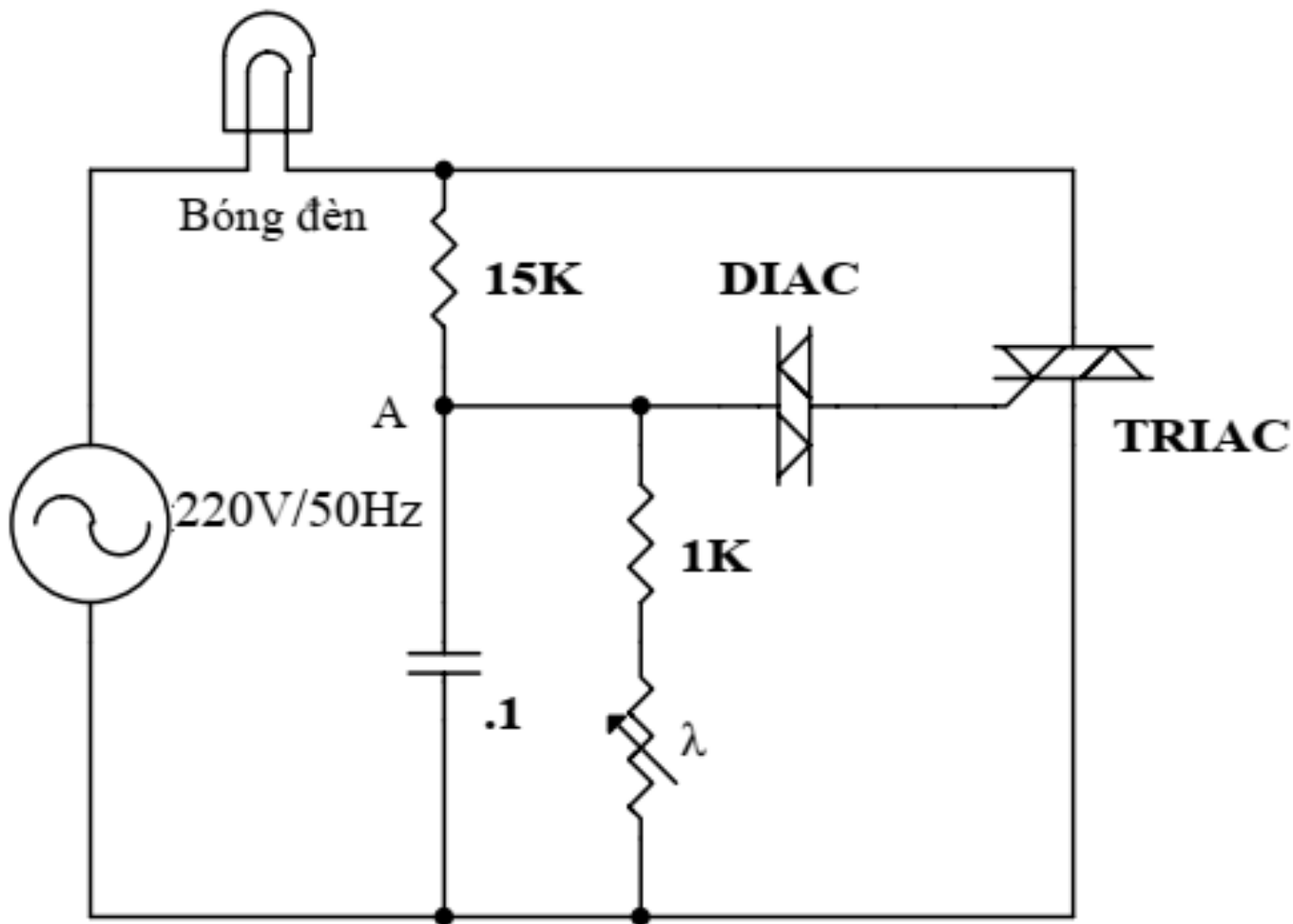
Quang trở (LDR)

- ❖ Khi quang trở được chiếu sáng (trạng thái thường trực) thì điện trở nhỏ, điện thế cổng của SCR giảm nhỏ không đủ dòng kích nên SCR ngưng.
- ❖ Khi không có nguồn sáng chiếu vào thì giá trị R của quang trở sẽ tăng nhanh, khiến cho điện áp cổng SCR tăng làm cho SCR dẫn điện, dòng điện lúc này sẽ qua tải làm cho mạch báo động hoạt động.



Mạch báo động

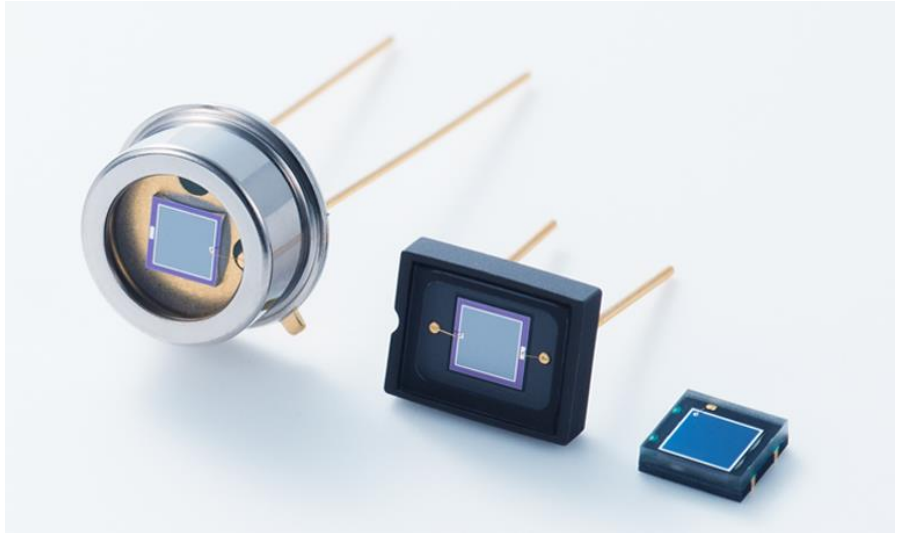
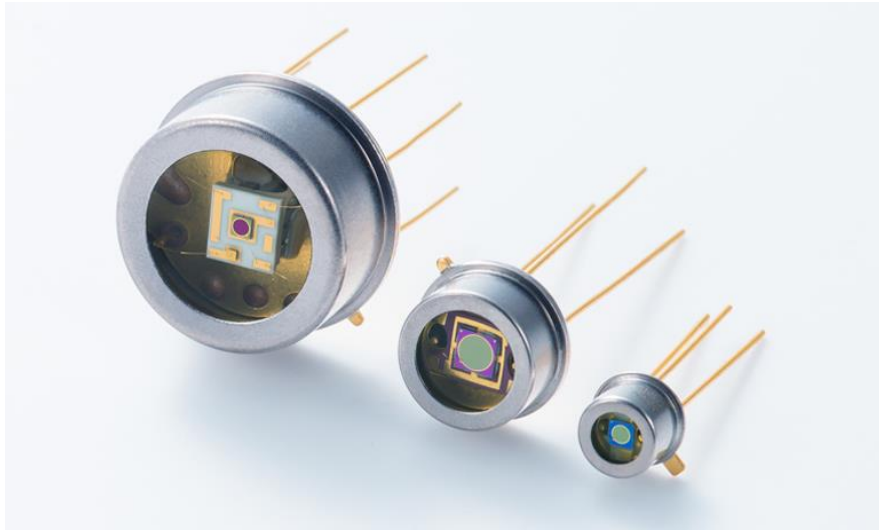
Quang trở (LDR)



**Mạch mở điện tự động về đêm
dùng điện AC**

Diode quang (photodiode)

❖ *Diode quang (photodiode)*: Là loại diode mà khi không được chiếu sáng thì không có dòng điện chạy qua, còn khi được chiếu sáng thì có dòng điện chạy qua diode.

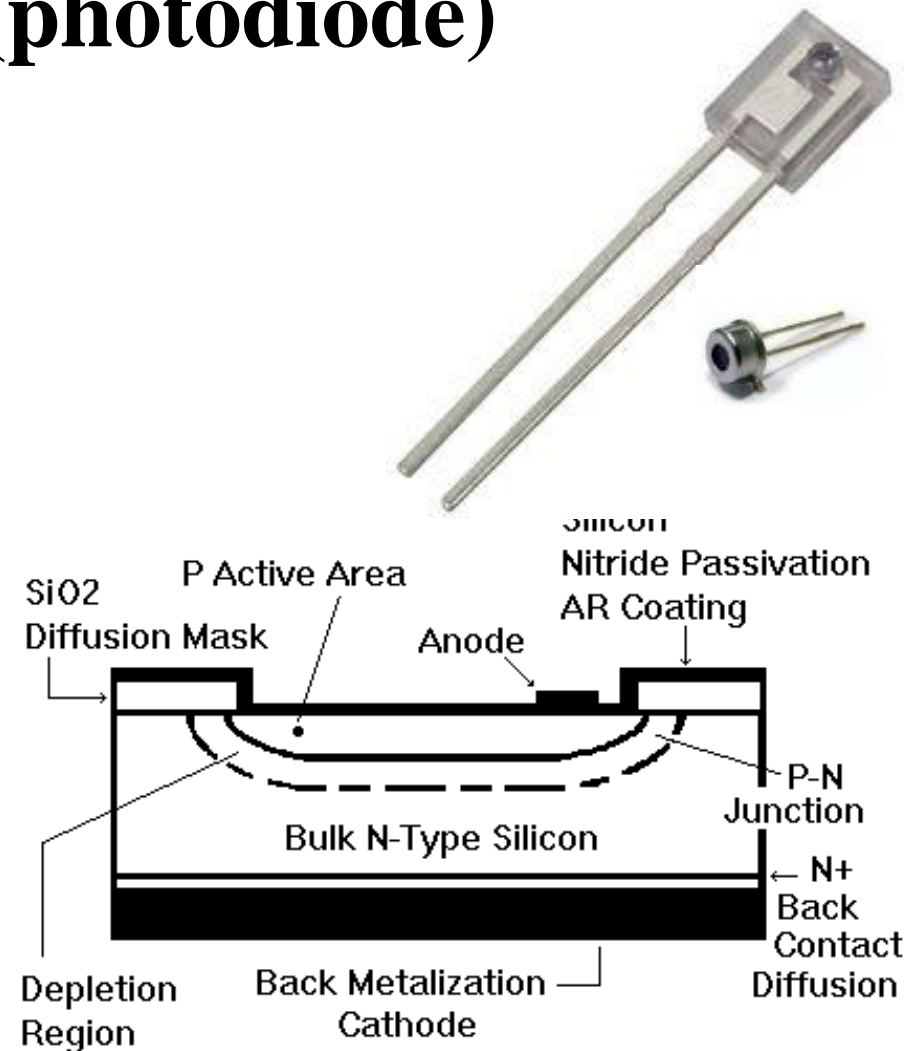
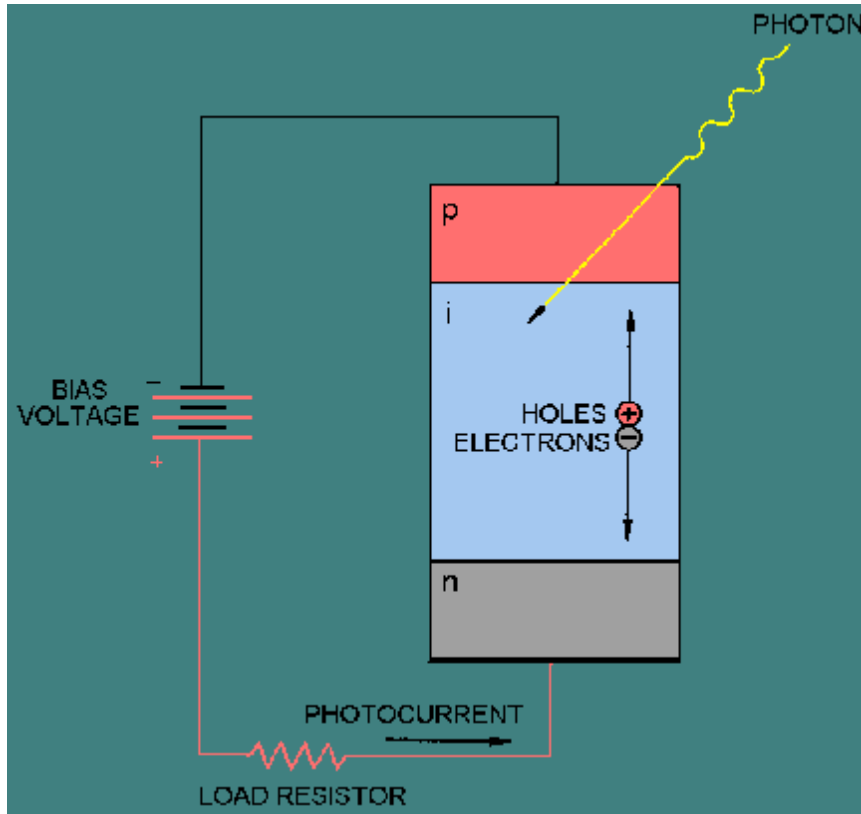


Diode quang (photodiode)

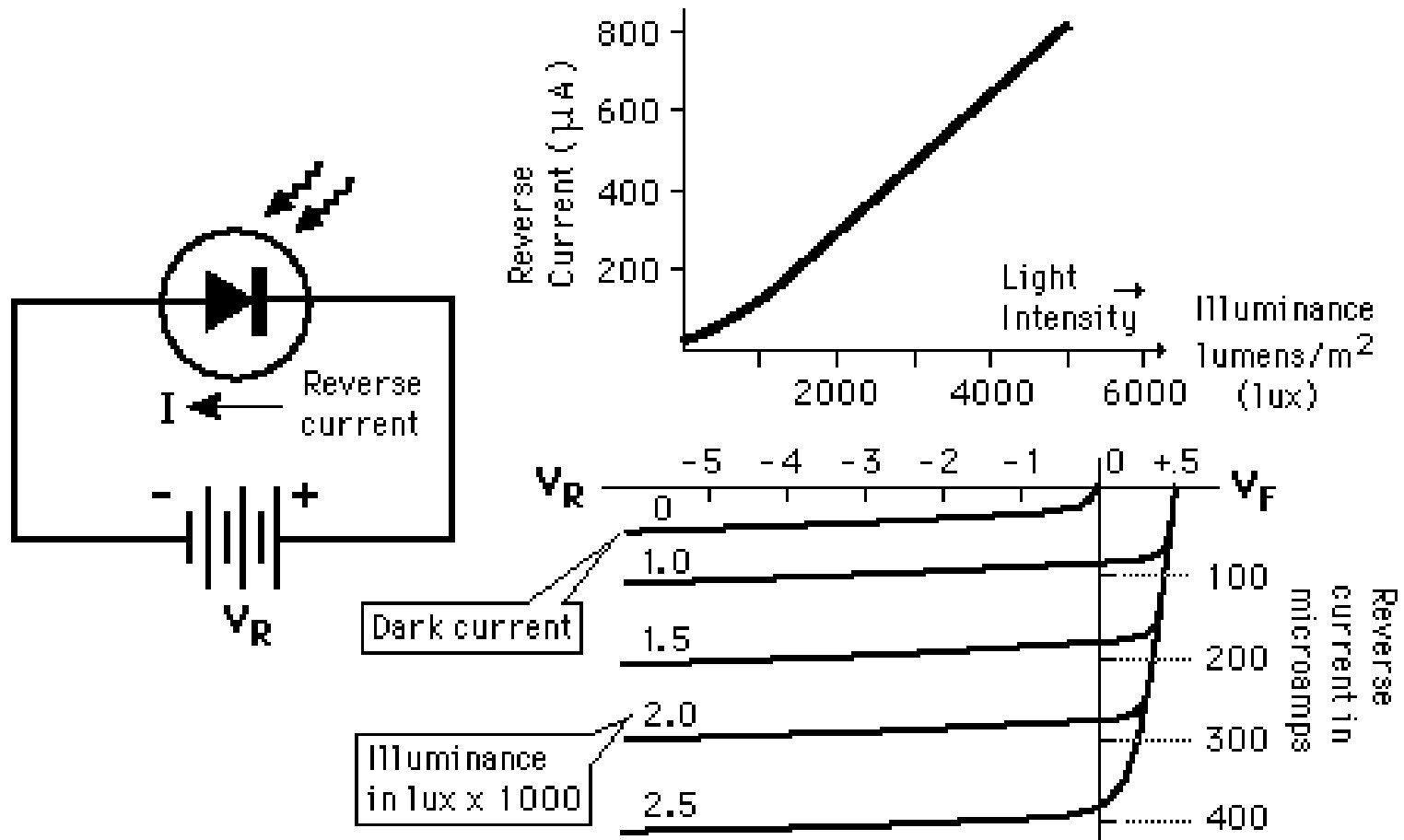
❖ *Nguyên lý hoạt động:* dựa trên hiện tượng quang áp (=quang điện trong + quang dẫn).

- Chiếu sáng tiếp giáp p-n, năng lượng của ánh sáng $h\nu \geq E_G$ sẽ làm xuất hiện một cặp electron-lỗ trống.
- Điện trường tiếp xúc cuốn các điện tử từ bán dẫn p sang bán dẫn n, và cuốn các lỗ trống từ bán dẫn n sang bán dẫn p. Kết quả là *dòng ngược qua tiếp giáp được tăng lên*, và ở hai khối bán dẫn n, p có một hiệu điện thế, gọi là *hiệu điện thế quang U_ϕ*
- Giá trị của dòng ngược và hiệu điện thế quang phụ thuộc vào vật liệu chế tạo, bước sóng ánh sáng và cường độ chiếu sáng.

Diode quang (photodiode)



Diode quang (photodiode)

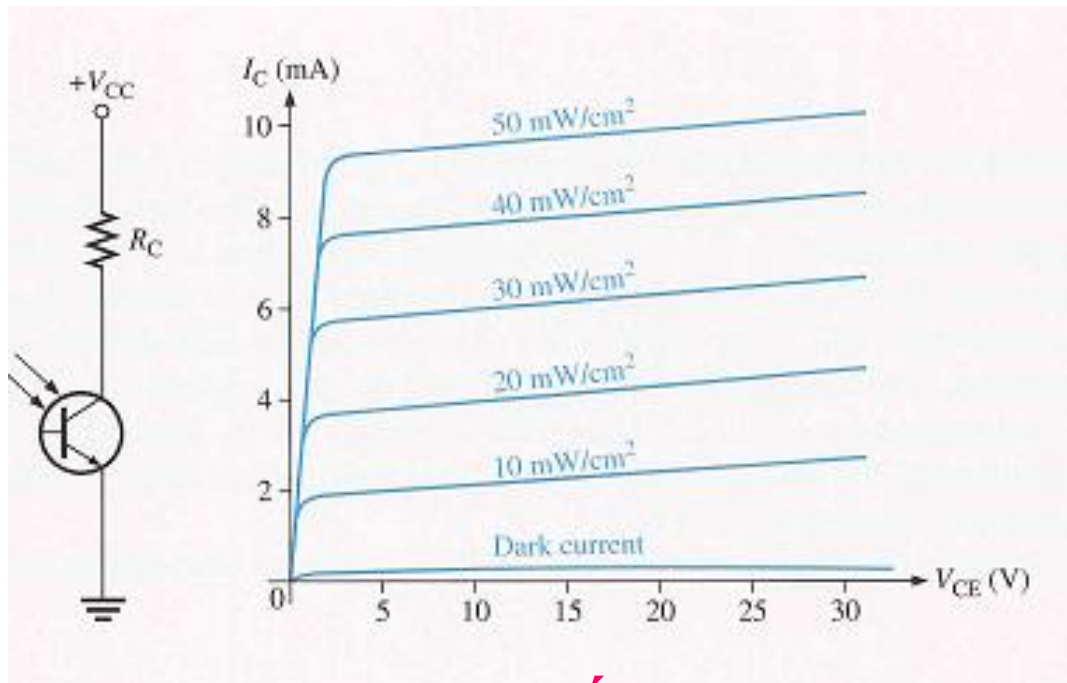
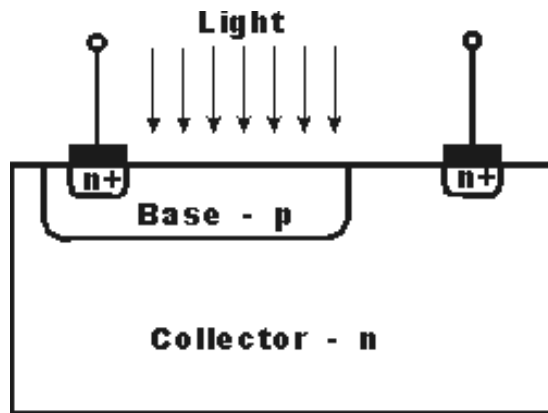


Đặc tuyến quang và đặc tuyến V-A của photodiode
Photovoltaic
photoconductive

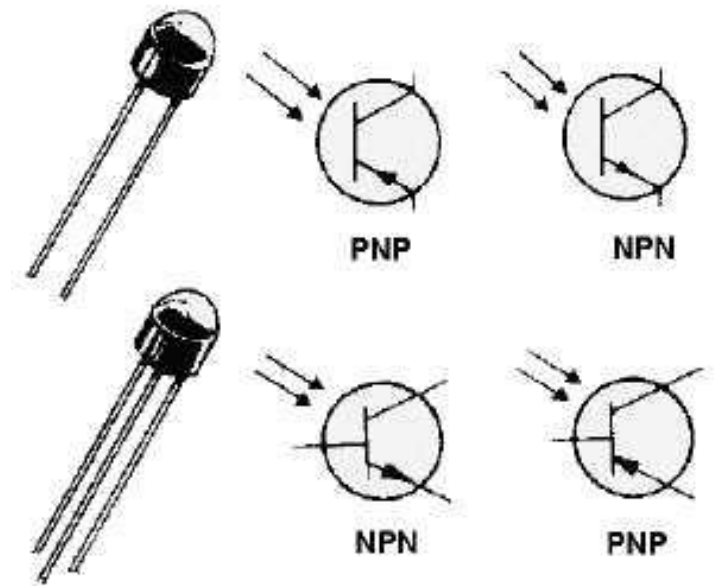
Transistor quang (phototransistor)

- ❖ **Transistor quang:** Là loại transistor mà khi không được chiếu sáng thì không có dòng điện chạy qua, còn khi được chiếu sáng thì có dòng điện chạy qua transistor.
- ❖ **Cấu tạo:** giống như BJT, nhưng cực B không nối ra chân điện cực mà thay vào đó là cửa sổ cảm quang trong suốt
- ❖ **Nguyên lý làm việc:**
 - Khi chưa chiếu sáng thì không có dòng cực B do đó transistor không hoạt động.
 - Khi chiếu sáng, do hiệu ứng quang áp làm xuất hiện dòng cực B, sẽ phân cực cho transistor hoạt động.

Transistor quang (phototransistor)



Đặc tuyến V-A



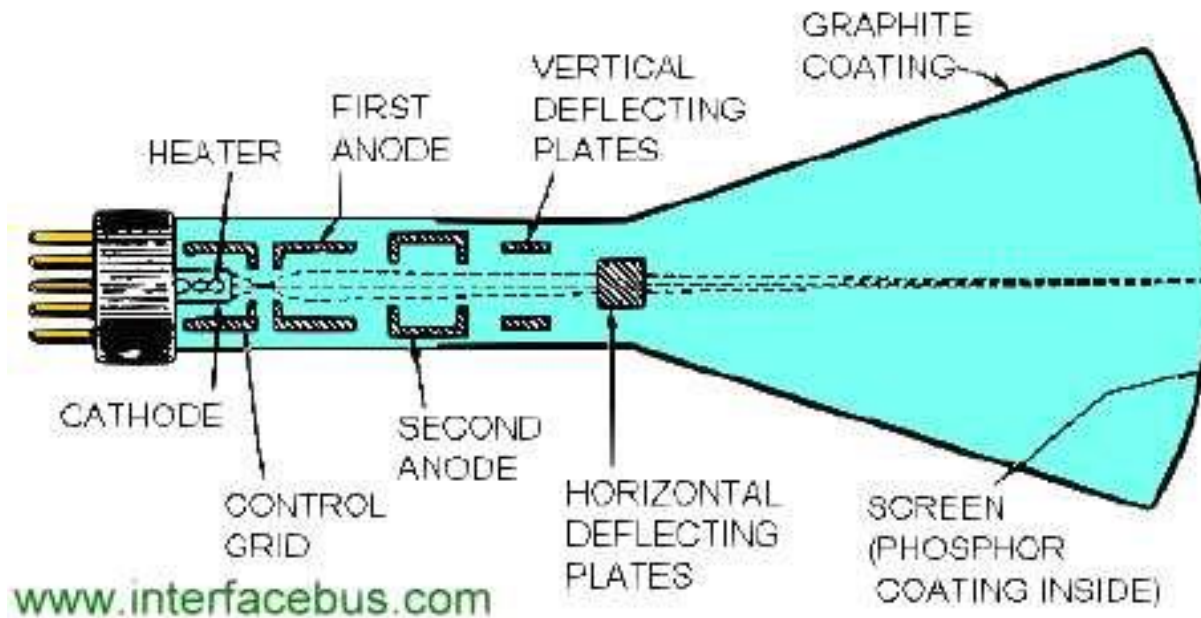
Các linh kiện hiển thị

❖ **Ống tia điện tử CRT (Cathode Ray Tube):** Là linh kiện hiển thị dựa vào sự phát sáng của màn hình huỳnh quang khi có tia điện tử đập vào.



Các linh kiện hiển thị

❖ Cấu tạo ống tia điện tử CRT (Cathode Ray Tube)



Vertical, Horizontal Deflecting: Hệ thống lái tia theo chiều ngang và theo chiều dọc

Cathode: Phát xạ điện tử, bên trong nó có sợi đốt (Heater).

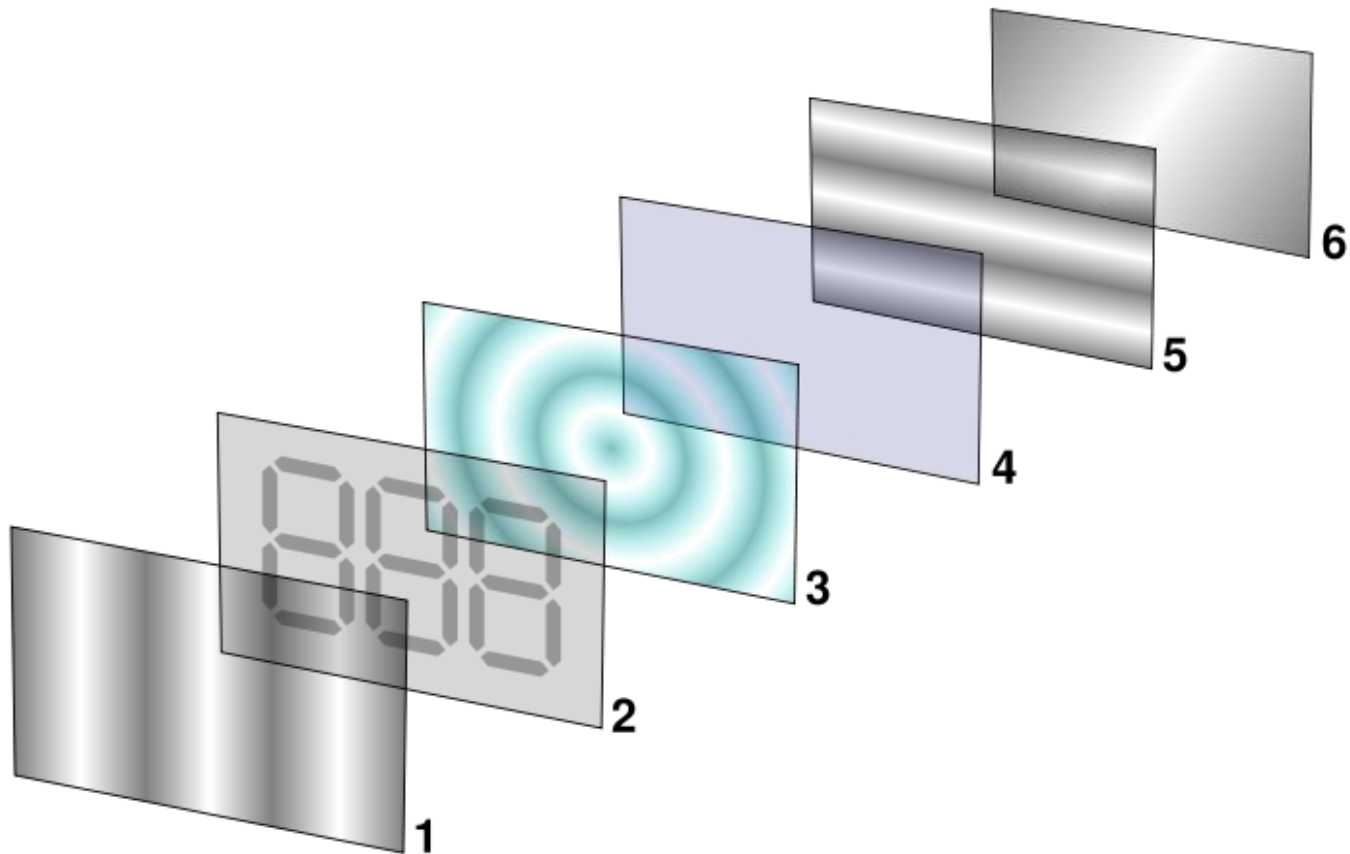
Lưới điều khiển (control grid): Điều khiển sự hội tụ, và gia tốc cho dòng tia điện tử.

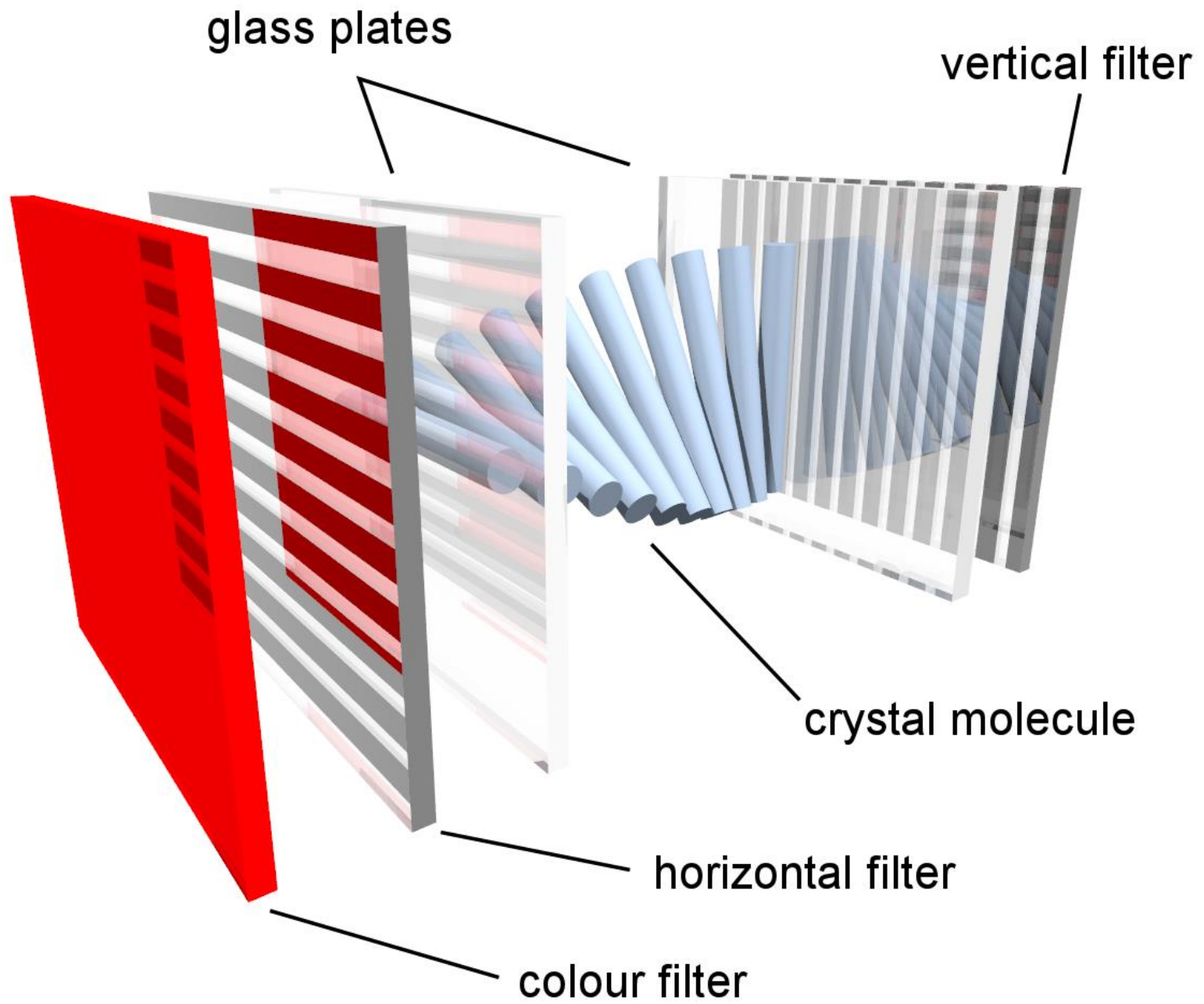
Các linh kiện hiển thị

- ❖ **Hiển thị tinh thể lỏng (LCD: Liquid Crystal Display):** Dựa trên khả năng điều khiển độ sáng của tinh thể lỏng khi có ánh sáng phân cực truyền qua để hiển thị hình ảnh.
- ❖ **Tinh thể lỏng:** Là loại vật chất đặc biệt cũng có cấu trúc tinh thể, nhưng các nút mạng tinh thể có thể di chuyển trong một phạm vi hẹp. Một nhóm các tinh thể có cấu trúc tương tự nhau đứng gần nhau sẽ tạo thành một lớp vật chất có *trục dạng xoắn* và có khả năng thay đổi độ sáng của ánh sáng phân cực truyền qua nó.
- ❖ Độ xoắn của lớp vật chất lại có thể được điều khiển bằng điện áp đặt vào nó, do vậy ta có thể dùng điện áp để điều khiển ánh sáng khi qua lớp tinh thể lỏng.

Các linh kiện hiển thị

❖ Cấu tạo màn hình LCD:





❖ *Cấu tạo của màn hình LCD:*

- *(6): Lớp nền:* Cung cấp ánh sáng nền (ánh sáng trắng) có vô số phương phân cực khác nhau, thường là đèn huỳnh quang hoặc đèn xenon.
- *(5): Kính lọc phân cực ngang:* chỉ cho ánh sáng có phương phân cực ngang đi qua.
- *(2)&(4): Điện cực trong suốt,* được nối với tín hiệu đưa vào, điều khiển độ xoắn của lớp tinh thể lỏng.
- *(1): Kính lọc phân cực dọc và lớp bảo vệ:* chỉ cho ánh sáng có phương phân cực dọc đi qua.
- *(3): Lớp tinh thể lỏng:* độ xoắn của lớp tinh thể lỏng được điều khiển bởi điện cực (2)&(4).

❖ LCD là cấu kiện thụ động, không phát sáng nên càng dễ đọc nếu xung quanh càng sáng.

❖ *Nguyên lý hoạt động:*

- Ánh sáng trắng từ (6)→(5): ánh sáng phân cực ngang đi qua được.
- Độ xoắn của (3) được điều khiển bởi điện áp của tín hiệu vào (2)&(4), do đó ánh sáng từ (5) tới cũng thay đổi theo điện áp tín hiệu vào.
- Sau khi qua (3) và (2), chỉ có ánh sáng phân cực dọc mới qua được (1) để đến mắt người quan sát.

Bộ ghép quang

❖ Dùng để cách điện giữa các mạch điện có sự khác biệt về điện thế khá lớn mà vẫn truyền dẫn được tín hiệu điện giữa chúng.

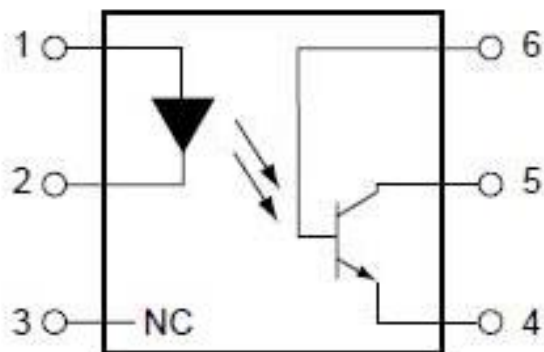
❖ Cấu tạo cơ bản:

- 1 nguồn bức xạ ánh sáng (diode phát quang - LED).
- Bộ thu quang (quang trở, photo diode, photo transistor, ...)
- Các bộ thu, phát ánh sáng được đặt trong môi trường quang học và hoàn toàn cách ly nhau về điện.

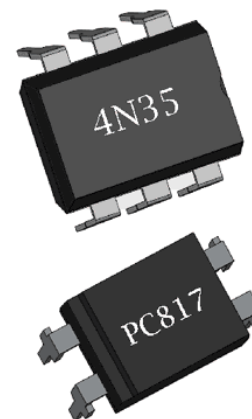
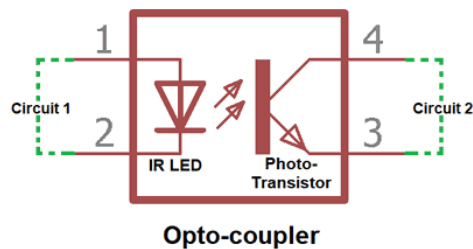
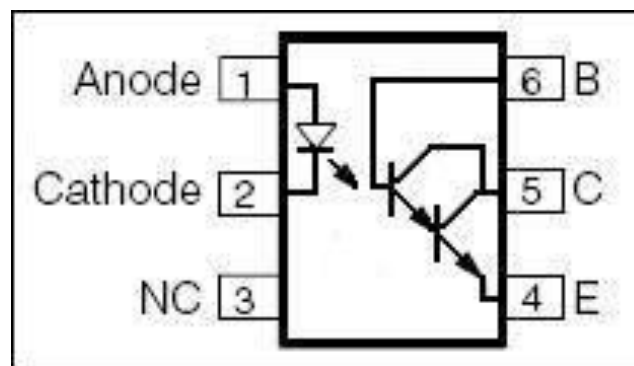
Bộ ghép quang

opto coupler

❖ Một số bộ ghép quang:

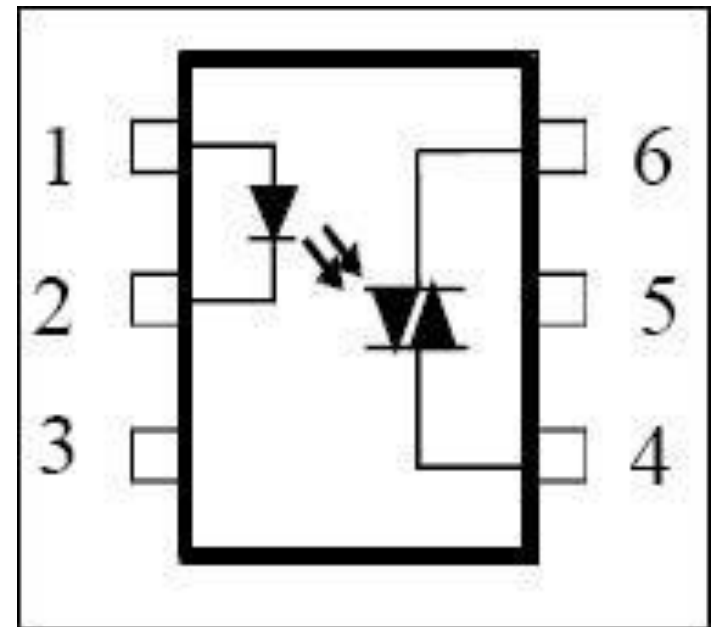
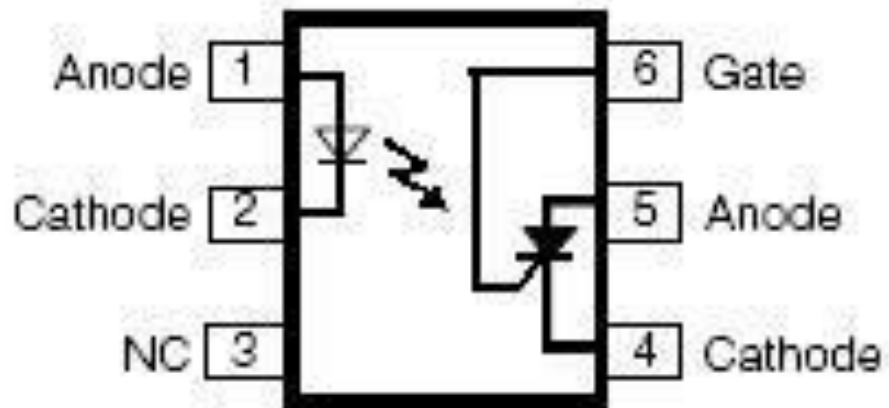


PIN 1. ANODE
2. CATHODE
3. NO CONNECTION
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE



Bộ ghép quang

❖ Một số bộ ghép quang:



Bộ ghép quang

❖ Nguyên lý hoạt động:

- LED biến đổi tín hiệu điện ở lõi vào thành tín hiệu quang, chiếu tới bộ phận thu quang.
- Bộ thu quang biến đổi tín hiệu quang thành tín hiệu điện

❖ Các tính chất quan trọng:

- Tính cách điện
- Điện trở cách điện
- Điện dung ghép nối
- Điện thế cách ly

Bộ ghép quang

❖ Các tính chất quan trọng:

- Hiệu ứng trường
- Sự lão hóa
- Hệ số truyền đạt
- Độ rộng dải tần số - Tần số truyền đạt: Các bộ ghép quang hiện nay có thể đạt đến tần số:
 - Bộ ghép quang loại transistor đến 250kHz.
 - Bộ ghép quang với bộ nhận tổ hợp đơn giản (photodiode, transistor nhanh) đến 2MHz.
 - Bộ ghép quang với bộ nhận là mạch tổ hợp (IC) đến 20 MHz.

Bộ ghép quang

❖ Ví dụ mạch ứng dụng bộ ghép quang:

