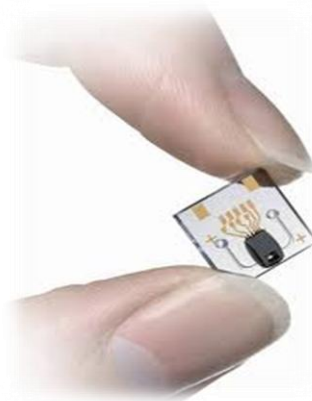


Bài giảng Kỹ Thuật Cảm Biến (sensors)

Hoang Si Hong

-----2011-----

**Faculty of Electrical Eng., Hanoi Univ. of Science and Technology (HUST),
Hanoi, VietNam**





Nguồn tham khảo

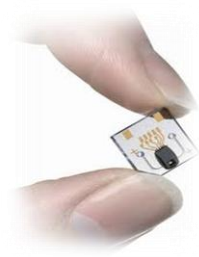
Note: Bài giảng môn học này được tham khảo, trích dẫn và lược dịch từ các nguồn sau:

✓ Sách

- Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1, 2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- Các bộ cảm biến trong đo lường-Lê Văn Doanh...
- Các bộ cảm biến-Nguyễn Tăng Phô
- Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và [Hoàng Sĩ Hồng](#)
- Sensor technology handbook (edited by JON WILSON)
- Elements of Electronic Instrumentation and Measurement (Prentice-Hall Company)
- Sách giải thích đơn vị đo lường hợp pháp của Việt Nam

✓ Bài giảng và website:

- Bài giảng kỹ thuật cảm biến-[Hoàng Sĩ Hồng-BKHN\(2005\)](#)
- Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo:P.T.N.Yến, Ng.T.L.Hương –BKHN (2010)
- Bài giảng MEMs ITIMS – BKHN
- Một số bài giảng về cảm biến và đo lường từ các trường đại học KT khác ở Việt Nam
- Website: sciendirect/sensors and actuators A and B



Nội dung môn học và mục đích

Nội dung

- Chapter 1: Khái niệm chung về Cảm biến (2b)
- Chapter 2: Cảm biến điện trở (2b)
- Chương 3: Cảm biến đo nhiệt độ (2b)
- Chương 4: **Cảm biến quang (2b)**
- Chương 5: Cảm biến tĩnh điện (2b)
- Chương 6: Cảm biến Hall và hoá điện
- Chương 6: Cảm biến và PLC(1b)

Mục đích: nắm được cấu tạo, nguyên lý hoạt động và ứng dụng của các loại cảm biến thông dụng trong công nghiệp và đời sống. Nắm được xu thế phát triển chung của công nghệ cảm biến trên thế giới.



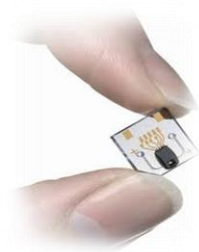
Chương 3: Cảm biến quang

Nội dung

- Khái niệm chung về ánh sáng và nguồn sáng
- Quang điện trở, tế bào quang điện và bộ nhân quang điện
- Photodiode
- Phototranzito
- Tế bào quang điện

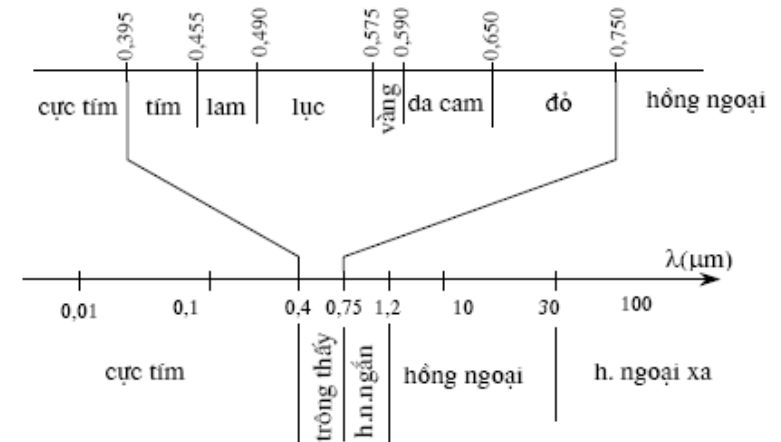
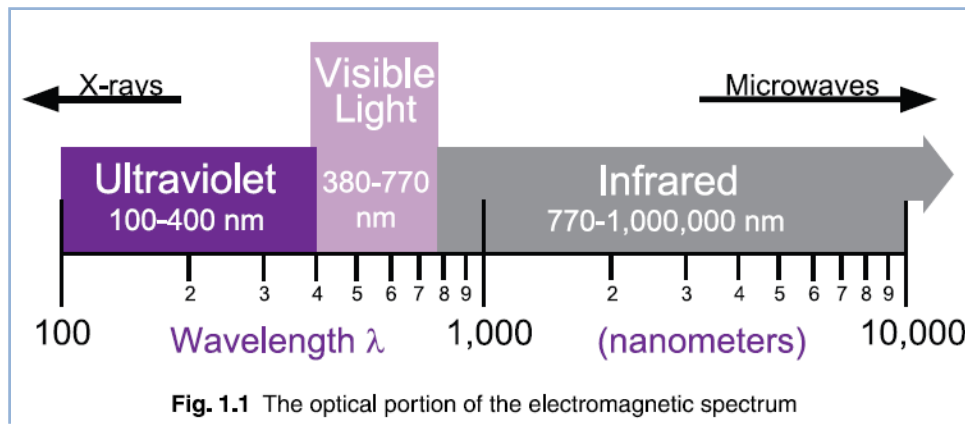


**Nguồn sáng
hay nguồn thu
ánh sáng?**

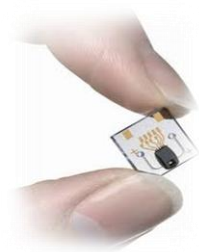


Các khái niệm chung về ánh sáng

- Ánh sáng là một sóng điện từ, vùng ánh sáng nhìn thấy được có bước sóng từ 0.4 đến 0.75 μm .
- Ánh sáng có tính chất sóng và hạt.
- Vận tốc ánh sáng trong chân không $v = 299792 \text{ km/s}$
- Vận tốc ánh sáng trong môi trường vật chất có chiết suất n là $v = c/n$
- Mối liên hệ giữa bước sóng ánh sáng λ và tần số ν như sau: $\lambda = c/\nu$ (chân ko) và $\lambda = v/\nu$



-Ultraviolet (tử ngoại). Infrared (hồng ngoại)



Các khái niệm chung về ánh sáng

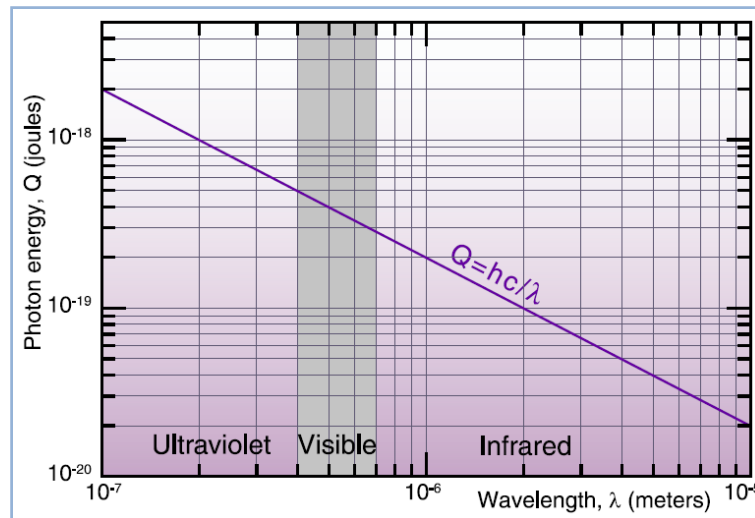
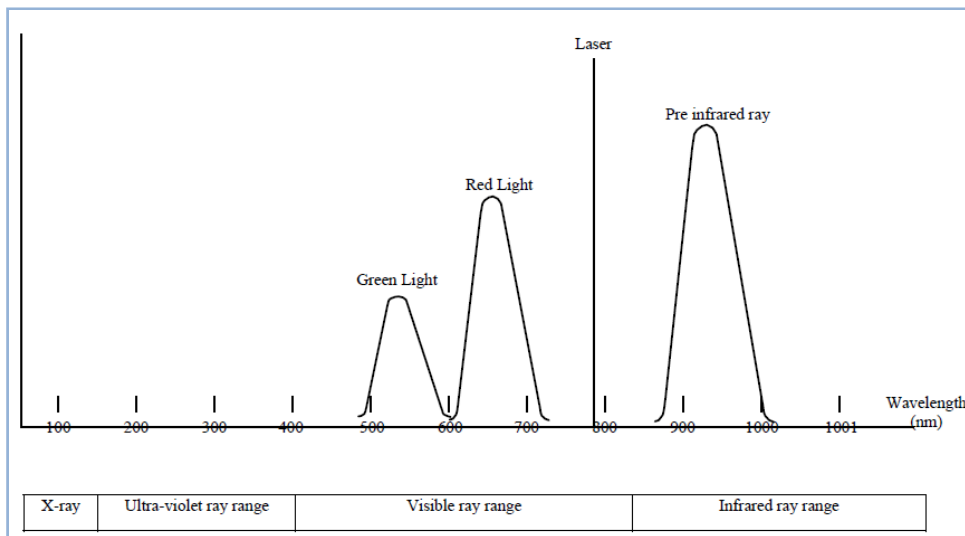
- Tính chất hạt thể hiện qua sự tương tác của nó với vật chất. Ánh sáng là các hạt photon mang năng lượng $E_{pt} = h\nu$. Trong đó h là hằng số planck = $6,6256 \cdot 10^{-34}$ J.s

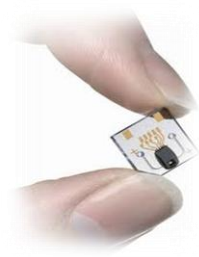
$$E_{ph} = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

$$h = \text{Plank's constant} = 6.23 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = \nu\lambda = \text{light velocity} = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

- Khi dòng ánh sáng xuyên qua một chất nào đó có thể bị hấp thụ hoặc tán xạ





Nguyên lý chung

-Bước sóng lớn nhất của ánh sáng có thể gây nên hiện tượng giải phóng điện tử với điều kiện năng lượng photon $E_{pt} > E_{dt}$ năng lượng liên kết của điện tử

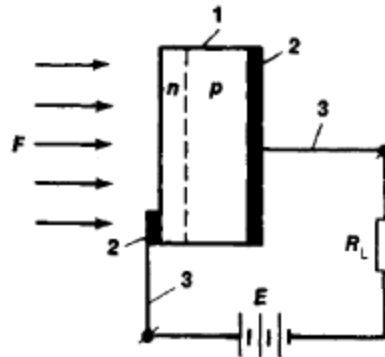
$$\lambda_{\max} = h.c/E_{dt}$$

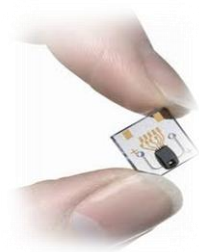
-Nhu vậy điều kiện giải phóng điện tử phụ thuộc vào kiểu ánh sáng và bản chất vật liệu bị chiếu sáng

- Hiện tượng giải phóng các hạt dẫn dưới tác dụng của ánh sáng do hiệu ứng quang điện sẽ gây nên sự thay đổi tính chất điện của vật liệu. Đó là nguyên lý cơ bản của các cảm biến quang điện

- Số điện tử được giải phóng trong một giây $G = \eta(1-R) \lambda \Phi / h.c$

- η :Hiệu suất, R : hệ số phản xạ và Φ thông lượng ánh sáng





Các đơn vị đo

- Năng lượng bức xạ Q : là năng lượng phát xạ, lan truyền hoặc hấp thụ dưới dạng bức xạ được đo bằng Jun (J)
- Quang thông Φ : là công suất phát xạ lan truyền hoặc hấp thụ, đo bằng oát (W) và là đại lượng đặc trưng cho nguồn sáng: $\Phi = dQ/dt$
- Cường độ sáng I : là quang thông phát ra theo một hướng dưới một đơn vị góc khối, có đơn vị là W/steradian: $I = d\Phi/d\Omega$
- Độ chói năng lượng L : là tỷ số giữa cường độ sáng phát ra bởi một phần tử bề mặt dI theo một hướng xác định và diện tích hình chiếu vuông góc của phần tử bề mặt dA_n , có đơn vị là W/steradian.m² : $L = dI/dA_n$
- Độ rọi E : là tỷ số giữa quang thông thu được bởi một phần tử bề mặt và diện tích của phần tử đó, có đơn vị là W/m² : $E = d\Phi/dA$

	Đơn vị thị giác	Đ/v năng lượng
-		oat (W)
- Thông lượng	lumen (lm)	oat/sr (W/Sr)
- Cường độ	candela (cd)	W/Sr.m ²
- Độ chói	cd/m ²	W/m
- Độ rọi	lumen/m ² (lux)	
- Năng lượng	lm.s	
- Độ nhạy của mắt người cực đại với bước sóng	=0,555 micromet	

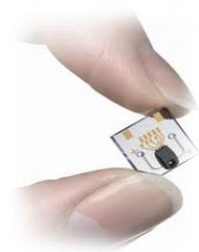


Các đơn vị đo

- Năng lượng bức xạ Q : là năng lượng phát xạ, lan truyền hoặc hấp thụ dưới dạng bức xạ được đo bằng Jun (J)
- Quang thông Φ : là công suất phát xạ lan truyền hoặc hấp thụ, đo bằng oát (W) và là đại lượng đặc trưng cho nguồn sáng: $\Phi = dQ/dt$
- Cường độ sáng I : là quang thông phát ra theo một hướng dưới một đơn vị góc khối, có đơn vị là W/steradian: $I = d\Phi/d\Omega$
- Độ chói năng lượng L : là tỷ số giữa cường độ sáng phát ra bởi một phần tử bề mặt dI theo một hướng xác định và diện tích hình chiếu vuông góc của phần tử bề mặt dA_n , có đơn vị là W/steradian.m² : $L = dI/dA_n$
- Độ rọi E : là tỷ số giữa quang thông thu được bởi một phần tử bề mặt và diện tích của phần tử đó, có đơn vị là W/m² : $E = d\Phi/dA$

	Đơn vị thị giác	Đ/v năng lượng
-		oat (W)
- Thông lượng	lumen (lm)	oat/sr (W/Sr)
- Cường độ	candela (cd)	W/Sr.m ²
- Độ chói	cd/m ²	W/m
- Độ rọi	lumen/m ² (lux)	
- Năng lượng	lm.s	
- Độ nhạy của mắt người cực đại với bước sóng	=0,555 micromet	

Các nguồn sáng cơ bản



Đèn sợi đốt



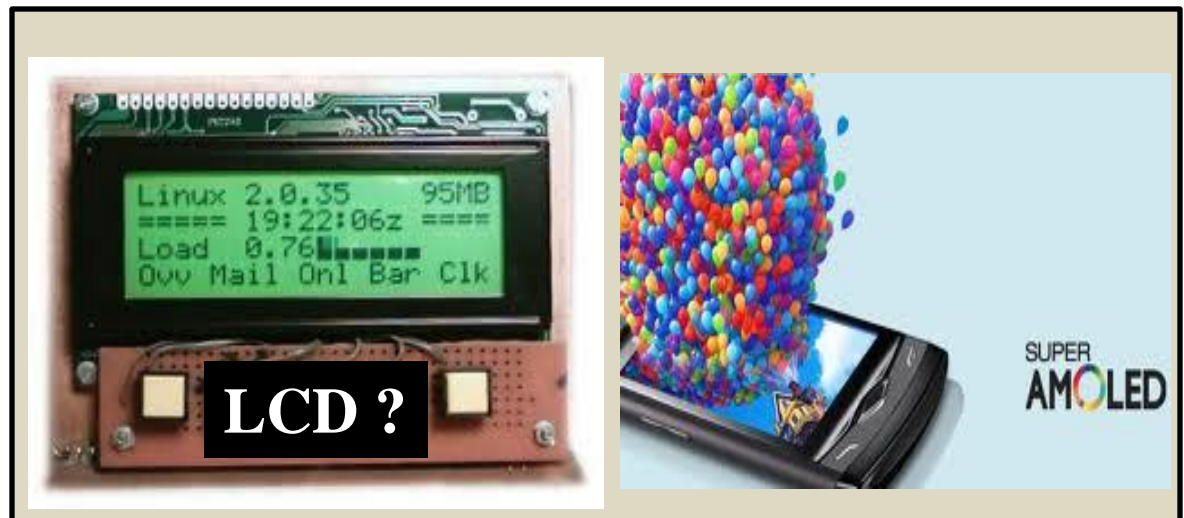
Đèn ne-on



Led



Laser



LCD ?

Đèn sợi đốt

- Là bóng thủy tinh chứa khí hiếm hoặc halogen và sợi đốt làm bằng vonfram. Phát ra ánh sáng nhìn thấy được
- Ưu điểm: thông lượng ánh sáng lớn, dải phổ rộng, có thể thay đổi được thông lượng ánh sáng
- Nhược điểm: thời gian sử dụng ngắn hơn so với led, dễ vỡ, độ quán tính lớn

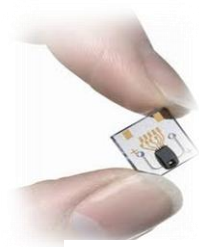


tungsten-halogen lamp

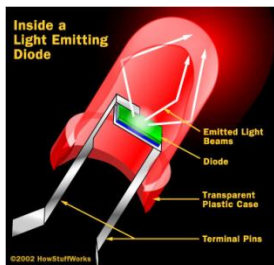
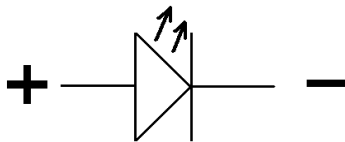
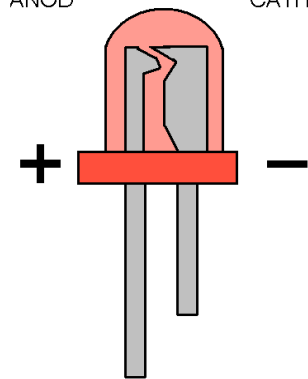
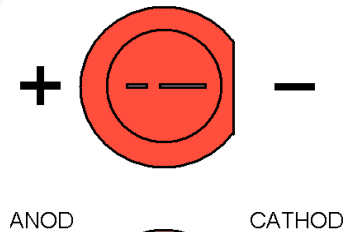


tungsten filament

Very thin metal wire emitting light rays when an electric current passes through it



Đèn Led (LIGHT EMITTING DIODE)



- Nguyên lý: năng lượng (quang năng) được giải phóng khi có sự tái hợp cặp tử-lỗ trống ở phần tiếp giáp p-n và phát sinh ra các photon.

- Ưu điểm của led và led 7 thanh:

- + Tần số hoạt động cao, độ bền tốt, độ tin cậy cao, tuổi thọ cao (10 năm).

- + Công suất tiêu thụ bé, không gây sụt áp khi bắt đầu hoạt động

- + Khi tăng nhiệt độ và dòng cung cấp cho led không đổi thì cường độ sáng sẽ giảm trung bình khoảng 1.5 đến 2 mV/ °C

- + Kích thước bé có thể ghép nối diện tích rộng

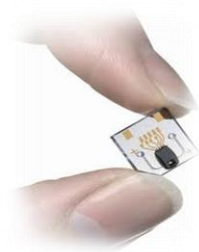
- + Cường độ sáng phụ thuộc vào dòng điện đi qua, do đó có thể điều khiển được cường độ sáng thích hợp

- + Màu sắc ánh sáng phụ thuộc vào vật liệu ví dụ: GaAs: đỏ, GaAsP đỏ hoặc vàng, GaP đỏ hoặc xanh.

- + Khả năng chuyển mạch nhanh (1 ns)

- + Điện áp sụt trên led phụ thuộc vào màu với dòng thuận cung cấp cỡ 20 mA

- + Bức xạ của led là đơn sắc



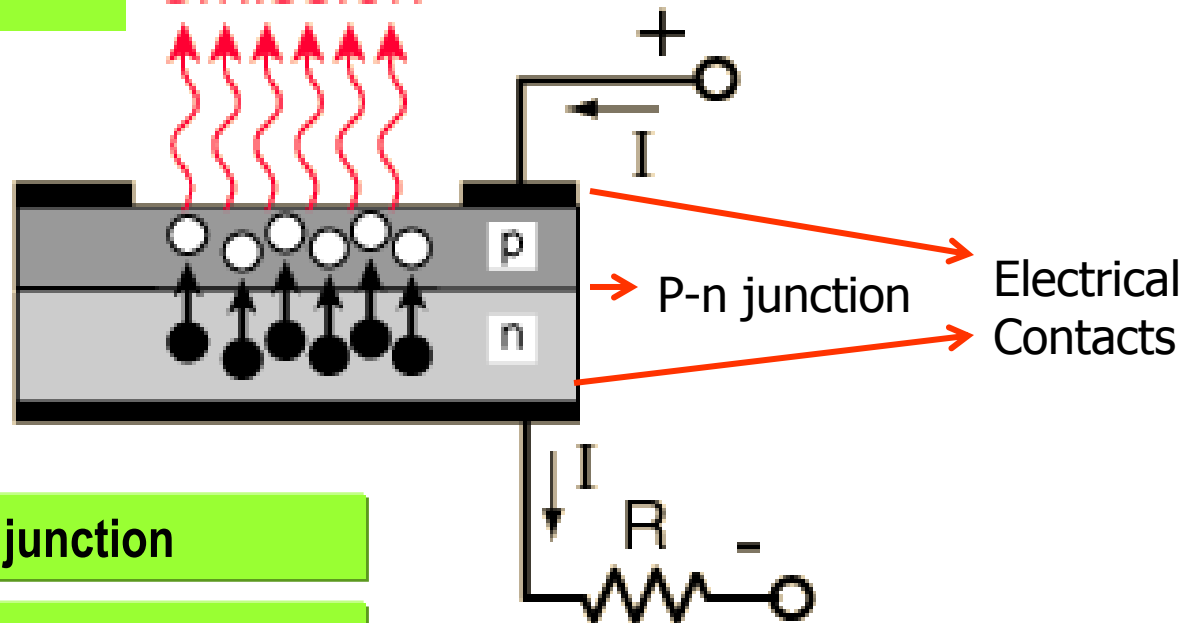
How does it work?

Recombination produces light!!

$$\lambda_g = hc/E_g$$

Light emission

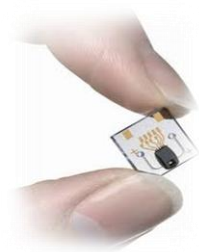
Junction is biased to produce even more e-h and to inject electrons from n to p for recombination to happen



A typical LED needs a p-n junction

There are a lot of electrons and holes at the junction due to excitations

Electrons from n need to be injected to p to promote recombination



Visible LED

Definition:

LED which could emit visible light, the band gap of the materials that we use must be in the region of visible wavelength = 390- 770nm. This coincides with the energy value of 3.18eV- 1.61eV which corresponds to colours as stated below:

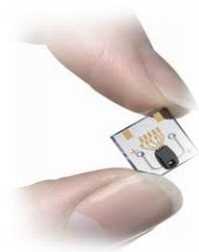
Colour of an
LED should
emits

Violet	$\sim 3.17\text{eV}$
Blue	$\sim 2.73\text{eV}$
Green	$\sim 2.52\text{eV}$
Yellow	$\sim 2.15\text{eV}$
Orange	$\sim 2.08\text{eV}$
Red	$\sim 1.62\text{eV}$

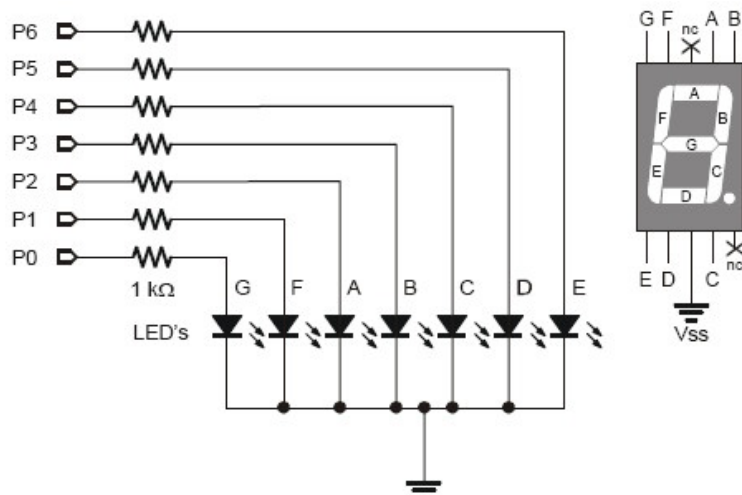
The band gap, E_g
that the
semiconductor
must posses to
emit each light



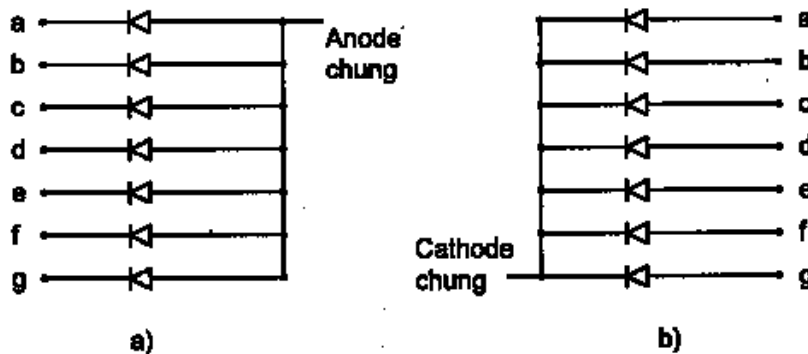
Led đỏ điện áp sụt áp khoảng 1.6 đến 2 V
Led da cam điện áp sụt áp khoảng 2.2 đến 3 V
Led lá cây điện áp sụt áp khoảng 2.7 đến 3.2 V
Led vàng điện áp sụt áp khoảng 2.4 đến 3 V
Led xanh da trời điện áp sụt áp khoảng 3 đến 5 V



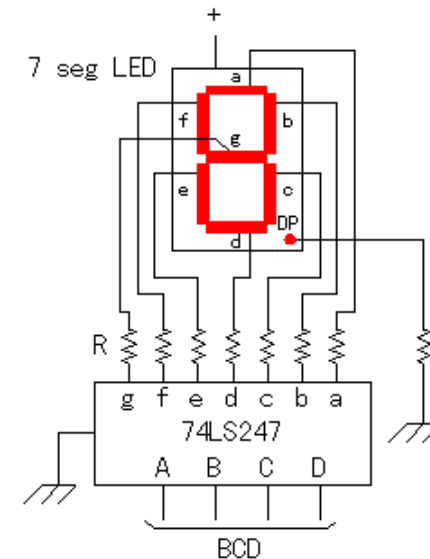
LED 7 thanh



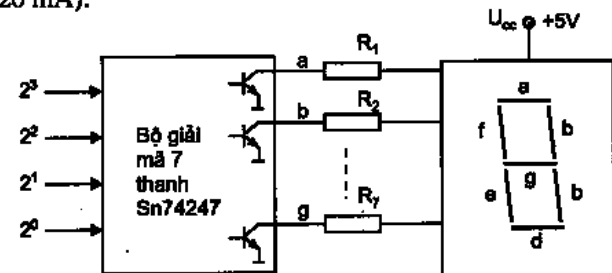
Trong các bộ hiển thị bảy thanh dùng đèn LED người ta mắc theo hai cách: Nối Anốt chung hoặc Catốt chung (hình 2-11a, b).



Hình 2-11. Sơ đồ mắc bộ hiển thị 7 thanh
a) Anốt chung; b) Catốt chung



Ví dụ: Vì mạch SN74247 (hình 2-10) có các đầu ra hở cực góp để điều khiển LED có chung Anốt + 5V. Các điện trở R_1, \dots, R_7 hạn chế dòng đốt Anốt (5 - 20 mA).



Hình 2-10. Bộ giải mã 7 thanh



Laser

Laser (đọc là **la-de**) là tên viết tắt của cụm từ **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation trong tiếng Anh, và có nghĩa là "khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích".

Electron tồn tại ở các mức năng lượng riêng biệt trong một nguyên tử. Các mức năng lượng có thể hiểu là tương ứng với các quỹ đạo riêng biệt của electron xung quanh hạt nhân. Electron ở bên ngoài sẽ có mức năng lượng cao hơn những electron ở phía trong. Khi có sự tác động vật lý hay hóa học từ bên ngoài, các hạt electron này cũng có thể nhảy từ mức năng lượng thấp lên mức năng lượng cao hay ngược lại. Các quá trình này có thể sinh ra hay hấp thụ các tia sáng (photon) theo giả thuyết của Albert Einstein. Bước sóng (do đó màu sắc) của tia sáng phụ thuộc vào sự chênh lệch năng lượng giữa các mức. Có nhiều loại laser khác nhau, có thể ở dạng hỗn hợp khí, ví dụ He-Ne, hay dạng chất lỏng, song có độ bức xạ lớn nhất vẫn là tia laser tạo bởi các thành phần từ trạng thái chất rắn.

<http://vi.wikipedia.org/wiki/Laser>



Laser

Một ví dụ về cơ chế hoạt động của laser có thể được miêu tả cho [laser thạch anh](#).

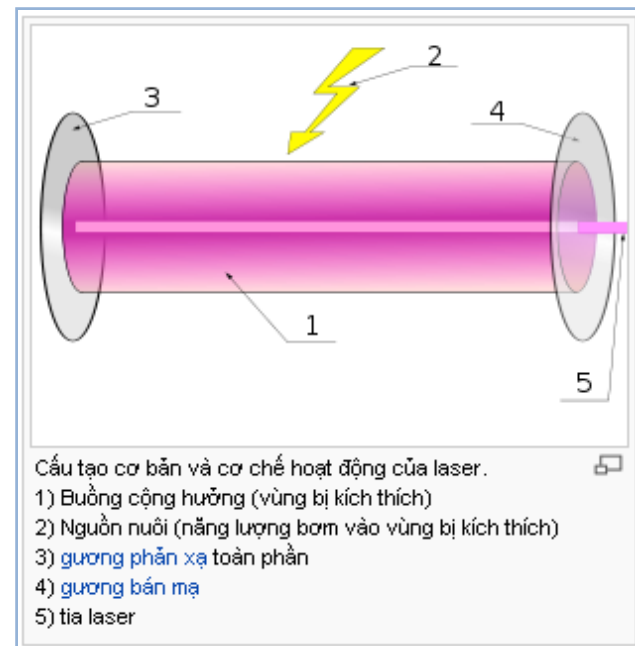
Dưới sự tác động của hiệu điện thế cao, các electron của thạch anh di chuyển từ mức năng lượng thấp lên mức năng lượng cao tạo nên trạng thái đảo nghịch mật độ của electron.

Ở mức năng lượng cao, một số electron sẽ rơi ngẫu nhiên xuống mức năng lượng thấp, giải phóng hạt [ánh sáng](#) được gọi là [photon](#).

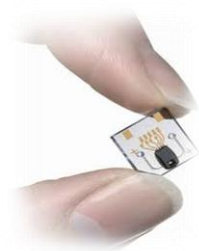
Các hạt photon này sẽ toả ra nhiều hướng khác nhau từ một nguyên tử, va phải các nguyên tử khác, kích thích electron ở các nguyên tử này rơi xuống tiếp, sinh thêm các photon cùng [tần số](#), cùng [pha](#) và cùng hướng bay, tạo nên một phản ứng dây chuyền khuếch đại dòng ánh sáng.

Các hạt photon bị phản xạ qua lại nhiều lần trong vật liệu, nhờ các gương để tăng hiệu suất khuếch đại ánh sáng.

Một số photon ra ngoài nhờ có [gương bán mạ](#) tại một đầu của vật liệu. Tia sáng đi ra chính là tia laser.



<http://vi.wikipedia.org/wiki/Laser>

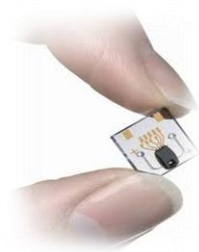


Tính chất Laser và an toàn

- Độ định hướng cao: tia laser phát ra hầu như là chùm song song do đó khả năng chiếu xa hàng nghìn km mà không bị phân tán.
- Tính đơn sắc rất cao: chùm sáng chỉ có một màu (hay một bước sóng) duy nhất. Do vậy chùm laser không bị tán xạ khi đi qua mặt phân cách của hai môi trường có chiết suất khác nhau. Đây là tính chất đặc biệt nhất mà không nguồn sáng nào có.
- Tính đồng bộ của các photon trong chùm tia laser.
- Có khả năng phát xung cực ngắn: cỡ mili giây (ms), nano giây, pico giây, cho phép tập trung năng lượng tia laser cực lớn trong thời gian cực ngắn.

Laser với cường độ thấp, chỉ là vài miliwatt, cũng có thể nguy hiểm với mắt người. Tại bước sóng mà giác mạc mắt và thủy tinh thể có thể tập trung tốt, nhờ tính đồng nhất và sự định hướng cao của laser, một công suất năng lượng lớn có thể tập trung vào một điểm cực nhỏ trên võng mắt. Kết quả là một vết cháy tập trung phá hủy các tế bào mắt vĩnh viễn trong vài giây, thậm chí có thể nhanh hơn. Độ an toàn của laser được xếp từ I đến IV. Với độ I, tia laser tương đối an toàn. Với độ IV, thậm chí chùm tia phân kỳ có thể làm hỏng mắt hay bỏng da. Các sản phẩm laser cho đồ dân dụng như máy chơi CD và bút laser dùng trong lớp học được xếp hạng an toàn từ I, II, hay III. (Xem thêm an toàn laser)

<http://vi.wikipedia.org/wiki/Laser>



<http://vi.wikipedia.org/wiki/Laser>

Ưu điểm và ứng dụng

- Tính chất này cho phép laser có thể lưu trữ vài gigabyte thông tin trên các rãnh của DVD. Cũng là điều kiện cho phép laser với công suất nhỏ vẫn có thể tập trung cường độ sáng cao và dùng để cắt, đốt và có thể làm bốc hơi vật liệu trong kỹ thuật cắt bằng laser. Đầu đọc CD và DVD hoạt động theo cùng cơ chế, duy chỉ có điều DVD chứa được lượng dữ liệu nhiều hơn bởi sử dụng tia laser bước sóng ngắn hơn (650 nano-mét so với 780 nano-mét của CD). Bước sóng ngắn hơn cho phép tăng tần suất va chạm, sản sinh photon và tương đồng với nó là dữ liệu. Dự kiến, thế hệ ổ quang mới dựa trên công nghệ ghi đĩa laser xanh (với bước sóng khoảng 405 nano-mét), có khả năng lưu trữ những bộ phim chất lượng cao (High Definition- HD).
- Máy đo khoảng cách bằng laser trong quân sự là loại thiết bị quan trọng
- Rada laser có độ chính xác cao hơn rada thông thường, có thể hướng dẫn hai tàu vũ trụ ghép nối chính xác trên không gian. Tuy nhiên, những thiết bị laser đều chịu ảnh hưởng của thời tiết, trời mù hoặc mưa thì khoảng cách đo bị giảm đi nhiều.
- Máy in laser, xóa vết xăm, y tế
- Ưu điểm: Nguồn đơn sắc, độ chói lớn, bước sóng xác định, thông lượng lớn, chùm tia mảnh, đội định hướng cao và truyền đi xa



Lưu ý và câu hỏi

- Còn tiếp phần 5-2 !!!