

**BỘ LAO ĐỘNG – THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ**



**GIÁO TRÌNH
VỀ KỸ THUẬT**

NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP



Hà Nội, năm 2019

**BỘ LAO ĐỘNG - THƯƠNG BINH VÀ XÃ HỘI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ**

GIÁO TRÌNH

MÔN HỌC: VẼ KỸ THUẬT NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP TRÌNH ĐỘ: TRUNG CẤP

*(Ban hành kèm theo Quyết định số: 248a/QĐ-CĐNKTCN ngày 17 tháng 9/2019
của Hiệu trưởng cao đẳng nghề Kỹ thuật Công nghệ)*



Hà Nội, năm 2019

TUYÊN BỐ BẢN QUYỀN

Tài liệu này thuộc loại sách giáo trình nên các nguồn thông tin có thể được phép dùng nguyên bản hoặc trích dùng cho các mục đích về đào tạo và tham khảo.

Mọi mục đích khác mang tính lệch lạc hoặc sử dụng với mục đích kinh doanh thiếu lành mạnh sẽ bị nghiêm cấm.

TaiLieu.vn

LỜI NÓI ĐẦU

Trong thời đại phát triển của khoa học và kỹ thuật ngày nay, cảm biến đóng vai trò quan trọng. Nó là thành phần quan trọng nhất trong các thiết bị đo hay trong các hệ thống điều khiển tự động. Có thể nói rằng nguyên lý hoạt động của một cảm biến, trong nhiều trường hợp thực tế cũng chính là nguyên lý của phép đo hay của phương pháp điều khiển tự động

Giờ đây không có một lĩnh vực nào mà ở đó không sử dụng cảm biến. Chúng có mặt trong các hệ thống tự động phức tạp, người máy, kiểm tra sản phẩm, tiết kiệm năng lượng, chống ô nhiễm môi trường. Cảm biến cũng được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực giao thông vận tải, hàng tiêu dùng, bảo quản thực phẩm, ô tô, trò chơi điện tử... Do đó, việc trang bị cho mình một kiến thức về các loại cảm biến là nhu cầu không thể thiếu của các kỹ thuật viên, kỹ sư của ngành điện cũng như những ngành khác.

Môn đùn kỹ thuật cảm biến là môn học chuyên môn của học viên ngành điện công nghiệp. Môn đùn này nhằm trang bị cho học viên các trường nghề những kiến thức về nguyên lý, cấu tạo, các mạch ứng dụng trong thực tế một số loại cảm biến... Với các kiến thức được trang bị học viên có thể áp dụng trực tiếp vào lĩnh vực sản xuất cũng như trong đời sống. Ngoài ra các kiến thức này dùng làm phương tiện để học tiếp các môn chuyên môn của ngành điện như: Trang bị điện, PLC... Môn học này cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho các cán bộ kỹ thuật, các học viên của các ngành khác quan tâm đến lĩnh vực này.

Hà Nội, ngày tháng 02 năm 2019

BAN CHỦ NHIỆM SOẠN GIÁO TRÌNH

NGHỀ: ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ

MỤC LỤC

Lời nói đầu.....	2
Bài mở đầu: Cảm biến và ứng dụng.....	5
Bài 1: Cảm biến quang.....	10
Bài 2: Cảm biến nhiệt độ.....	35
Bài 3: Cảm biến tiệm cận và một số cảm biến xác định khoảng cách.....	50
Bài 4: Các loại cảm biến khác.....	74
Tài liệu tham khảo.....	89

TaiLieu.vn

GIÁO TRÌNH MÔ ĐUN

Mô đun: Kỹ thuật cảm biến

Mã mô đun: MĐ ĐCN 26

Vị trí, tính chất, ý nghĩa và vai trò của mô đun:

- Mô đun Kỹ thuật cảm biến học sau các môn học, mô đun Kỹ thuật cơ sở, đặc biệt các môn học, mô đun: Mạch điện, Điện tử cơ bản, Đo lường điện và Trang bị điện.

- Là mô đun chuyên môn nghề. Kỹ thuật cảm biến ngày càng được sử dụng rộng rãi, đặc biệt trong ngành tự động hóa nói chung và tự động hóa công nghiệp nói riêng. Mô đun trang bị những kiến thức và kỹ năng để người học hiểu rõ và sử dụng thành thạo các loại cảm biến được ứng dụng trong ngành công nghiệp.

Mục tiêu của mô đun:

- Về kiến thức:
 - + Phân tích được cấu tạo, nguyên lý hoạt động của các loại cảm biến;
- Về kỹ năng:
 - + Lựa chọn được các loại cảm biến cho phù hợp yêu cầu cụ thể;
 - + Đấu nối và sử dụng được các loại cảm biến trong mạch điện cụ thể;
- Về năng lực tự chủ và trách nhiệm:
 - + Cẩn thận, sáng tạo đảm bảo an toàn cho người cũng như các linh kiện, thiết bị khác;

BÀI MỞ ĐẦU: CẢM BIẾN VÀ ỨNG DỤNG

Mã bài: ĐCN 26 – 01

Giới thiệu:

Cảm biến là phần tử có chức năng tiếp thu, cảm nhận tín hiệu đầu vào ở dạng này và đưa ra tín hiệu ở dạng khác. Cảm biến được ứng dụng rất rộng rãi trong mọi lĩnh vực, đặc biệt trong lĩnh vực tự động hóa công nghiệp.

Mục tiêu:

- Trình bày được khái niệm, đặc điểm, phạm vi ứng dụng của cảm biến;
- Phân biệt được các loại cảm biến;
- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, logic khoa học, tác phong công nghiệp.

Nội dung chính:

1. Khái niệm cơ bản về các bộ cảm biến

1.1. Khái niệm

Cảm biến là thiết bị dùng để cảm nhận biến đổi các đại lượng vật lý, các đại lượng không có tính chất điện cần đo thành các đại lượng có tính chất điện có thể đo và xử lý được.

Các đại lượng cần đo (m) thường không có tính chất điện (như nhiệt độ, áp suất, lưu lượng, vận tốc...) tác động lên cảm biến cho ta một đặc trưng (s) mang tính chất điện (như dòng điện, điện áp, trở kháng) chứa đựng thông tin cho phép xác định giá trị của đại lượng cần đo. Đặc trưng (s) là hàm của đại lượng cần đo:

$$s = f(m)$$

s : Đại lượng đầu ra hay còn gọi là đáp ứng đầu ra của cảm biến.

m : đại lượng đầu vào hay là kích thích (có nguồn gốc đại lượng cần đo)

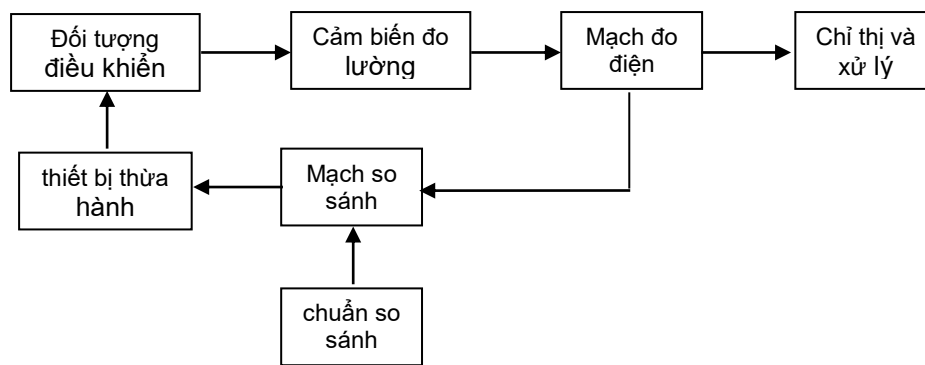
f : là hàm truyền đạt của cảm biến. Hàm truyền đạt thể hiện cấu trúc của thiết bị biến đổi và thường có đặc tính phi tuyến, điều đó làm giới hạn khoảng đo và dẫn tới sai số. Trong trường hợp đại lượng đo biến thiên trong phạm vi rộng cần chia nhỏ khoảng đo để có hàm truyền tuyến tính (Phương pháp tuyến tính hoá từng đoạn). Thông thường khi thiết kế mạch đo người ta thực hiện các mạch hỗ trợ để hiệu chỉnh hàm truyền sao cho hàm truyền đạt chung của hệ thống là tuyến tính.

Giá trị (m) được xác định thông qua việc đo đặc giá trị (s)

Các tên khác của các bộ cảm biến: Sensor, bộ cảm biến đo lường, đầu dò, van đo lường, bộ nhận biết hoặc bộ biến đổi.

Trong hệ thống đo lường và điều khiển, các bộ cảm biến và cảm biến ngoài việc đóng vai trò các “giác quan” để thu thập tin tức còn có nhiệm vụ là “nhà phiên dịch” để cảm biến các dạng tín hiệu khác nhau về tín hiệu điện. Sau đó sử dụng các mạch đo lường và xử lý kết quả đo vào các mục đích khác nhau.

**Sơ đồ nguyên tắc của một hệ thống đo lường điều khiển*

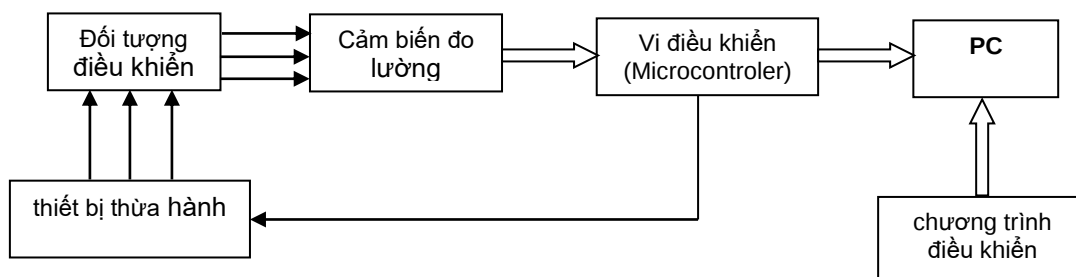


Hình 1: Sơ đồ nguyên tắc của một hệ thống đo lường điều khiển

Tham số trạng thái X của đối tượng cần điều khiển được cảm biến sang tín hiệu y nhờ cảm biến đo lường. Tín hiệu lỗi ra được mạch đo điện xử lý để đưa ra cơ cấu chỉ thị.

Trong các hệ thống điều khiển tự động, tín hiệu lỗi ra của mạch đo điện sẽ được đưa trở về lỗi sau khi thực hiện thao tác so sánh với chuẩn một tín hiệu lỗi ra sẽ khởi phát thiết bị thừa hành để điều khiển đối tượng.

* Trong hệ thống đo lường điều khiển hiện đại, quá trình thu thập và xử lý tín hiệu thường do máy tính đảm nhiệm.



Hình 2: Hệ thống đo lường và điều khiển ghép PC

Trong sơ đồ trên đối tượng điều khiển được đặc trưng bằng các biến trạng thái và được các bộ cảm biến thu nhận. Đầu ra của các bộ cảm biến được phối ghép với vi điều khiển qua dao điện. Vi điều khiển có tổ oạt động độc lập theo chương trình đã được cài đặt sẵn hoặc phối ghép với máy tính. Đầu ra của bộ vi điều khiển được phối ghép với cơ cấu chấp hành nhằm tác động lên quá trình hay đối tượng điều khiển. Chương trình cho vi điều khiển được cài đặt thông qua máy tính hoặc các bộ nạp chương trình chuyên dụng. Đây là sơ đồ điều khiển tự động quá trình (đối tượng), trong đó bộ cảm biến đóng vai trò phần tử cảm nhận, đo đạc và đánh giá các thông số của hệ thống. Bộ vi điều khiển làm nhiệm vụ xử lý thông tin và đưa ra tín hiệu quá trình.

Từ sen-sor là một từ mượn tiếng la tinh Sensus trong tiếng Đức và tiếng Anh được gọi là sensor, trong tiếng Việt thường gọi là bộ cảm biến. Trong kỹ thuật còn hay gọi thuật ngữ đầu đo hay đầu dò

Các bộ cảm biến thường được định nghĩa theo nghĩa rộng là thiết bị cảm nhận và đáp ứng các tín hiệu và kích thích.

1.2. Phân loại các bộ cảm biến.

Cảm biến được phân loại theo nhiều tiêu chí. Người ta có thể phân loại cảm biến theo các cách sau:

1.2.1. Theo nguyên lý chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích.

Hiện tượng	Chuyển đổi giữa đáp ứng và kích thích
Vật lý	Nhiệt điện. Quang điện Quang từ. Điện từ Từ điện ...vv
Hóa học	Biến đổi hóa học Biến đổi điện hóa Phân tích phổ ...vv
Sinh học	Biến đổi sinh hóa Biến đổi vật lý Hiệu ứng trên cơ thể sống ..vv

1.2.2. Theo dạng kích thích.

Kích thích	Các đặc tính của kích thích
Âm thanh	Biên pha, phân cực Phổ Tốc độ truyền sóng ...vv
Điện	Điện tích, dòng điện Điện thế, điện áp Điện trường Điện dẫn, hằng số điện môi ...vv

Từ	Từ trường Từ thông, cường độ từ trường. Độ từ thẩm ...vv
Cơ	Vị trí Lực, áp suất Gia tốc, vận tốc, ứng suất, độ cứng Mô men Khối lượng, tỉ trọng Độ nhớt...vv
Quang	Phổ Tốc độ truyền Hệ số phát xạ, khúc xạ ...VV
Nhiệt	Nhiệt độ Thông lượng Tỷ nhiệt ...vv
Bức xạ	Kiểu Năng lượng Cường độ ...vv

1.2.3. Theo tính năng.

- Độ nhạy
- Độ chính xác
- Độ phân giải
- Độ tuyến tính
- Công suất tiêu thụ

1.2.4. Theo phạm vi sử dụng

- Công nghiệp
- Nghiên cứu khoa học
- Môi trường, khí tượng
- Thông tin, viễn thông
- Nông nghiệp
- Dân dụng
- Giao thông vận tải...vv

1.2.5. Theo thông số của mô hình mạch điện thay thế

- Cảm biến tích cực (có nguồn): Đầu ra là nguồn áp hoặc nguồn dòng.

- Cảm biến thụ động (không có nguồn): Cảm biến gọi là thụ động khi chúng cần có thêm nguồn năng lượng phụ để hoàn tất nhiệm vụ đo kiểm, còn loại tích cực thì không cần. Được đặc trưng bằng các thông số: R , L , C ... tuyến tính hoặc phi tuyến.

2. Phạm vi ứng dụng.

Các bộ cảm biến được sử dụng nhiều trong các lĩnh vực kinh tế và kỹ thuật. Các bộ cảm biến đặc biệt và rất nhạy cảm được sử dụng trong các thí nghiệm các lĩnh vực nghiên cứu khoa học. Trong lĩnh vực tự động hoá người ta sử dụng các loại sensor bình thường cũng như đặc biệt.

BÀI 1: CẢM BIẾN QUANG

Mã bài: ĐCN 26 - 02

Giới thiệu

Cảm biến quang được sử dụng để chuyển thông tin từ ánh sáng nhìn thấy hoặc tia hồng ngoại (IR) và tia tử ngoại (UV) thành tín hiệu điện. Do đó nó được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp với nhiều ứng dụng khác nhau.

Mục tiêu

- Phân biệt được các loại cảm biến quang;
- Lắp đặt và điều chỉnh được các loại cảm biến quang;
- Rèn luyện tính cẩn thận, chính xác, logic khoa học, tác phong công nghiệp.

1. Ánh sáng và phép đo quang

1.1. Tính chất ánh sáng

Ánh sáng có 2 tính chất cơ bản là sóng và hạt.

Dạng sóng ánh sáng là sóng điện từ phát ra khi có sự chuyển điện tử giữa các mức năng lượng của nguyên tử nguồn sáng. Các sóng này có vận tốc truyền đi trong chân không là $c = 299792 \text{ km/s}$, trong môi trường vật chất là :

$$v = c/n \quad (5-1) \quad (n : \text{chiết suất của môi trường})$$

Tần số γ và bước sóng λ của ánh sáng liên hệ với nhau qua biểu thức :

$$\lambda = v/\gamma \quad (5-2) \quad \text{trong chân không : } \lambda = c/\gamma \quad (5-3)$$

Phổ ánh sáng được biểu diễn như hình 5.1

Tính chất hạt thể hiện qua sự tương tác của nó với vật chất. Ánh sáng bao gồm các hạt photon mang năng lượng W phụ thuộc duy nhất vào tần số.

$$W = h \cdot \gamma \quad (5-4) \quad (h = 6,6256 \cdot 10^{-24} \text{ Js : hằng số Planck})$$

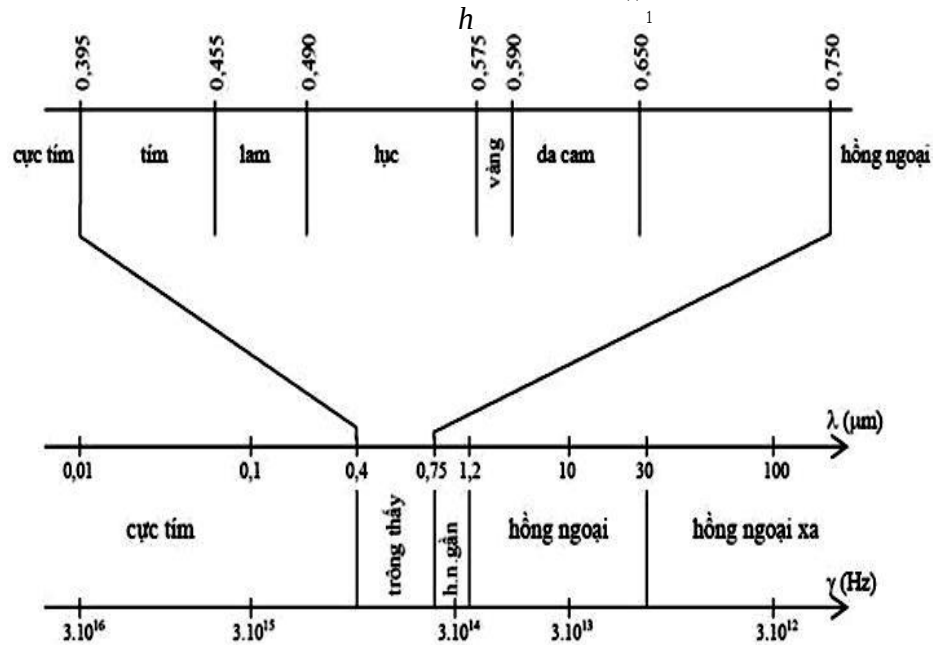
Các đại lượng quang học :

- Thông lượng : oat (W)
- Cường độ : oat/steradian (W/Sr)
- Độ chói : (W/Sr.m²)
- Năng lượng : J

Một điện tử được liên kết có năng lượng W_1 , để giải phóng các điện tử khỏi nguyên tử cần cung cấp cho nó năng lượng bằng với năng lượng liên kết W_1 .

Vậy một điện tử sẽ được giải phóng nếu nó hấp thụ một photon có năng lượng

$$W \geq W_1 \text{ nghĩa là } \frac{W}{h} \text{ hay } \frac{hc}{\lambda} \geq W_1 \quad (5-5)$$



Hình 5.1 Phân bố phổ ánh sáng

Bước sóng ngưỡng (bước sóng lớn nhất) của ánh sáng có thể gây nên hiện tượng giải phóng điện tử được tính từ biểu thức :

$$\lambda = \frac{hc}{W_1} \quad (5-6)$$

Hiện tượng hạt dẫn điện được giải phóng dưới tác dụng của ánh sáng làm thay đổi tính chất điện của vật liệu gọi là hiệu ứng quang điện. Đây là nguyên lý cơ bản của cảm biến quang.

1.2. Các đơn vị đo quang

1.2.1. Các đơn vị đo năng lượng

Năng lượng bức xạ Q: là năng lượng phát xạ, lan truyền hoặc hấp thụ dưới dạng bức xạ và được đo bằng Jun (J)

Quang thông φ: là công suất phát xạ, lan truyền hoặc hấp thụ, đo bằng oát (W) là đại lượng đặc trưng cho nguồn sáng.

$$F = \frac{dQ}{dt}$$

Cường độ sáng i: là quang thông phát ra theo một hướng dưới một đơn vị góc khối, có đơn vị là W/steradian

$$i = \frac{d\phi}{d\Omega}$$

Độ chói năng lượng L: là tỉ số giữa cường độ ánh 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 $W/steradian.m^2$

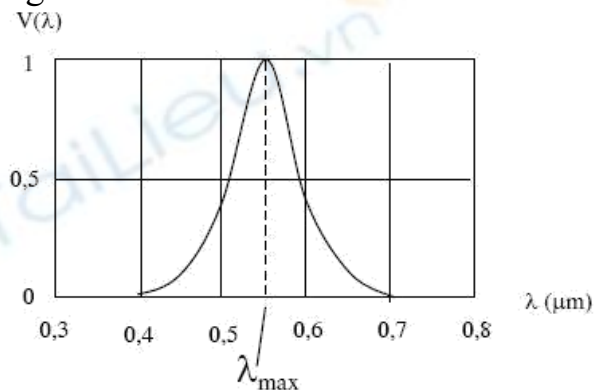
$$L = \frac{dI}{dA_n}$$

Độ rọi E: là tỉ số giữa quang thông thu được bởi một phần tử bề mặt và diện tích của phần tử đó; có đơn vị là W/m^2

$$E = \frac{dF}{dA}$$

1.2.2. Đơn vị đo thị giác

Mắt người cảm nhận được ánh sáng có phổ từ $0,38\mu m$ đến $0,76\mu m$ với độ nhạy phụ thuộc vào bước sóng ánh sáng. Độ nhạy của mắt cực đại ở bước sóng $\lambda = 0,555\mu m$ và giảm về hai phía hình:



Các đơn vị đo quang cơ bản

	Đơn vị thị giác	Đơn vị năng lượng
Thông lượng	Lumen (lm)	Oat (W)
Cường độ	Candela (cd)	Oat/sr (W/Sr)
Độ chói	Candela/m ² (cd/m ²)	Oat/sr.m ² (W/Sr.m ²)
Độ rọi	Lumen/m ² (lux)	W/m ²
Năng lượng	Lumen.sex (lm.s)	Jun (J)

1.3. Nguồn sáng

Một cảm biến quang chỉ hiệu quả khi phù hợp với bức xạ ánh sáng (phổ, thông lượng, tần số). Nguồn sáng quyết định mọi đặc tính của bức xạ.

* Đèn sợi đốt vonfram

Cấu tạo : gồm một sợi vonfram đặt trong bóng thủy tinh có chứa khí halogen để giảm bay hơi sợi đốt.

Đặc điểm :

- Nhiệt độ giống như nhiệt độ của một vật đen tuyệt đối.
- Phổ phát xạ nằm trong vùng nhìn thấy.
- Quang thông lớn, dải phổ rộng.
- Quán tính nhiệt lớn nên không thể thay đổi bức xạ nhanh chóng.
- Tuổi thọ thấp, dễ vỡ.

* Diode phát quang:

Cấu tạo : gồm nối P-N. Năng lượng giải phóng do sự tái hợp các hạt dẫn làm phát sinh các photon.

Đặc điểm :

- Thời gian hồi đáp nhỏ cỡ ns, có khả năng biến điệu tần số cao.
- Phổ ánh sáng hoàn toàn xác định, độ tin cậy cao.
- Tuổi thọ cao, kích thước nhỏ, tiêu thụ năng lượng thấp.
- Quang thông tương đối nhỏ và nhạy với nhiệt độ là nhược điểm hạn chế phạm vi sử dụng của đèn.

* Laser (Light Amplification by Stimulated Emission Radiation)

Laser là nguồn sáng rất đơn sắc, độ chói lớn, rất định hướng và đặc biệt là tính liên kết mạnh (cùng phân cực, cùng pha). Đối với những nguồn sáng khác, bức xạ phát ra là sự chồng chéo của rất nhiều sóng thành phần có phân cực và pha khác nhau. Trong trường hợp tia laser, tất cả các bức xạ cấu thành đều cùng pha cùng phân cực và bởi vậy khi chồng chéo lên nhau chúng tạo thành một sóng duy nhất và rất xác định.

Đặc điểm chính của laser là có bước sóng đơn sắc hoàn toàn xác định, quang thông lớn, có khả năng nhận được chùm tia rất mảnh với độ định hướng cao, truyền đi khoảng cách rất lớn.

2. Các linh kiện quang

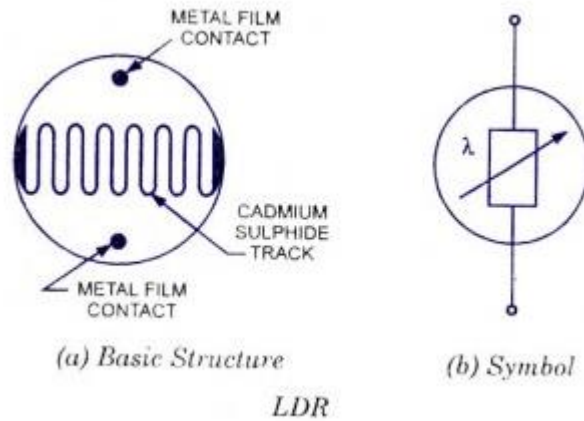
2.1. Điện trở quang

Điện trở quang (*Light Dependent Resistor*) hay còn gọi là quang trở hoặc pin cadimi sunphua (CdS). Nó cũng được gọi là chất quang dẫn.

Về cơ bản, nó là một tế bào quang điện hoạt động theo nguyên tắc quang dẫn hay có nghĩa nó là một điện trở có giá trị điện trở thay đổi theo cường độ ánh sáng. Nó được sử dụng nhiều trong các mạch cảm biến ánh sáng, mạch chuyển đổi,...

Một số ứng dụng của LDR như đồng hồ đo ánh sáng máy ảnh, đèn đường, radio đồng hồ, báo động ánh sáng, báo khói và đồng hồ ngoài trời.

Cấu trúc và hoạt động của LDR



Hình trên là cấu trúc của pin CdS, phía trên và dưới cùng là các màng kim loại được nối với các đầu cực. Nó được thiết kế theo cách cung cấp diện tích tiếp xúc tối đa với hai màng kim loại. Và được đặt trong một hộp nhựa hoặc nhựa trong để có thể tiếp xúc được với ánh sáng, cảm nhận được sự thay đổi của cường độ ánh sáng. Thành phần chính để tạo ra LDR là cadmium sulphide (CdS), được sử dụng làm chất quang dẫn và không chứa hoặc rất ít electron khi không được chiếu sáng. Trong trường hợp không có ánh sáng, giá trị điện trở cao $M\Omega$. Ngay khi ánh sáng rơi vào cảm biến, các electron được giải phóng và độ dẫn của vật liệu tăng lên. Khi cường độ ánh sáng vượt quá một tần số nhất định, các photon được hấp thụ bởi chất bán dẫn cung cấp cho các electron dải năng lượng cần thiết để nhảy vào dải dẫn. Điều này làm cho các electron hoặc lỗ trống tự do dẫn điện và do đó giảm đáng kể điện trở ($<1 K\Omega$).

Phương trình cho thấy mối quan hệ giữa trở kháng và chiếu sáng là

$$R = AE^{-a}$$

Trong đó E - Illumination (lux)

R – trở kháng (Ω)

A, a - hằng số

Giá trị của a phụ thuộc vào CdS được sử dụng và vào quy trình sản xuất. Giá trị thường nằm trong khoảng 0,7 và 0,9.

Ưu điểm

- Giá rẻ và nhiều kích cỡ và hình dạng. LDR thực tế có sẵn trong nhiều kích cỡ và kiểu gói, kích thước phổ biến nhất có đường kính mặt khoảng 10 mm.
- Năng lượng và điện áp hoạt động của nó rất nhỏ

Nhược điểm

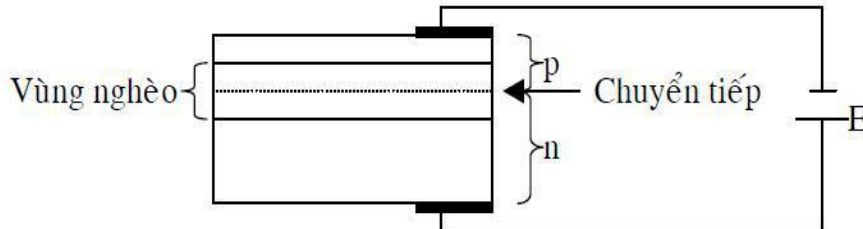
- Rất không chính xác với thời gian phản hồi khoảng hàng chục hoặc hàng trăm mili giây.

2.2. Diot cảm quang (Photodiode)

* Photo Diode :

- Cấu tạo của Photo Diode :

Photo diode là một tiếp giáp p-n được tạo bởi các vật liệu như: Ge, Si (cho vùng ánh sáng trông thấy và gần hồng ngoại), GaAs, InAs, CdHgTe, InSb (cho vùng ánh sáng hồng ngoại).



Hình 5.6 Cấu tạo của Photo Diode

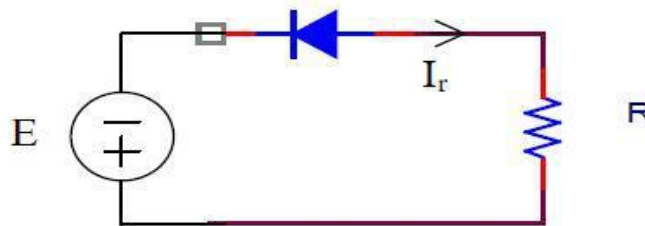
- Nguyên lý làm việc của photo diode:

Khi chiếu sáng lên bề mặt của photo diode bằng bức xạ có bước sóng nhỏ hơn bước sóng ngưỡng $\lambda < \lambda_n$ sẽ xuất hiện thêm các cặp điện tử– lỗ trống. Để các hạt này có thể tham gia vào độ dẫn và làm tăng dòng điện I ta cần phải ngăn quá trình tái hợp của chúng nghĩa là phải nhanh chóng tách cặp điện tử– lỗ trống dưới tác dụng của điện trường. Quá trình này chỉ xảy ra trong vùng nghèo và làm tăng dòng điện ngược.

- Các chế độ làm việc của Photo Diode :

+ Chế độ quang dẫn :

Ở chế độ quang dẫn, Photo Diode được phân cực ngược bởi nguồn sức điện động E như hình 5.7



Hình 5.7 Sơ đồ phân cực Photo Diode ở chế độ quang dẫn

Dòng điện ngược I_r chạy qua diode :

$$I_r = I_0 \exp\left(\frac{qV_d}{kT}\right) + I_p \quad (5-10)$$

Trong đó : I_0 - là dòng ngược khi không được chiếu sáng

I_p - là dòng quang điện khi ánh sáng đạt tới vùng nghèo sau khi qua bề dày X của lớp bán dẫn

$$I_p = K \cdot I_0 \cdot \exp(-X) \quad (5-11)$$

Trong đó : K - là hằng số

Φ_0 - là quang thông bên ngoài lớp bán dẫn

$\alpha \approx 10^5 \text{ [cm}^{-1}\text{]}$

V_d - là điện áp ngược trên photo diode

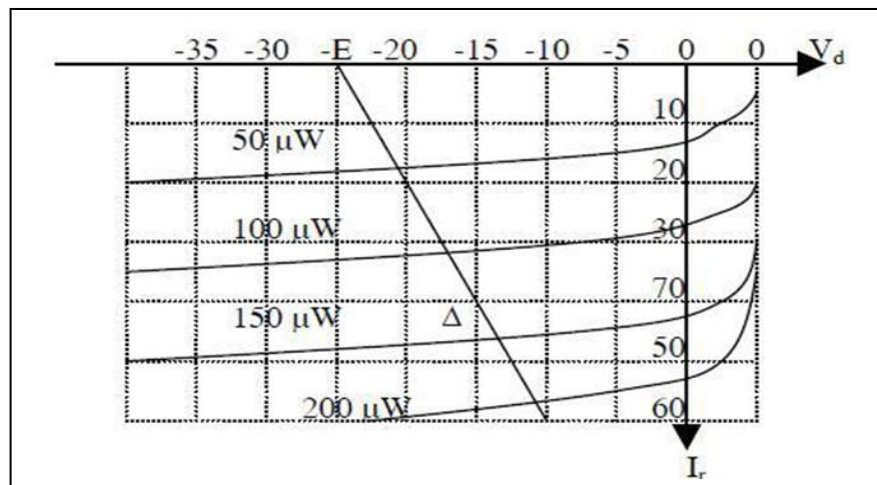
Khi V_d có giá trị đủ lớn thì : $I_r = I_0 + I_p$ (5-12)

do I_0 thường rất nhỏ nên : $I_r = I_p$ (5-13)

Viết phương trình cho mạch điện hình 5.7 : $E = V_R - V_d$ (5-14)

Trong đó : $V_R = R \cdot I_r$ (5-15) - là đường thẳng tải

Hay : $I_r = \frac{E}{R} - \frac{V_d}{R}$ (5-16)



Hình 5.8 Đặc tuyến $I - V$ với thông lượng khác nhau của photo diode

+ Chế độ quang thế :

Trong chế độ quang thế không có điện áp ngoài đặt vào Diode, Photo diode làm việc như một nguồn dòng. Đặc điểm của chế độ này là không có dòng điện tối do không có nguồn phân cực ngoài nên giảm được ảnh hưởng của nhiễu và cho phép đo quang thông nhỏ.

Khi chiếu sáng vào photo diode, các hạt dẫn không cơ bản tăng lên làm cho hàng rào điện thế của tiếp giáp thay đổi một lượng v_b khi đó ta có :

$$I_0 \exp\left(\frac{q v_b}{kT}\right) = I_0 + I_p$$

$$v_b = \frac{kT}{q} \ln\left(1 + \frac{I_p}{I_0}\right)$$

Sự thay đổi của hàng rào điện thế này được xác định bằng cách đo hiệu điện thế trên photo diode ở trạng thái hở mạch. Khi chiếu sáng yếu : $I_p \ll I_0$ thì :

$$v_b \approx \frac{kT}{q} \cdot \frac{I_p}{I_0} = \frac{kT}{q} \cdot \frac{K_0 \cdot \exp(X)}{I_0} \quad (5-19)$$

Do đó điện áp trên diode phụ thuộc tuyến tính vào thông lượng ánh sáng Φ
 Khi chiếu sáng mạnh : $I_p \gg I_0$ thì :

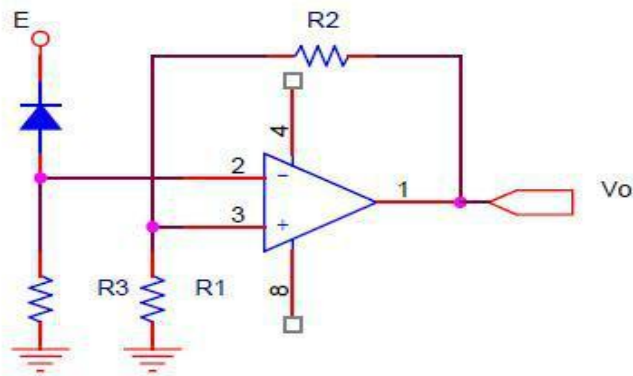
$$V_b = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_p}{I_0} \quad (5-20)$$

Với I_p được tính trong công thức ở trên thì từ đây ta thấy điện áp trên photo diode phụ thuộc theo thông lượng ánh sáng theo hàm logarit. - Độ nhạy của photo diode :

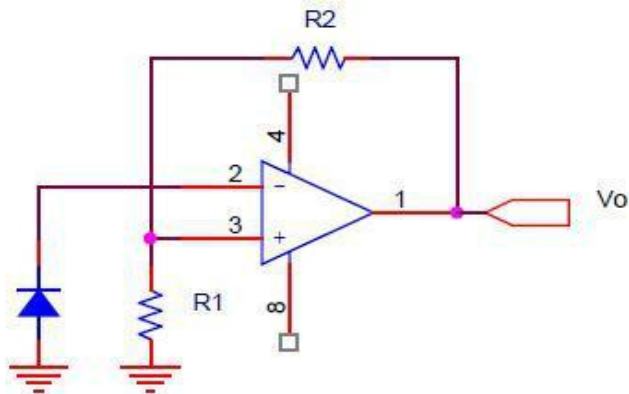
$$S = \frac{dI_p}{dI_0} K.e^X \quad (5-21)$$

- Ứng dụng của photo diode :

Photo diode có thể dùng để đo thông lượng ánh sáng, dò vạch dẫn đường cho mobile robot, làm đầu thu trong các bộ điều khiển từ xa không dây, Sơ đồ dùng photo diode :



Hình 5.9 Sơ đồ mạch đo dòng ngược dùng photo diode ở chế độ quang dẫn

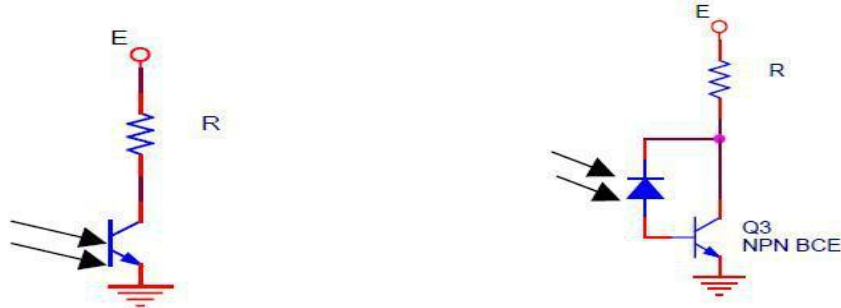


Hình 5.9 Sơ đồ mạch đo dòng dùng photo diode ở chế độ quang thế

2.3. Transistor quang (Phototransistor)

* Photo transistor :

- Cấu tạo của photo transistor và nguyên lý làm việc của transistor quang :
Photo transistor là transistor silic loại NPN mà vùng Bazơ có thể được chiếu sáng. Khi không có điện áp đặt lên Bazơ chỉ có điện áp đặt lên Colector, chuyển tiếp BC bị phân cực ngược như hình 5.10



a) Sơ đồ phân cực transistor quang b) Sơ đồ tương đương Hình

5.10 Sơ đồ mạch đo dùng transistor quang

Điện áp đặt vào E hầu như tập trung toàn bộ trên chuyển tiếp B-C, trong khi đó sự chênh lệch điện thế giữa Emítơ và Bazơ là không đáng kể ($V_{BE} \approx 0,7$

[V]). Khi chuyển tiếp B-C được chiếu sáng, nó hoạt động như một photo diode ở chế độ quang dẫn với dòng điện ngược

$$I_r = I_o + I_p \quad (5-22)$$

Trong đó : I_o - là dòng điện ngược khi không được chiếu sáng

I_p - là dòng quang điện khi có quang thông Φ_o chiếu qua bề dày X của lớp bán dẫn

I_r đóng vai trò như dòng Bazơ, nó sẽ gây nên dòng colector I_c :

$$I_c = (\beta + 1)I_r \quad (5-23)$$

Trong đó : β - là hệ số khuếch đại dòng khi emítơ nối chung

- Độ nhạy của transistor quang :

$$S = \frac{dI_c}{d\Phi_o} K (1) e^{-X} \quad (5-24)$$

- Ứng dụng của transistor quang :

Transistor có thể dùng để đo thông lượng ánh sáng, dò vạch dẫn đường cho mobile robot, làm đầu thu trong các bộ điều khiển từ xa không dây, đọc mã vạch, chế tạo các cảm biến quang trong công nghiệp ...

2.3 Các loại cảm biến quang

2.3.1. Cấu tạo cơ bản

* Tế bào quang dẫn :