

Olympic Vật lý Sinh viên Toàn quốc lần thứ XIV**Đề thi THỰC NGHIỆM – 1**

(Thời gian làm bài: 180 phút)

I. Mục đích thí nghiệm

Đùng điốt quang điện để xác định một số thông số của LED

II. Cơ sở lý thuyết

LED là tên gọi tắt của điốt phát sáng (Light Emitting Diode), về bản chất là một điốt bán dẫn nhưng được chế tạo đặc biệt để khi có dòng điện chạy qua thì điốt phát ra ánh sáng.

Là điốt, LED gồm 2 bán dẫn p và n ghép lại để có tiếp xúc $p-n$. Bán dẫn n dẫn điện bằng electron, bán dẫn p dẫn điện bằng lỗ trống, có thể hiểu là nguyên tử thiếu một electron. Khi nối hai cực của LED với một hiệu điện thế theo chiều thuận, tức là cực dương nối với bán dẫn p , cực âm nối với bán dẫn n , điện trường do hiệu điện thế gây nên trong bán dẫn đẩy electron cũng như lỗ trống chạy theo hai chiều khác nhau, gặp nhau ở khu vực gần tiếp xúc $p-n$. Electron gặp lỗ trống triệt tiêu lẫn nhau, thực chất đó là hiện tượng electron tự do ở ngoài nhảy vào mức năng lượng còn thiếu electron ở bên trong nguyên tử. Khi nhảy vào như thế, nguyên tử trở thành trung hòa điện, nhưng kèm theo có hiện tượng phát ra lượng tử năng lượng dưới dạng bức xạ.

Khi chế tạo điốt thông thường, người ta chú trọng sử dụng hiệu ứng chỉnh lưu nên vật liệu bán dẫn chính là Si và lượng tử năng lượng bức xạ vào cỡ hồng ngoại, chỉ làm nóng tiếp xúc chỉnh lưu. Khi chế tạo LED, người ta chú trọng hiệu ứng phát sáng nên vật liệu bán dẫn là GaAs, tính toán pha thêm tạp chất sao cho khi electron nhảy vào lỗ trống thì bức xạ phát ra nằm trong phạm vi ánh sáng nhìn thấy. Không những thế, phía trên tiếp xúc $p-n$ phải làm sao cho thật mỏng để ánh sáng từ lớp tiếp xúc $p-n$ phát được ra ngoài.

Về nguyên tắc khi một electron nhảy vào lỗ trống thì lượng tử ánh sáng (phôtôn) phát ra có năng lượng là $h\nu$ với h là hằng số Planck và ν là tần số của ánh sáng, phụ thuộc vào hiệu hai mức năng lượng của electron khi ở ngoài và khi đã nhảy vào lỗ trống. Không phải là tất cả electron chạy qua lớp tiếp xúc đều tham gia vào việc nhảy vào lỗ trống để phát ra ánh sáng và cũng không phải tất cả các lượng tử ánh sáng phát ra đều đi được ra ngoài. Bên cạnh hiệu ứng phát sáng còn một số hiệu ứng khác nữa nên năng lượng điện mà LED tiêu thụ chỉ

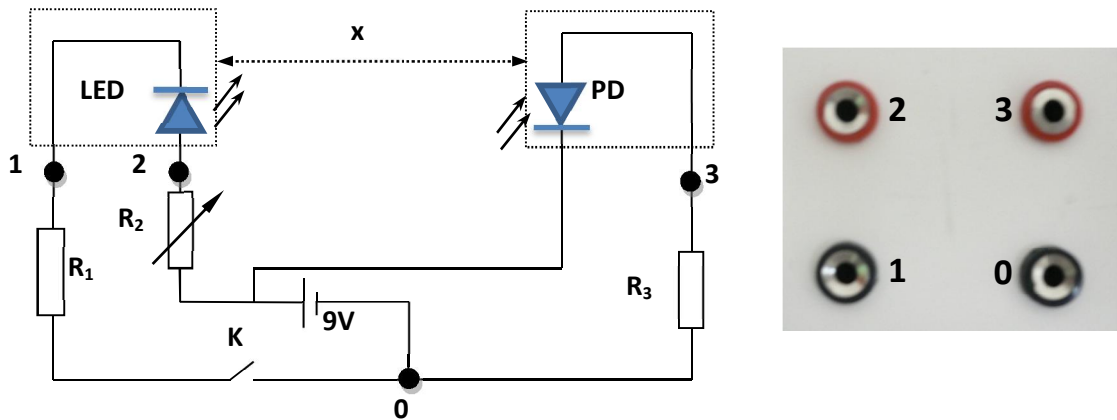
một phần được biến đổi thành năng lượng của ánh sáng do LED phát ra. Người ta gọi:

$$\eta = \frac{\Phi}{P_{LED}} \quad \text{là hiệu suất phát sáng của LED,}$$

với Φ là công suất bức xạ ánh sáng và P_{LED} là công suất điện mà LED tiêu thụ. Nói chung công suất bức xạ ánh sáng là tỉ lệ với dòng quang điện I_{PD} đo được khi ánh sáng của LED chiếu vào điốt quang điện (phôtôđiốt –PD) nên hiệu suất phát xạ η tỉ lệ với $\frac{I_{PD}}{P_{LED}}$. Như vậy dựa trên sự biến thiên của $\frac{I_{PD}}{P_{LED}}$ theo dòng điện chạy qua LED (i_{LED}) ta có thể xác định được dòng điện qua LED sao cho hiệu suất phát sáng của LED là cao nhất.

II. DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

1. Cho bộ thí nghiệm được mắc mạch theo sơ đồ sau đây:



Trong hộp thí nghiệm, đèn LED được gắn với nắp dưới của hộp còn điốt quang điện PD được gắn chặt với nắp trên. Ánh sáng từ đèn LED phát ra được chiếu vào điốt quang điện PD. Khoảng cách x giữa LED và PD có thể thay đổi nhờ dịch chuyển nắp trên của bộ thí nghiệm. Biến trở R_2 dùng để điều chỉnh hiệu điện thế V_{LED} của LED cũng như dòng điện i_{LED} chạy qua LED. Khóa K sử dụng để bật tắt đèn LED (xem hình vẽ).

* Giá trị của các linh kiện trong mạch: $R_1 = 220\Omega$; R_2 : biến trở; $R_3 = 1M\Omega$

* Xoay biến trở thuận chiều kim đồng hồ sẽ làm tăng giá trị điện trở của biến trở.

* Các đầu ra **0, 1, 2, 3** trên bộ thí nghiệm tương ứng với các vị trí đánh dấu trên mạch điện.

2. Đồng hồ đo điện vạn năng chỉ được dùng như là vôn kế đo hiệu điện thế một chiều. Hai thang đo chủ yếu dùng là 20V và 2V.

III. YÊU CẦU THÍ NGHIỆM

1. Khảo sát điốt quang điện: Đánh giá mối quan hệ giữa dòng quang điện sinh ra trên PD với cường độ ánh sáng chiếu đến bề mặt.

Để làm việc này hãy thực hiện các bước sau:

- Thay đổi giá trị biến trở đến giá trị lớn nhất có thể (xoay hết về bên phải theo chiều kim đồng hồ) và giữ cố định ở đó để cho việc khảo sát sau đó được dễ dàng.

- Khảo sát sự thay đổi của dòng quang điện I_{PD} theo khoảng cách x từ LED đến PD (dịch chuyển nắp trên so với nắp dưới của hộp thí nghiệm). Khoảng giá trị x khảo sát là từ 2 đến 17 cm

Ghi bảng số liệu và cách tính toán, xử lý số liệu để đưa ra dạng đồ thị $\frac{1}{\sqrt{I_{PD}}}$ theo

x . Nhận xét về đường đồ thị trên.

Giải thích tại sao đồ thị $\frac{1}{\sqrt{I_{PD}}}$ theo x thể hiện được mối quan hệ giữa dòng quang điện sinh ra trên PD và cường độ sáng chiếu đến.

Gợi ý:

- Dòng quang điện I_{PD} sinh ra khi chiếu ánh sáng vào PD chính là độ chênh lệch về dòng điện chạy qua mạch (xác định thông qua hiệu điện thế V_{30} rơi trên điện trở R_3) khi LED chiếu sáng (bật K) và khi LED không chiếu sáng (tắt K).

- Nếu ánh sáng phát ra từ LED có cường độ I_0 thì tại điểm cách LED một khoảng x cường độ sẽ là $(x) = \frac{I_0}{x^2}$.

- Dòng quang điện I_{PD} tỉ lệ thuận với cường độ sáng chiếu đến.

2. Xác định dòng điện qua LED ứng với hiệu suất phát sáng của LED là lớn nhất.

Để làm việc này hãy thực hiện các bước sau:

- Giữ cố định PD cách LED khoảng cách x có giá trị trong khoảng từ 4 đến 6 cm.

- Khảo sát thí nghiệm với các cường độ sáng của LED khác nhau (thông qua việc thay đổi giá trị biến trở). Các giá trị khảo sát ứng với bước xoay biến trở nửa vòng hoặc một vòng.

Kết quả cần đưa ra gồm:

+ Cách tiến hành thí nghiệm, công thức tính toán liên quan

+ Bảng số liệu thu được, và cách xử lý để đưa ra mối quan hệ $\frac{I_{PD}}{P_{LED}}$ theo dòng

điện chạy qua LED.

+ Đồ thị $\frac{I_{PD}}{P_{LED}}$ theo i_{LED}

+ Giá trị dòng điện qua LED để thu được hiệu suất phát sáng của LED là cực đại.