

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT



**BÁO CÁO HỌC THUẬT
NĂM HỌC 2021-2022**

**CÁC NGUỒN SÁNG KÍCH THÍCH
TRONG NGHIÊN CỨU VẬT LIỆU QUANG**

Người báo cáo: Nguyễn Xuân Chung

Đơn vị: Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học Cơ bản

Hà Nội, 12/2021

BÁO CÁO HỌC THUẬT HỌC KỲ I, NĂM HỌC 2021-2022

Mục đích: Giúp người đọc hiểu về cơ chế hoạt động, các ưu nhược điểm và ứng dụng của các loại nguồn sáng sử dụng trong nghiên cứu vật liệu quang

Tên báo cáo:

CÁC NGUỒN SÁNG KÍCH THÍCH TRONG NGHIÊN CỨU VẬT LIỆU QUANG

Tóm tắt

Trong ngành khoa học nghiên cứu vật liệu quang bán dẫn, nguồn sáng kích thích đóng vai trò quan trọng trong việc kích thích các mẫu để nghiên cứu hiệu ứng. Trong báo cáo này, tác giả trình bày về các loại nguồn sáng kích thích trong ngành nghiên cứu khoa học Vật liệu, đặc biệt là vật liệu quang-bán dẫn, bao gồm các nguồn sáng đơn sắc, nguồn sáng trắng, nguồn sáng công suất cao, nguồn sáng công suất thấp, nguồn sáng phát xạ liên tục và nguồn sáng phát xạ theo xung. Các đặc tính của các nguồn sáng này cũng như các ưu, nhược điểm và phạm vi ứng dụng của chúng được nêu ra và bàn luận, từ đó các nhà nghiên cứu có thể sử dụng các nguồn sáng phù hợp với mục đích của mình.

1. MỞ ĐẦU

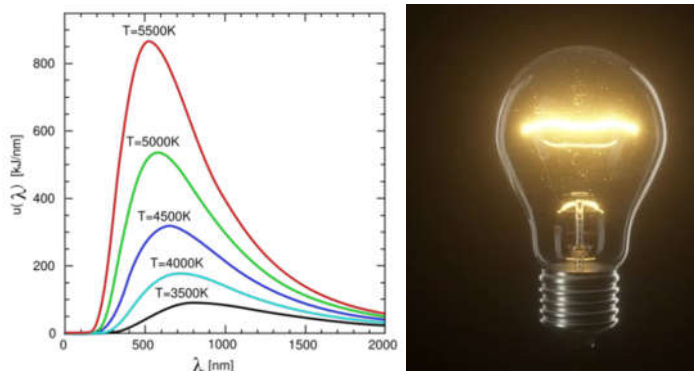
Nguồn sáng rất cần thiết cho tự nhiên và con người. Trong tự nhiên, nguồn sáng phổ biến là mặt trời đóng vai trò quan trọng trong quá trình quang hợp của cây xanh, duy trì vòng tuần hoàn của nước, và giúp các động vật có thể nhận biết thế giới xung quanh khi kiếm mồi... Đối với con người, ngoài nguồn sáng tự nhiên là mặt trời thì các nguồn sáng nhân tạo được tạo ra với các đặc tính khác nhau để phục vụ các mục đích khác nhau trong cuộc sống con người. Chẳng hạn ánh sáng cực tím (UV) giúp quá trình làm khô keo nhanh hơn, các đèn LED phát ánh sáng trắng để giúp mắt người có thể nhìn được các vật thể vào ban đêm, đèn LED hồng ngoại giúp cho camera hồng ngoại hoạt động được vào ban đêm, một số nguồn sáng được sử dụng trong các vườn cây để kích thích quá trình sinh trưởng và phát triển của cây... Trong nghiên cứu khoa học, đặc biệt là nghiên cứu, khảo sát tính chất của các vật liệu quang bán dẫn, nguồn sáng đóng vai trò rất quan trọng. Khi chiếu ánh sáng với bước sóng thích hợp vào các vật liệu bán dẫn, hiện tượng quang điện (bao gồm cả quang điện trong và quang điện ngoài) sẽ xảy ra, các điện tử trong nguyên tử được bứt ra và trở thành các điện tử tự do, làm cho độ dẫn điện của vật liệu thay đổi. Các nguồn sáng đơn sắc chiếu sáng liên tục sẽ giúp việc tìm ra các tính chất của các vật liệu đối với một bước sóng

nhất định. Bằng việc thay đổi bước sóng của nguồn sáng, tính chất của vật liệu dưới tác dụng của nguồn sáng phức tạp có thể được suy luận. Ngoài ra, các nguồn ánh sáng công suất cao cũng được sử dụng để kích thích mẫu trong những nghiên cứu đặc biệt. Có nhiều tính chất thú vị của vật liệu có thể được tìm ra khi kích bằng ánh sáng công suất lớn như hiện tượng bão hòa hạt tải điện, hiệu ứng phi tuyến ... Tuy nhiên, hầu hết các nguồn sáng công suất lớn thường là dạng xung với thời gian sinh công suất rất ngắn và chúng có tần số lặp xác định. Tuy nhiên, công suất trung bình của loại nguồn sáng này thấp hơn nhiều so với công suất đỉnh.

2. PHÂN LOẠI CÁC NGUỒN SÁNG TRONG NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

2.1. Nguồn sáng trắng phát xạ liên tục

Đặc điểm các loại nguồn sáng này là phát ra ánh sáng với nhiều màu sắc khác nhau, khi nhìn vào thì người quan sát sẽ thấy ánh sáng giống như ánh sáng trắng của mặt trời phát ra. Một trong những nguồn sáng ánh sáng liên tục phổ biến là bóng đèn sử dụng dây tóc làm bằng tungsten. Màu sắc của ánh sáng phát ra có thể thay đổi được nhờ vào việc thay đổi nhiệt độ của dây tóc (nhiệt độ được thay đổi thông qua hiệu điện thế đặt vào bóng đèn). Dây tóc bóng đèn có thể được coi như một vật đen tuyệt đối với phổ phát xạ được thể hiện trên hình 1 phía bên trái. Khi nhiệt độ tăng, đỉnh phát xạ dịch về phía bước sóng ngắn. Nói cách khác, khi nguồn sáng có nhiệt độ thấp, ánh sáng phát ra có màu đỏ, khi tăng nhiệt độ này lên thì màu của ánh sáng dịch về phía màu xanh. Đối với bóng đèn, khi đặt hiệu điện thế vào hai cực của dây tóc, dây tóc sẽ nóng lên do tác dụng nhiệt của dòng điện và phát ra ánh sáng (hình 1, bên phải).



Hình 1. Phổ phát xạ của vật đen tuyệt đối tại những nhiệt độ khác nhau (bên trái), ảnh của một bóng đèn dây tóc tungsten khi phát sáng (bên phải).

Với bóng điện sử dụng dây tóc tungsten, độ sáng thường không ổn định trong suốt quá trình phát sáng nên nguồn sáng này chỉ dùng để nghiên cứu định tính các hiện tượng quang trong vật liệu. Để nghiên cứu định lượng các tính chất của vật liệu quang, nguồn sáng có công suất phát xạ và phổ phát xạ ổn định cần được sử dụng. Một trong những nguồn sáng như vậy là đèn Xenon.



Hình 2. Cấu tạo của một bóng đèn Xenon do hãng Hamamatsu sản xuất với công suất vài chục W với độ ổn định cao, tuổi thọ lên tới vài nghìn giờ

Trong bóng đèn Xenon, chất khí được sử dụng để tạo ra ánh sáng là khí Xenon, hai điện cực được làm bằng kim loại quý có độ bền cao. Do không có dây tóc nên ánh sáng được tạo ra dựa trên hiện tượng phóng hồ quang giữa hai điện cực khi đặt hiệu điện thế khoảng vài nghìn vôn. Do vậy bóng đèn luôn cần một nguồn đi kèm để tạo ra hiệu điện thế cao để hiện tượng phóng điện xảy ra. Dòng điện tử chạy giữa hai điện cực va chạm với các nguyên tử khí Xenon và ánh sáng được phát ra. Bóng đèn Xenon phát xạ ánh sáng có cường độ rất ổn định, phổ phát xạ tương đối rộng từ vùng cực tím tới vùng cận hồng ngoại nên được ứng dụng vào việc phân tích định lượng các tính chất quang của vật liệu.

2.2. Nguồn sáng đơn sắc phát xạ liên tục

Một trong những cách tạo ra nguồn sáng đơn sắc có cường độ ổn định trong thời gian dài là sử dụng đèn Xenon kết hợp với máy đơn sắc để lọc ra một thành phần ánh sáng với bước sóng xác định. Độ đơn sắc của ánh sáng tạo ra phụ thuộc rất nhiều vào chất lượng của cách tử và độ rộng của khe (slit) lấy ánh sáng đầu ra của máy đơn sắc. Ưu điểm của nguồn sáng này là có thể lấy bất cứ bước sóng nào nằm trong phổ phát xạ của đèn và độ đơn sắc có thể điều chỉnh được. Một trong những nhược điểm của nguồn sáng này là khi lấy ánh sáng của bước λ thì đồng thời cũng nhận phổ bậc 2 của ánh sáng bước sóng $\lambda/2$, và phổ bậc 3 của ánh sáng bước sóng $\lambda/3$. Do vậy, kính lọc cần thiết để tách các thành phần không cần

thiết. Hơn nữa, giá thành của hệ cũng rất đắt và cần đảm bảo trực chuẩn tốt cho các thành phần trong hệ.

Cũng có thể kết hợp ánh sáng trắng phát xạ từ đèn Xenon với một kính lọc dải hẹp (bandpass filter)



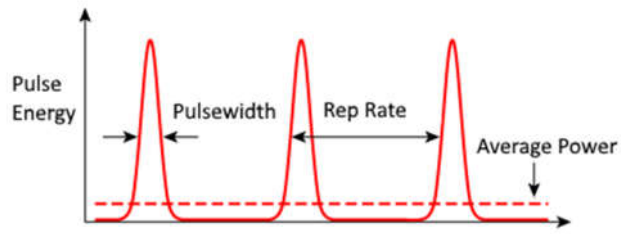
Hình 3. Một kính lọc dải hẹp (bandpass filter) của hãng Newport, ánh sáng sau khi lọc có đỉnh tại 450nm và có độ rộng là 10nm

Khi sử dụng kính lọc để tạo nguồn sáng đơn sắc, ưu điểm của thiết bị là gọn nhẹ, độ linh động cao, rẻ tiền, tránh được phổ bậc 2, bậc 3 của những ánh sáng không mong muốn. Tuy nhiên, kính lọc có một số nhược điểm như độ đơn sắc không cao lắm, bước sóng cần lọc và độ đơn sắc có trị số cố định do nhà sản xuất quy định, không thay đổi được như máy đơn sắc. Trong một số trường hợp, các kính lọc có thể phát xạ thêm ánh sáng khi bị kích thích, gây nhiễu loạn cho phép đo.

Ngoài ra, diode laser cũng được sử dụng để tạo ra ánh sáng đơn sắc liên tục. Các diode này hoạt động dựa trên chuyển mức vùng-vùng của điện tử kích thích. Công suất của nguồn sáng khá cao và có thể điều chỉnh được, bước sóng của ánh sáng không thay đổi được và phụ thuộc vào loại vật liệu làm thiết bị, đồng thời thiết bị khá cồng kềnh, giá thành cao. Tuy nhiên độ đơn sắc khá tốt, độ ổn định cũng khá cao.

2.3. Nguồn sáng đơn sắc công suất cao

Nguồn sáng này thường là các laser công suất cao. Các nguồn laser chủ yếu là các nguồn xung. Nguyên lý hoạt động của laser được giải thích như sau: Một đèn phát laser với bước sóng đơn sắc có công suất rất cao và có tần số lặp xác định. Tiếp theo, tia laser phát ra được dẫn đến một thiết bị OPO (optical parametric oscillator), tia sáng sau khi đi qua OPO sẽ được phân tách thành 2 tia với 2 bước sóng khác nhau, với năng lượng photon của chúng bằng năng lượng photon của laser kích thích ban đầu. Bằng cách thay đổi góc chiếu của tia laser ban đầu, bước sóng thu được cũng thay đổi theo, laser đơn sắc với bước sóng có thể điều chỉnh được tạo ra.



Hình 4. Đồ thị thể hiện năng lượng phát xạ của một laser xung công suất cao. Trong mỗi chu kỳ, ánh sáng laser chỉ được phát một khoảng thời gian ngắn

Loại laser này có một số ưu điểm: có thể thay đổi được bước sóng dựa vào việc quay OPO. Do tính phân cực của laser mà các ánh sáng không mong muốn có thể được loại bỏ thông qua các kính lọc phân cực. Trong trường hợp có nhiều bước sóng tồn tại với cùng phương phân cực thì có thể dùng lăng kính để tách. Tuy nhiên độ bền của đèn laser kích thích thường không được cao, laser này có thể gây nguy hiểm trong quá trình đo đạc hoặc có thể phá hủy các thiết bị khi người sử dụng không chú ý, ngoài ra thiết bị khá cồng kềnh và đắt tiền, hệ cũng yêu cầu kỹ năng trực chuẩn tốt để đảm bảo cho tia laser phát ra có cường độ ổn định với hiệu suất cao. Các laser công suất cao dạng xung thường được sử dụng trong việc khảo sát độ phân rã của phổ phát xạ (decay), nghiên cứu hiện tượng bão hòa trong phát xạ, sử dụng trong việc khảo sát nhân hạt tải điện bằng hệ đo hấp thụ cảm ứng.

3. KẾT LUẬN

Như vậy có rất nhiều loại nguồn sáng khác nhau với những tính chất khác nhau và đặc trưng cho từng loại nguồn sáng. Tùy theo từng mục đích của phép đo và tính chất của mẫu mà các nguồn sáng được lựa chọn một cách phù hợp. Với những phép đo cần độ chính xác cao, việc đo công suất của nguồn sáng kích thích kèm theo phép đo tính chất của vật liệu là rất cần thiết để hiệu chỉnh sự thăng giáng cường độ ánh sáng kích thích của nguồn sáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N.X. Chung, R. Limpens, and T. Gregorkiewicz, *Photoluminescence Quantum Yield in Ensembles of Si Nanocrystals*, *Advanced Optical Materials* **1600709**, 1-8, (2017)
2. N.X. Chung, R. Limpens, C. Weerd, A. Lesage, M. Fujii, and T. Gregorkiewicz, *Toward practical carrier multiplication: Donor/acceptor codoped Si nanocrystals in SiO₂*, *ACS Photonics*, **5**, 2843-2849 (2018).
3. C. Delure, M. Lannoo, G. Allan, and E. Martin, Auger and Coulomb charging effects in semiconductor nanocrystallites, *Physical Review Letters* **75**, 2228-2231, (1995).

4. J. F.P. Barbara, N.P. James, *Applications of atmospheric chemistry*, Chemistry of Upper and Lower Atmosphere (2000)