TRẮC QUANG

TÁC GIẢ

Michael Smith: Đại học công nghệ Cape Peninsula

THẨM ĐỊNH

Dr B. Ralph Chou: Giáo sư danh dự, Trường khúc xạ nhãn khoa và khoa học thị giác, Đại học Waterloo

Dr Vincent Nourrit: Đại học Manchester

NỘI DUNG CỦA CHƯƠNG

GIỚI THIỆU 2
GÓC KHỐI 2
ĐỘ SÁNG VÀ CƯỜNG ĐỘ CHIẾU SÁNG 3
NĂNG SUẤT SÁNG VÀ HIỆU SUẤT ÁNH SÁNG 3
ĐƠN VỊ ĐO BỨC XẠ VÀ TRẮC QUANG 4
ĐỘ RỌI 4
CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA TRẮC QUANG 4
CÁC NGUỒN SÁNG 6
LASER 9
ĐIỐT PHÁT QUANG (LED) 12

GIỚI THIỆU

Trắc quang (photometry) là ***sự nghiên cứu và đo ánh sáng về mặt đáp ứng thị giác mà nó gây ra***. Mắt không đáp ứng với độ nhạy cảm giống nhau đối với các ánh sáng màu khác nhau; độ nhạy cảm tối đa với ánh sáng màu lục và giảm ở cả 2 đầu của phổ nhìn thấy. Bởi vậy, mặc dù gây ra tổn hại đáng kể cho mắt nhưng ánh sáng hồng ngoại và tử ngoại không gây ra đáp ứng thị giác nhiều như so với một phần ánh sáng nhìn thấy.

Biểu đồ độ nhạy cảm (đôi khi còn gọi là *biểu đồ độ sáng*) cho biết độ chói tương đối của các màu khác nhau của quang phổ khi đánh giá bởi mắt bình thường. Đối với mắt thích ứng sáng trung bình với các cường độ trung bình (*nhìn ngoài sáng*), hiệu quả thị giác tối đa đạt được với ánh sáng bước sóng 555nm (màu vàng-lục). Giá trị đỉnh này chuyển dịch sang 500nm khi nhìn trong tối (của mắt thích ứng tối trung bình). Hiện tượng này được gọi là sự chuyển dịch Purkinje.

Phổ điện từ bao gồm một dải rộng các bước sóng. Tuy nhiên, trong trắc quang, chúng ta chỉ giới hạn ở ánh sáng nhìn thấy (chính thức là vùng từ 360 đến 830 nm), bởi vì mục đích trắc quang là đo ánh sáng để cho kết quả tương quan với thị giác của người.

(Nghiên cứu năng lượng bức xạ, gồm ánh sáng nhìn thấy, không liên quan đến đáp ứng thị giác của nó được gọi là **đo bức xạ**.)

Luật an toàn lao động buộc những người sử dụng lao động phải cung cấp đủ ánh sáng tiêu chuẩn thích hợp cho các mục đích cụ thể. Khi đảm bảo được là các trị số trắc quang phù hợp với tiêu chuẩn, con người được lợi về các mặt:

- giảm mỏi mắt
- giảm tai nạn
- điều kiện làm việc tốt hơn
- năng suất cao hơn
- cải thiện các phương tiện giải trí,v.v.

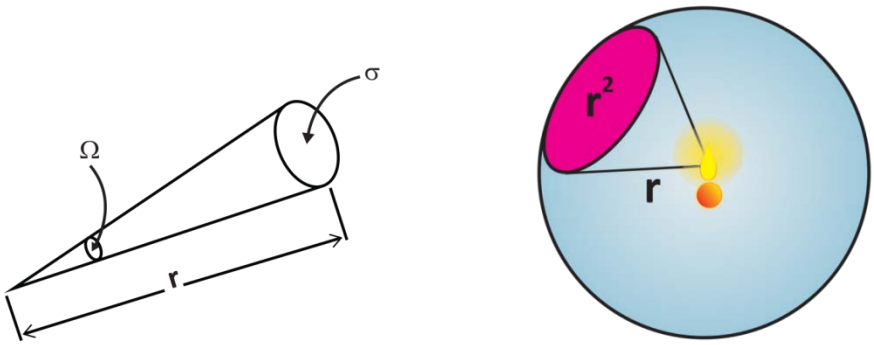
Hầu hết các nguồn sáng trên thực tế là nguồn nóng sáng hoặc huỳnh quang, phát ra năng lượng ở một khoảng rộng các bước sóng, chủ yếu là nhiệt hao phí ở phần hồng ngoại của quang phổ. Phân bố độ sáng không đồng đều ở tất cả các hướng và ánh sáng được phát ra từ các điểm khác nhau ở nguồn sáng. Tuy nhiên, chúng ta đơn giản hóa các vấn đề bằng giả định rằng:

(i) các kích thước của nguồn sáng là không đáng kể so với khoảng cách từ nguồn sáng tới bề mặt hoặc vật và
(ii) ánh sáng phát ra đều nhau ở tất cả các hướng.

Giả định đầu tiên nghĩa là chúng ta sẽ coi tất cả các nguồn đều là **nguồn điểm**. Giả định thứ hai tất nhiên nghĩa là chúng ta sẽ coi tất cả các nguồn là **đẳng hướng** (isotropic).

GÓC KHỐI

Đơn vị góc khối (hoặc steradian) là góc khối của một hình chóp (có đỉnh ở tâm của một hình cầu) cắt ra một diện tích bề mặt hình cầu bằng bình phương bán kính của nó.



Hình 8.1: *Hình biểu diễn một đơn vị góc khối*

Số đơn vị góc khối bằng diện tích của phần bề mặt hình cầu nằm trong góc chia cho bình phương của bán kính, tức là:

$$\text{Góc khối} = \frac{\text{Diện tích}}{r^2} = \frac{\text{Diện tích miệng chóp}}{(\text{Độ dài hình chóp})^2}$$

ĐỘ SÁNG (LUMINOUS POWER) VÀ CƯỜNG ĐỘ CHIẾU SÁNG (LUMINOUS INTENSITY)

Thuật ngữ chủ chốt của trắc quang là độ sáng (Φ) bởi vì nhận biết thị giác phụ thuộc vào tốc độ của năng lượng ánh sáng tới võng mạc chứ không phụ thuộc vào tổng năng lượng. Do đó, Khi quan sát ta sẽ thấy một vật được chiếu sáng mờ sẽ không trở nên sáng hơn được. ***Tốc độ của luồng năng lượng ánh sáng được gọi là độ sáng (quang thông)***.

Do đó, độ sáng là luồng năng lượng ánh sáng trên mỗi giây và có thể biểu diễn bằng jun/giây (watt). Tuy nhiên, trong trắc quang, chúng ta sử dụng đơn vị gọi là **lumen**.

Định nghĩa:

1 **lumen** là độ sáng được phát vào 1 đơn vị góc khối (1 steradian) từ một nguồn điểm có cường độ 1 candela.

Do đó, tổng số lumen phát ra ở tất cả các hướng từ một nguồn là độ sáng. Nếu xét ***độ sáng phát ra trên một đơn vị góc khối*** thì bây giờ chúng ta đang nói đến ***cường độ chiếu sáng***. Cường độ chiếu sáng được kí hiệu là **I** và có đơn vị là ***candela (cd)***.

Ở phần trước, chúng ta đã thấy rằng có 4π đơn vị góc khối quanh một nguồn điểm. Do đó, **I** liên quan với Φ theo hệ thức: (Φ (phi) là chữ Hi lạp).

$$\Phi = 4\pi I$$

NĂNG SUẤT SÁNG (LUMINOUS EFFICIENCY) VÀ HIỆU SUẤT ÁNH SÁNG (LUMINOUS EFFICACY)

Ánh sáng có thể sinh ra nhiều năng lượng bức xạ (năng lượng dưới dạng bức xạ điện từ) nhưng tương đối ít năng lượng ánh sáng (ánh sáng nhìn thấy). Đối với mục đích chiếu sáng, chúng ta cần hầu hết công suất ở vùng nhìn thấy. 2 khái niệm được dùng để cho biết hiệu quả của một nguồn sáng. **Năng suất sáng** cho biết **phần của tổng công suất bức xạ phát ra thực sự nhìn thấy được**. Đơn vị là lumen/ watt.

$$\text{Năng suất sáng} = \frac{\text{Độ sáng phát ra}}{\text{Tổng công suất bức xạ phát ra}}$$

Thí dụ, một bóng đèn sợi đốt 60 W sinh ra độ sáng bằng một bóng đèn huỳnh quang 15 W bởi vì một phần lớn công suất của bóng đèn sợi đốt là ánh sáng hồng ngoại không nhìn thấy. Năng suất sáng của nó thấp hơn nhiều bởi vì nó chuyển một phần lớn công suất đầu vào thành nhiệt hao phí.

Cần chú ý rằng công suất ra ở mỗi bước sóng nhân với một hệ số được quyết định bởi đáp ứng thị giác của mắt với ánh sáng có bước sóng đó. Mắt người nhạy cảm nhất với ánh sáng màu lục có bước sóng 555 nm. 1 watt của ánh sáng này "giá trị" bằng 683 lumen. Ngược lại, bức xạ hồng ngoại và tử ngoại không nhìn thấy được, do đó bằng 0 lumen. Sử dụng nguyên lí này, chúng ta thấy rằng 1 watt của ánh sáng màu đỏ 700 nm chỉ "giá trị" bằng 27 lumen.

Một đại lượng có liên quan là **hiệu suất ánh sáng**, nó là tỉ số **giữa tổng độ sáng phát ra bởi một nguồn sáng và tổng điện năng tiêu thụ**. Nó cho biết một nguồn có thể đạt được kết quả mong muốn với mức nào trong việc sinh ra độ sáng với năng lượng vào tối thiểu. Đơn vị đo là lumen/watt.

$$\text{Hiệu suất ánh sáng} = \frac{\text{Độ sáng phát ra}}{\text{Điện năng tiêu thụ}}$$

ĐƠN VỊ ĐO BỨC XẠ VÀ TRẮC QUANG

Khi đo ánh sáng phát ra từ một nguồn sáng hoặc đi tới một môi trường nhận, người ta có thể dùng 2 hệ đơn vị khác nhau. Trong hệ đo bức xạ quen thuộc, ánh sáng có các bước sóng khác nhau được coi như nhau, tức là không có bước sóng nào quan trọng hơn. Thí dụ năng lượng phát ra bởi một đèn trong một đơn vị thời gian được đo bằng watt. Trong một số hoàn cảnh, việc đo bằng watt này có thể không hữu ích. Thí dụ một đèn phát 10W ở bức xạ hồng ngoại thì mắt sẽ thấy như là đèn tắt. Do đó có một hệ khác là hệ trắc quang. Trong hệ này, các bước sóng được tính theo độ cảm thụ của mắt. Năng lượng phát ra bởi một đèn trong một đơn vị thời gian được đo bằng candela.

Do ánh sáng cấu tạo bởi nhiều bước sóng khác nhau nên không có một qui tắc đơn giản để chuyển đơn vị đo bức xạ thành đơn vị trắc quang.

ĐỘ RỌI (ILLUMINANCE)

Khi năng lượng ánh sáng đi tới một bề mặt, người ta gọi là bề mặt được chiếu sáng. Hiệu ứng này được mô tả bằng thuật ngữ độ rọi, được định nghĩa như sau:

Định nghĩa:

Độ **rọi** (kí hiệu là **E**) tại một điểm trên một bề mặt là **lượng trung bình của độ sáng trên một đơn vị diện tích bề mặt**.

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

Đơn vị độ rọi là lumen/m^2, được gọi là **lux**. Độ rọi tại một điểm trên một bề mặt không phụ thuộc vào bản chất của bề mặt bởi vì nó chỉ liên quan với ánh sáng tới. **Độ rọi tổng ở một bề mặt được chiếu bởi nhiều nguồn sáng đơn giản bằng tổng các độ rọi riêng lẻ.**

Độ sáng nhận thức được của một một nguồn rộng hoặc diện tích bề mặt rộng được gọi là **độ trưng** (luminance). Nó cho biết lượng **ánh sáng phản xạ từ** một diện tích rộng. Đơn vị SI cơ bản là **nit**:

$$1 \text{ nit} = 1 \text{ candela/m}^2$$

Footlambert là một đơn vị thông dụng khác.

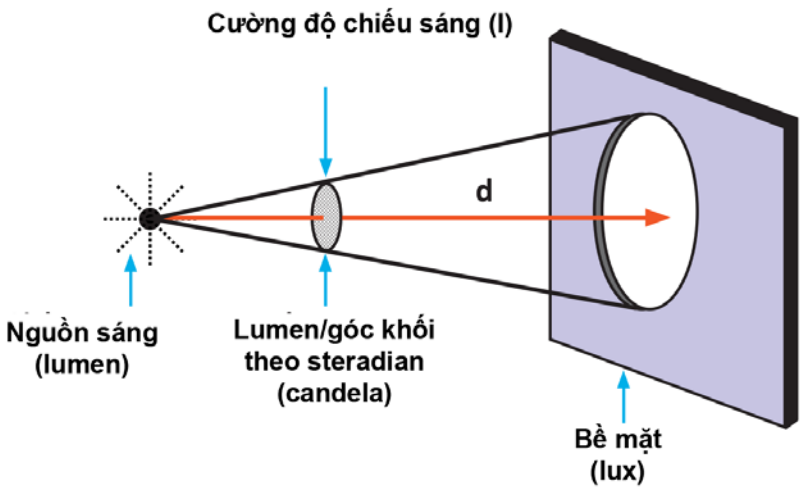
CÁC ĐỊNH LUẬT CƠ BẢN CỦA TRẮC QUANG

Định luật 1.

Độ rọi tại một điểm trên một bề mặt tỉ lệ nghịch với bình phương của khoảng cách giữa điểm đó và nguồn sáng.

Định luật này được gọi là định luật bình phương nghịch đảo và có thể tóm tắt bằng phương trình sau:

$$E = \frac{I}{d^2}$$



Hình 8.2: *Cường độ ánh sáng trên một bề mặt*

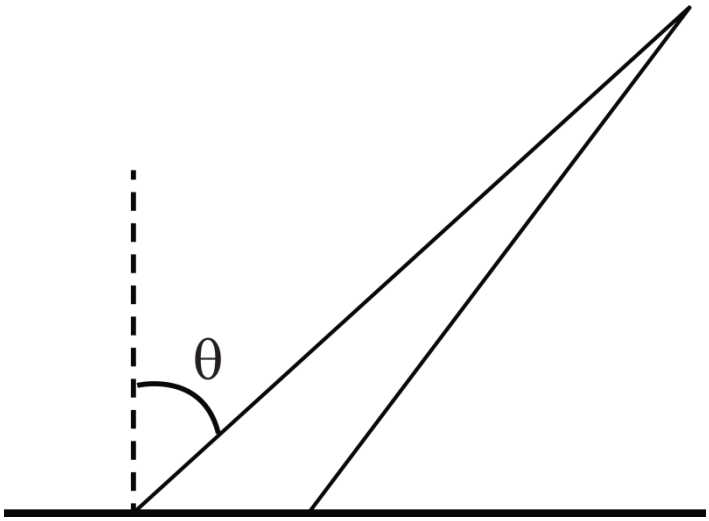
Định luật này áp dụng khi bề mặt không nghiêng góc với hướng của ánh sáng tới (ở ngay dưới hoặc thẳng trước nguồn sáng). Nếu bề mặt nghiêng góc với ánh sáng tới thì độ rọi giảm. Tình huống này được áp dụng theo định luật thứ hai.

Định luật 2.

Nếu pháp tuyến tới bề mặt được chiếu sáng nghiêng một góc θ với hướng của ánh sáng tới, thì độ rọi tỉ lệ với cosin θ.

Dưới dạng một phương trình:

$$E = \frac{I \cos\theta}{r^2}$$



Hình 8.3: *Độ rọi tỉ lệ với cosinθ.*

CÁC NGUỒN SÁNG

ĐÈN NÓNG SÁNG

Chữ nóng sáng (incandescent) nghĩa là "sáng rực bằng nhiệt", đèn sáng càng nóng thì càng sáng. Cùng với phát ra ánh sáng nhiều hơn, nguồn sáng còn thay đổi màu sắc từ màu đỏ qua màu trắng tới màu lam-trắng khi nhiệt độ tăng lên.

Các đèn này có một "chân" tiếp điểm điện kiểu "cắm vào" hoặc "kiểu vặn". Một bầu thủy tinh mỏng bao quanh một sợi đốt kim loại trong một môi trường khí trơ.

Nguồn sáng là một sợi đốt mảnh bằng vonfram để cho dòng điện đi qua. Sự nung nóng sinh ra bởi dòng điện đi qua điện trở này làm tăng nhiệt độ của nó lên tối đa khoảng 3500°C. Thiết bị này chỉ chuyển **một tỉ lệ nhỏ** điện năng thành ánh sáng nhìn thấy còn phần lớn thành nhiệt và bức xạ ngoài khoảng nhìn thấy. Dòng điện chạy qua dẫn đến nhiều va chạm giữa các electron chuyển động và các nguyên tử của dây dẫn. Các nguyên tử này bị kích thích sang các mức năng lượng cao hơn, sau đó phát ra bức xạ có năng lượng bằng chênh lệch năng lượng giữa trạng thái cơ bản và trạng thái kích thích.

Ở nhiệt độ cao này, vonfram sẽ oxi hóa nhanh chóng. Để **tránh sự oxi hóa này**, người ta để sợi đốt ở trong một bầu thủy tinh chân không hoặc chứa đầy một khí trơ, như argon hoặc nitơ, ở áp lực thấp.

Mặc dù chú ý này, vonfram vẫn bị bốc hơi dần khỏi sợi đốt để bám vào thành của bầu đèn. Điều này làm giảm sự truyền dòng điện qua sợi đốt và cuối cùng gây cháy đèn sau vài trăm giờ sử dụng. Hơn nữa, lớp phủ vonfram làm cho thủy tinh tối đi và giảm công suất đèn.

Có thể tăng tuổi thọ bằng cách giảm công suất qua đèn nhưng điều này làm giảm nhiệt độ màu (cường độ thấp hơn của các bước sóng đặc biệt). Hiệu quả chuyển điện năng thành ánh sáng cũng giảm.

Sự chuyển đổi điện năng thành ánh sáng nhìn thấy được cải thiện với những nhiệt độ sợi đốt cao hơn, nhưng sự bốc hơi tăng lên của sợi đốt đã ngăn cản việc khai thác đặc điểm này đến khi phát minh ra đèn vonfram-halogen. Ở đèn này, khí trơ chứa iôt hoặc brôm (thường dưới 1% brôm) có đặc tính làm cho vonfram bốc hơi đọng trở lại sợi đốt. Có thể xem sự mô phỏng **chu trình tái sinh halogen** ở địa chỉ web dưới đây:

http://zeiss-campus.magnet.fsu.edu/tutorials/halogencycle/index.html

Đèn vonfram-halogen tạo ra một phản ứng cân bằng trong đó vonfram bốc hơi khi phát ra ánh sáng được ưu tiên tái bao phủ lên sợi tóc nóng, do đó giữ cho đèn khỏi mau bị cháy. Phản ứng vận chuyển hóa học này dựa trên sự tạo thành WO_2I_2 hoặc WO_2Br_2 ở các nhiệt độ cao và sự phân hủy của nó ở các nhiệt độ cao ở sợi đốt vonfram. Điều này cũng cho phép đèn halogen hoạt động ở các nhiệt độ cao hơn mà không làm giảm tuổi thọ của đèn quá sớm như ở đèn sợi đốt thường, cho phép hiệu suất ánh sáng, độ chói biểu kiến cao hơn, và nhiệt độ màu trắng hơn.

Do bề mặt đèn cũng phải được giữ nóng để ngăn chặn sự kết tinh WO_2I_2 hoặc WO_2Br_2 ở mặt thủy tinh (và để có nhiệt độ cần thiết cho phản ứng của halogen với vonfram ngưng tụ), bầu của đèn halogen phải được làm bằng thủy tinh cứng hoặc thạch anh nấu chảy, thay vì thủy tinh mềm bình thường vì nó sẽ bị mềm và chảy quá nhiều ở các nhiệt độ này. Bóng đèn cũng có hình dạng nhỏ hơn nhiều để dễ duy trì nhiệt độ cao. Thủy tinh dày hơn cho phép làm cho áp lực khí cao hơn để giảm tốc độ bốc hơi của vonfram.

Do đèn nhỏ hơn nên nó có giá trị kinh tế khi dùng các khí trơ đặc hơn (và đắt tiền hơn) như krypton hoặc xenon. Nó làm chậm tốc độ bốc hơi của vonfram, kéo dài tuổi thọ của đèn. Ngoài ra, chúng cho phép các nhiệt độ đèn cao hơn, làm tăng hiệu suất ánh sáng. Các khí đặc hơn làm cho nhiệt bị dẫn ra khỏi sợi đốt ít hơn và thay vào đó là phát ra nhiều năng lượng hơn ở dạng bức xạ. Do đó, độ sáng hơi tăng lên. Những đèn này được dùng làm các nguồn sáng trong nhiều dụng cụ lâm sàng như máy soi đáy mắt, máy soi bóng đồng tử và sinh hiển vi.

Các đèn này không nên cầm bằng tay trần bởi vì bụi hoặc dầu từ vân tay sẽ làm giảm tuổi thọ của đèn. Điều này thường do các vết bẩn này gây ra "các điểm nóng" (các vùng nhiệt độ cao hơn) trên thủy tinh, có thể gây quá nóng sợi đốt ở vùng xung quanh, làm cháy bóng đèn. Ngoài ra, các điểm nóng có thể dẫn đến mất cân bằng ở hỗn hợp halogen/vonfram, với hơi vonfram dư thừa làm cho bóng đèn sớm bị tối.

Các dụng cụ lâm sàng cầm tay như máy soi đáy mắt trực tiếp có nguồn sáng vonfram-halogen có thể trở nên rất nóng khi sử dụng trong một thời gian dài, do đó cần đặc biệt chú ý trong khi sử dụng chúng.

ĐÈN KHÍ PHÓNG ĐIỆN (GAS DISCHARGE TUBE)

Đèn này gồm một ống thủy tinh chứa một khí áp lực thấp và 2 điện cực. Khi một dòng điện đi qua giữa 2 điện cực thì khí bị ion hóa. Các ion khí được hút vào các điện cực tích điện và những va đập với các ion khác gây kích thích và ion hóa thêm. Các nguyên tử và ion năng lượng cao này tự trở về trạng thái cơ bản của chúng. Khi chúng trở lại trạng thái cơ bản, ánh sáng phát ra có năng lượng bằng chênh lệch năng lượng giữa trạng thái kích thích và trạng thái cơ bản. Năng lượng này đặc trưng cho một khí, do đó ánh sáng phát ra có đặc tính màu của khí đó.

Khí neon trong bình chứa, được sử dụng đầu tiên vào khoảng 1910, cho ánh sáng màu đỏ và hơi thủy ngân cho ánh sáng màu hơi xanh. Những sự kết hợp các khí và các bình chứa bằng thủy tinh màu cho phép ánh sáng có nhiều màu khác nhau. Thí dụ, khí heli trong thủy tinh màu hổ phách phát ra ánh sáng vàng, thủy ngân trong thủy tinh màu vàng phát ra ánh sáng màu lục, và những kết hợp các khí này sinh ra ánh sáng trắng. Đèn hơi natri, được phát triển ở châu Âu ở khoảng năm 1931, cho ánh sáng vàng.

Đèn natri áp suất thấp

Đèn natri áp suất thấp còn gọi là đèn oxit natri. Chúng gồm có một lớp ngoài bằng thủy tinh có lớp phủ phản xạ ánh sáng hồng ngoại và một lớp khác chỉ cho ánh sáng nhìn thấy đi qua trong khi giữ lại ánh sáng hồng ngoại (là nhiệt) ở bên trong. Ở bên trong có 2 ống thủy tinh nhỏ hơn chứa natri kim loại cũng như một hỗn hợp nhỏ khí neon và argon được dùng để thắp sáng natri. Các nguyên tử neon (và argon) thu được năng lượng từ dòng electron gia tốc và đến lượt nó lại bắn phá natri kim loại ở trong bóng đèn. Natri nhanh chóng bốc hơi ở trong bóng đèn áp suất thấp, sau đó bị kích thích bởi sự bắn phá các electron đi từ cực âm tới cực dương. Các nguyên tử natri lúc này phát ra ánh sáng màu vàng có bước sóng đặc trưng 589.3 nm khi chúng trở lại các trạng thái cơ bản. Sự có mặt của khí neon giải thích cho màu đỏ có trước khi natri bốc hơi.

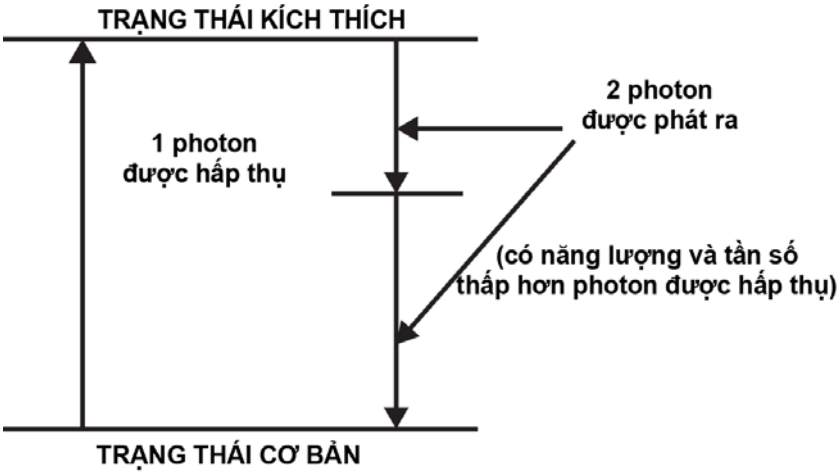
Đèn natri cao áp

Đèn natri cao áp nhỏ hơn và bên trong có thêm các vật liệu như thủy ngân kim loại. Hỗn hợp khí làm nóng thủy ngân, sau đó thủy ngân nóng lại làm nóng natri và làm cho nó bốc hơi. Do các đèn này được làm ở áp suất cao nên ánh sáng phát ra từ natri được mở rộng. Điều này làm cho dễ phân biệt các màu của vật dưới ánh sáng này, đây là lí do tại sao chúng thường được dùng khi cần thấy rõ các màu. Mặc dù không hiệu quả như là đèn natri áp suất thấp, đèn cao áp vẫn tương đối có ích.

Đèn natri thường được dùng để chiếu sáng đường phố bởi vì nó có hiệu suất ánh sáng tương đối cao và chi phí vận hành thấp hơn. Ánh sáng từ đèn natri áp suất thấp ảnh hưởng bất lợi đến nhận thức màu sắc, vấn đề thẩm mĩ này đã giảm đi nhờ việc sử dụng đèn natri cao áp. Tuy nhiên, ở nhiều nơi, chiếu sáng đường phố bằng đèn natri đang được thay thế bằng đèn LED (điốt phát quang).

ĐÈN HUỲNH QUANG

Khi một nguyên tử bị kích thích từ một trạng thái năng lượng sang một trạng thái khác bằng việc hấp thụ một photon, nó có thể trở lại mức thấp hơn bằng một chuỗi 2 bước nhảy hoặc nhiều hơn nếu có một mức năng lượng ở giữa. Các photon phát ra sẽ có năng lượng và tần số thấp hơn so với photon được hấp thụ. Hiện tượng này được gọi là **sự phát huỳnh quang** (fluorescence). Phát xạ ngừng ngay khi loại bỏ nguồn kích thích ban đầu.



Hình 8.4: *Sự phát huỳnh quang do hấp thụ và phát photon*

Nếu trạng thái kích thích là nửa bền (thọ lâu: dài hơn nhiều so với thông thường là 10^{-8} giây), ánh sáng có thể được phát ra sau khi xảy ra kích thích một thời gian dài. Hiện tượng này được gọi là **sự phát lân quang** (phosphorescence).

Ở đèn huỳnh quang, ánh sáng được sinh ra trong một quá trình gồm 2 giai đoạn khi dòng điện được phóng qua hơi thủy ngân. Các nguyên tử thủy ngân sinh ra ánh sáng tử ngoại (cũng như ánh sáng màu lục và màu lam) khi các nguyên tử được kích thích trở lại trạng thái cơ bản của chúng. Ánh sáng tử ngoại này sau đó được hấp thụ bởi lớp phủ phốt pho ở mặt trong của ống thủy tinh chứa khí. Các phôt pho phát huỳnh quang. Chúng hấp thụ bước sóng ngắn của bức xạ tử ngoại và phát ra ánh sáng trắng bước sóng dài hơn: tính chất huỳnh quang điển hình.

Các phốt pho thường là các sulphit và oxit hoặc silicat và phosphat của các kim loại như là kẽm, canxi, magiê, cadmi, vonfram và zirconi. Nhiều yếu tố nghĩa là có một số lớn các mức năng lượng và sinh ra một dải rộng bức xạ ở phổ nhìn thấy.

Đèn huỳnh quang sinh ra một dải màu rộng hơn nhiều so với các nguồn nóng sáng. Do đó, độ sáng gần hơn với ánh sáng trắng. Đèn huỳnh quang cũng hiệu quả hơn trong việc chuyển điện năng được cung cấp thành năng lượng ánh sáng, do đó nó cũng sinh ra bức xạ nhiệt hao phí ít hơn.

Khác với đèn natri, ánh sáng từ đèn huỳnh quang không ảnh hưởng rõ đến nhận thức sắc giác của những người sắc giác "bình thường". Tuy nhiên, do đặc điểm của phát xạ là một miền liên tục có các vạch phát xạ mạnh của thủy ngân nên có thể ảnh hưởng đến những người có rối loạn sắc giác.

Mặc dù đèn huỳnh quang nhỏ gọn đang thay thế đèn sợi đốt với tỉ lệ ngày càng tăng (chủ yếu để giảm tiêu thụ năng lượng), vẫn còn vấn đề thủy ngân độc hại ở trong bóng đèn. Điều này gây ra một vấn đề rác thải còn tồn tại với chúng ta trong một thời gian dài.

LASER

Laser là chữ viết tắt của chữ **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation (khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích). Đây là một kĩ thuật tương đối mới mặc dù Einstein đã dự báo nó từ năm 1917.

ÁNH SÁNG LIÊN KẾT (COHERENT LIGHT)

Ánh sáng phát ra bởi một đèn thường được gọi là ánh sáng **không liên kết** (incoherent). Nó được phát ra theo mọi hướng (do đó cường độ giảm nhanh theo đường đi), và **các phần khác nhau của các chùm sáng không đồng pha với nhau**. Tính không liên kết (incoherence) càng tăng thêm do bức xạ là đa sắc.

Các nguyên tử được kích thích phát ra ánh sáng ở một bóng đèn thường hoạt động độc lập với nhau, do đó mỗi photon phát ra có thể được coi như là một đợt sóng ngắn, thường dài 30 cm và tồn tại trong 10^{-8} giây. Các đợt sóng này không có quan hệ pha với nhau. Ánh sáng không liên kết giống như là những tiếng bước chân trên sàn thính phòng khi một đám người đổ xô vào một cách hỗn loạn. Ánh sáng không liên kết sẽ hỗn độn. Một chùm sáng không liên kết tỏa ra, sau một hành trình ngắn, sẽ càng ngày càng rộng hơn, do đó cường độ sẽ giảm khi đường đi càng dài.

Ngay cả khi chùm sáng được lọc để chỉ còn một tần số đơn (đơn sắc) thì nó vẫn là ánh sáng không liên kết, bởi vì các sóng lệch pha với nhau.

PHÁT XẠ KÍCH THÍCH

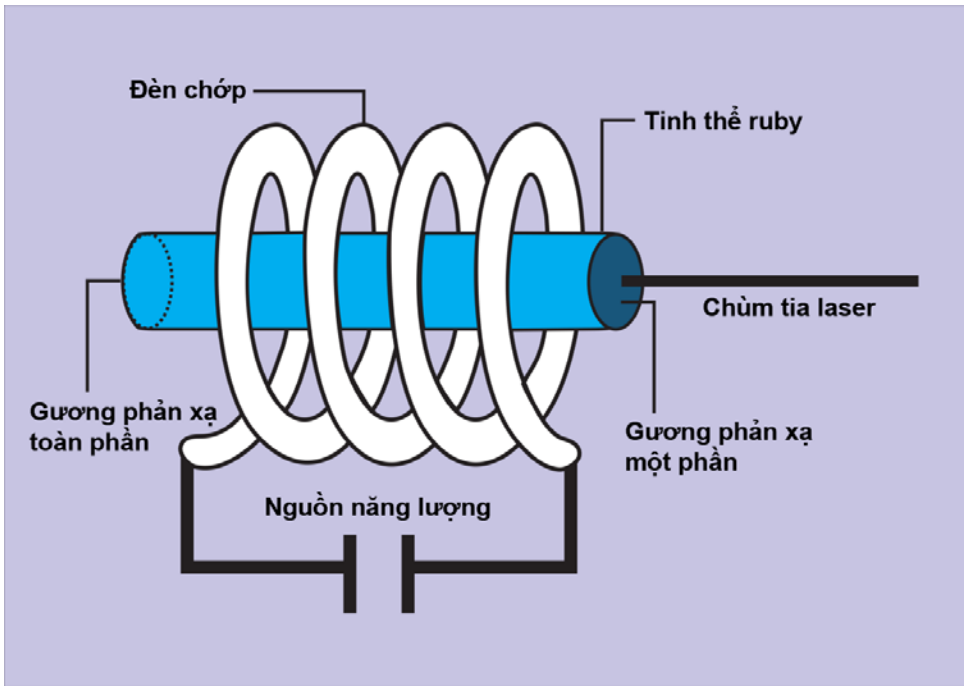
Hoạt động của laser dựa trên cơ sở thuyết lượng tử. Chúng ta biết rằng một photon có thể bị hấp thụ bởi một nguyên tử nếu (và chỉ nếu) năng lượng của nó (hf) tương ứng với chênh lệch năng lượng giữa một mức năng lượng bị chiếm giữ của nguyên tử và một trạng thái kích thích sẵn có. Nếu nguyên tử đã ở trạng thái kích thích thì nó có thể tự động nhảy sang trạng thái năng lượng thấp hơn đồng thời phát ra một photon. Tuy nhiên, nếu một photon có cùng mức năng lượng này đập vào nguyên tử được kích thích, nó có thể kích thích nguyên tử này chuyển tiếp sớm hơn sang trạng thái năng lượng thấp. Hiện tượng này được gọi là **phát xạ kích thích**, và có thể thấy rằng chúng ta không chỉ vẫn có photon ban đầu, mà còn có cả photon thứ hai có cùng tần số do sự chuyển tiếp của nguyên tử, 2 photon này đồng pha (tức là liên kết) hoàn toàn, và chúng chuyển động theo cùng một hướng.
Bình thường, hầu hết các nguyên tử ở trạng thái năng lượng thấp, do đó các photon tới hầu hết sẽ bị hấp thụ. Để có sự hoạt động tạo tia laser, cần thỏa mãn **một số điều kiện**.

1. Cần có **đảo ngược mật độ** (population inversion): trong đó số nguyên tử hơn ở trạng thái năng lượng cao nhiều hơn so với ở trạng thái năng lượng thấp, để cho sự phát ra photon nhiều hơn so với sự hấp thụ.

2. **Trạng thái kích thích phải là nửa bền:** là trạng thái trong đó các electron tồn tại lâu hơn bình thường để cho sự chuyển tiếp sang trạng thái năng lượng thấp xảy ra bởi phát xạ kích thích hơn là tự phát.

3. **Các photon phát ra phải được giữ trong hệ thống đủ lâu** để chúng có thể kích thích sự phát xạ thêm của các nguyên tử được kích thích khác.

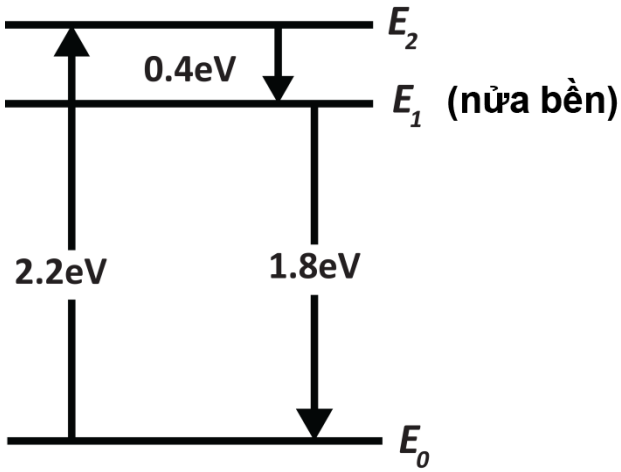
SỰ TẠO TIA LASER



Hình 8.5: *Các thành phần cơ bản của laser ruby*

Chúng ta sẽ sử dụng laser ruby làm thí dụ. Các thành phần cơ bản của laser này được minh họa ở hình 8.5. Ở laser ruby, vật liệu tạo tia laser là một thanh ruby chứa Al_2O_3 với một tỉ lệ nhỏ các ion nhôm được thay thế bởi các ion crôm. Các nguyên tử Cr tham gia tạo tia laser. Các nguyên tử bị kích thích bởi các chớp sáng mạnh có bước sóng 550 nm, tương ứng với một photon năng lượng 2.2 eV.

[1 eV năng lượng (động) đạt được khi một electron bị tăng tốc bởi một hiệu điện thế 1 von. Bởi vì W = qV, 1 eV = 1.6 x 10^{-19} x 1 = 1.6 x 10^{-19} J.]



Hình 8.6: *Bơm quang học ở các hệ thống laser*

Các nguyên tử bị kích thích từ trạng thái E_0 (trạng thái cơ bản) sang trạng thái E_2. Quá trình kích thích các nguyên tử được gọi là **bơm**. Nói chung, việc này có thể được thực hiện bằng nhiều cách khác nhau. Do ánh sáng được dùng trong trường hợp này nên nó được gọi là **bơm quang học**. Các nguyên tử nhanh chóng phân rã trở lại trạng thái E_0 hoặc sang trạng thái trung gian E_1, đây là một trạng thái nửa bền với thời gian sống khoảng 3 x 10^{-3} giây, (so với khoảng 10^{-8} giây của các mức bình thường). Khi hoạt động bơm mạnh, nhiều nguyên tử hơn bị chuyển sang trạng thái E_1 hơn là ở trạng thái E. Do đó, chúng ta có sự đảo ngược mật độ cần thiết để tạo tia laser.

Ngay khi một số nguyên tử ở trạng thái E_1 nhảy xuống E_0, chúng phát ra các photon gây ra phát xạ kích thích của các nguyên tử khác và quá trình tạo tia laser bắt đầu. Do đó, laser ruby phát ra một chùm sáng mà các photon của nó có năng lượng 1.8 eV và bước sóng 694.3 nm (hoặc ánh sáng "ruby đỏ").

Vật liệu "tạo tia laser" của hệ thống laser này được đặt trong một ống hẹp dài, ở 2 đầu là 2 gương, một gương trong suốt một phần (có thể 1 hoặc 2 %). Sau khi được kích thích, một số nguyên tử bị kích thích nhanh chóng hạ xuống Một trong các nguyên tử này được minh họa ở góc trái của sơ đồ trên (Hình 8.6). Nếu photon phát ra đập vào một nguyên tử khác ở trạng thái kích thích, nó kích thích nguyên tử này phát ra một photon có cùng tần số, di chuyển theo cùng hướng, và đồng pha với nó. 2 photon này sau đó tiếp tục đập vào các nguyên tử khác gây ra thêm phát xạ kích thích. Do quá trình này tiếp diễn, số lượng photon tăng gấp bội. Khi các photon tới các gương cuối, hầu hết phản xạ trở lại, và do chúng di chuyển ngược hướng nên chúng tiếp tục kích thích các nguyên tử khác phát ra các photon. Trong khi các photon di chuyển qua lại giữa 2 gương, một tỉ lệ nhỏ các photon sẽ đi qua gương trong suốt một phần ở một đầu. Các photon này tạo thành chùm tia laser ngoài liên kết hẹp (narrow coherent external laser beam).

Ở bên trong ống, một số photon tự phát sẽ được phát ra nghiêng góc với trục, và các photon này sẽ chỉ đi ra ở bên cạnh của ống và không ảnh hưởng đến độ hẹp của chùm tia chính. Ở một hệ thống laser được thiết kế tốt, sự mở rộng của chùm sáng chỉ bị giới hạn bởi nhiễu xạ ở các mép của gương cuối. Sự trải rộng nhiễu xạ có thể nhỏ đến mức khó tin. Năng lượng ánh sáng, thay vì trải rộng trong không gian như là ở một nguồn sáng thường, được hướng vào một chùm tia nhỏ. Laser này hoạt động theo kiểu xung.

Sự kích thích các nguyên tử ở laser có thể thực hiện một cách liên tục hoặc bằng các xung. Ở laser xung, các nguyên tử bị kích thích bằng cách nhập năng lượng theo chu kì. Sự nhân lên của các photon tiếp diễn đến khi tất cả các nguyên tử đều được kích thích để nhảy xuống trạng thái thấp hơn, và quá trình này được lặp lại với mỗi xung. Ở laser liên tục, năng lượng nhập liên tục để cho khi các nguyên tử được kích thích để nhảy xuống trạng thái thấp hơn thì chúng nhanh chóng bị kích thích ngược trở lại.

ỨNG DỤNG Y HỌC CỦA LASER

Các ứng dụng y học mới dựa trên cơ sở là các bước sóng laser khác nhau có thể được hấp thụ ở các mô sinh học riêng biệt. Trong bệnh glôcôm góc đóng (một bệnh mắt thường gặp biểu hiện bằng sự tăng áp lực dịch ở trong mắt, có thể dẫn đến teo thị thần kinh), một phẫu thuật laser đơn giản (cắt mống mắt) có thể "đốt" thủng một lỗ rất nhỏ ở mống mắt để làm giảm nhãn áp. Cũng như vậy, một ảnh hưởng phụ trầm trọng của bệnh đái tháo đường là tân mạch (xuất hiện các mạch máu mới mỏng mảnh) thường gây rò máu ở các chi. Hiện tượng này xảy ra ở mắt sẽ làm giảm thị lực (bệnh võng mạc đái tháo đường), dẫn đến mù. Hiện nay người ta có thể sử dụng ánh sáng xanh từ laser ion argon chiếu qua thể thủy tinh và các dịch của mắt còn trong để hội tụ vào võng mạc ngoại vi và quang đông các mạch máu bị rò rỉ. Các phẫu thuật này đã làm giảm đáng kể tỉ lệ mù ở những bệnh nhân glôcôm và đái tháo đường.

Các phẫu thuật sử dụng laser như LASIK (Laser-Assisted in situ Keratomileusis) và PRK (photorefractive keratectomy) dùng để điều trị cận thị và viễn thị. Các phẫu thuật này dùng laser để loại bỏ những lượng nhỏ mô giác mạc, do đó thay đổi độ cong giác mạc và thay đổi sự khúc xạ ánh sáng ở giác mạc, giúp cho ảnh hội tụ đúng trên võng mạc. Ánh sáng bắt nguồn từ một laser tử ngoại kiểu xung (pulsed ultraviolet laser) sinh ra bước sóng 193 nm. Giác mạc hấp thụ bước sóng này rất tốt, do đó có thể dùng các xung yếu, dẫn đến việc loại bỏ mô giác mạc với độ chính xác cao và có thể kiểm soát được. Thông thường, mỗi xung loại bỏ 0.1 đến 0.5 μm mô giác mạc mà không gây tổn hại đến mô lân cận. Một vấn đề lớn là những chuyển động của mắt xảy ra khoảng 15 mili giây một lần. Điều này được giải quyết bằng cách cố định mắt bằng phương pháp cơ học hoặc bằng cách sử dụng các hệ thống có thể theo dõi chuyển động mắt.

Phẫu thuật laser ngày nay đã trở thành thực tế. Ánh sáng hồng ngoại từ một laser dioxit carbon ở cách 10 mm có thể cắt qua mô cơ, chủ yếu bằng làm nóng và làm bốc hơi nước chứa trong tế bào. Phương pháp này đòi hỏi cường độ laser khoảng 100 W. Ưu điểm của dao laser so với các phương pháp thông thường là bức xạ laser cắt và đồng thời làm đông lại, dẫn đến giảm đáng kể sự mất máu. Ngoài ra, phương pháp này hầu như loại trừ hoàn toàn sự di cư tế bào, điều này rất quan trọng khi cắt bỏ khối u.

Một ứng dụng khác là để điều trị bong võng mạc, trong đó chùm tia được điều chỉnh đúng tiêu điểm gây ra những vết bỏng nhỏ, những vết bỏng này khi liền lại sẽ giữ cho võng mạc ở lại vị trí cũ nhờ việc tạo thành mô sẹo. Vùng đục ở bao sau, thường còn lại sau phẫu thuật đục thể thủy tinh, có thể được mở một cách nhanh chóng và không gây khó chịu bằng thủ thuật mở bao sau.

Laser cũng được dùng trong điều trị u nguyên bào hắc tố, là một u nhiều sắc tố của da và hắc mạc đôi khi phát triển thành một u ác tính cao.

AN TOÀN LASER

Bất kì ánh sáng nào, dù xuất phát từ đâu, cũng đều có thể gây tổn hại, nhưng bức xạ laser là đặc biệt nguy hiểm, bởi vì nó có thể được hội tụ với một cường độ rất cao. Ngoài ra, nhiều loại laser phát ra ở một vùng quang phổ (màu đỏ) trong đó ánh sáng dường như không mạnh như vậy nếu nó là ánh sáng trắng.

Sự tiêu hao lớn năng lượng bởi các biện pháp khác xảy ra ở các hệ thống laser khiến cho hiệu suất thường là khoảng 0.1%. Do đó cần cung cấp năng lượng 1 watt cho một laser He-Ne laser để đạt được ánh sáng 1 milliwatt. Hầu hết các laser khí nhỏ sinh ra ánh sáng đỏ từ 1 đến 30 milliwatt. Về mặt trắc quang, lượng này tương đương với hơn 5 lumen một chút. Tuy nhiên, cường độ chiếu sáng được đo bằng lumen/đơn vị góc khối và do số lumen ít ỏi này được tập trung vào một tia hẹp như vậy (khoảng 10-8 đơn vị góc khối thay vì 4π) nên cường độ của nguồn sáng được thấy dọc theo chùm tia là 500 triệu candela! Ở tất cả các hệ thống laser dù là yếu nhất, cường độ này sẽ gây tổn hại trước khi các cơ của mi mắt có thể nhắm vào để bảo vệ mắt.

Phần nào của mắt dễ bị tổn hại nhất là tùy thuộc vào bước sóng. Ở vùng hồng ngoại, phần lớn năng lượng bị hấp thụ bởi nước. Vì nước là thành phần chính của hầu như bất kì mô sinh học nào nên giác mạc bị tổn hại nặng đầu tiên.

Mặt khác, ánh sáng trong khoảng 400 nm tới 1400 nm sẽ xuyên vào mắt và được hấp thụ ở biểu mô sắc tố ở gần võng mạc. Biểu mô sắc tố lúc đó gần như bị nổ, tống ra các hạt màu đen vào trong dịch kính; tạo thành các bọt hơi và gây xuất huyết ở toàn bộ xung quanh mô bị tiêu hủy.

ĐIỐT PHÁT QUANG (LED: LIGHT EMITTING DIODES)

Điốt là một thiết bị bán dẫn đơn giản nhất. Điốt chỉ cho phép dòng điện đi theo một chiều.

SƠ LƯỢC LỊCH SỬ

Hiện tượng điện quang được phát hiện vào năm 1907 bởi nhà thực nghiệm người Anh H.J. Round bằng việc sử dụng một tinh thể silicon carbit. Russian O.V. Losev đã thông báo về việc tạo ra một điốt phát quang (LED) đầu tiên vào năm 1927. Nghiên cứu của ông được đăng trong các tạp chí khoa học của Nga, Đức và Anh, nhưng trong vài thập kỉ không có ứng dụng thực hành nào từ phát minh này. Rubin Braunstein ở công ti điện tử Radio Corporation of America đã báo cáo về sự phát xạ hồng ngoại từ gali asenit (GaAs) và các hợp kim bán dẫn khác vào năm 1955. Braunstein đã quan sát sự phát xạ hồng ngoại sinh ra bởi các cấu trúc điốt đơn giản sử dụng các hợp kim gali antimonit (GaSb), GaAs, indi phosphit (InP), và silicon-germani (SiGe) ở nhiệt độ phòng và ở 77 độ Kelvin.
Vào năm 1961, các nhà thực nghiệm của Mĩ Robert Baird và Gary Pittman đã thấy rằng GaAs phát ra bức xạ hồng ngoại khi có dòng điện và đã nhận được bằng sáng chế cho đèn LED hồng ngoại.
LED (đỏ) quang phổ nhìn thấy đầu tiên trong thực tế được phát triển vào năm 1962 bởi Nick Holonyak Jr.,trong khi làm việc tại General Electric Company. Holonyak được coi là "cha đẻ của điốt phát quang". M. George Craford, một sinh viên cũ của Holonyak, đã phát minh ra đèn LED màu vàng và cải thiện độ sáng của LED màu đỏ và đỏ-da cam gấp 10 lần vào năm 1972. Năm 1976, T.P. Pearsall đã tạo ra LED đầu tiên có năng suất và độ chiếu sáng cao cho viễn thông cáp quang bằng cách phát minh ra các vật liệu bán dẫn mới được thiết kế riêng cho các bước sóng truyền cáp quang.
Cho đến năm 1968, đèn LED ánh sáng nhìn thấy và ánh sáng hồng ngoại còn rất đắt, do đó ít được sử dụng trong thực tế. Công ti Monsanto lần đầu tiên sản xuất hàng loạt đèn LED ánh sáng nhìn thấy, sử dụng gali asenit phosphit vào năm 1968 để làm ra đèn LED ánh sáng đỏ thích hợp cho các đèn chỉ báo. Công nghệ này đã tỏ ra có công dụng lớn cho các màn hiển thị chữ-số (alphanumeric displays) và được tích hợp vào các máy tính cầm tay ban đầu của HP. Vào những năm 1970, những thiết bị LED thành công về mặt thương mại, với giá dưới 5 đô la mỗi chiếc, đã được sản xuất bởi công ti Fairchild Optoelectronics. Sự kết hợp qui trình 2 chiều (planar processing) để sản xuất mạch tích hợp (chip) và các phương pháp đóng gói đổi mới đã giúp nhóm làm việc của Fairchild đạt được sự giảm chi phí cần thiết. Các phương pháp này tiếp tục được sử dụng bởi các nhà sản xuất LED.
Đèn LED thương mại đầu tiên thường được dùng để thay thế đèn sợi đốt và đèn tín hiệu neon, và ở các màn hình 7 đoạn (seven-segment displays), đầu tiên ở trong các thiết bị đắt tiền như thiết bị kiểm tra của phòng thí nghiệm và điện tử, sau này ở các thiết bị như TV, radio, điện thoại, máy tính, thậm chí cả đồng hồ. Các đèn LED màu đỏ lúc đầu chỉ đủ sáng để dùng như là đèn báo, do độ sáng không đủ để chiếu sáng một vùng. Sau này, các màu khác đã có rộng rãi và cũng xuất hiện trong các thiết bị và dụng cụ. Do công nghệ vật liệu LED ngày càng phát triển hơn nên độ sáng tăng lên, trong khi vẫn duy trì hiệu suất và độ tin cậy ở các mức độ chấp nhận được.

Sự phát minh và phát triển **đèn LED ánh sáng trắng công suất cao** đã dẫn đến việc sử dụng nó để chiếu sáng, nó đã nhanh chóng thay thế đèn sợi đốt và đèn huỳnh quang. Với công suất ra tăng lên, càng thêm cần thiết phải tỏa ra nhiệt thừa để duy trì độ tin cậy.
Đèn LED **màu lam** độ sáng cao đầu tiên được giới thiệu bởi Shuji Nakamura và dựa trên vật liệu bán dẫn InGaN. Năm 1995, Alberto Barbieri ở phòng thí nghiệm của Đại học Cardiff đã nghiên cứu hiệu suất và độ tin cậy của các đèn LED độ sáng cao và đã cho thấy kết quả ấn tượng bằng cách dùng một tiếp điểm trong suốt làm bằng indi thiếc oxit (ITO) trên LED (AlGaInP/GaAs). Sự tồn tại của đèn LED màu lam và đèn LED hiệu suất cao đã nhanh chóng dẫn đến sự phát triển **đèn LED màu trắng đầu tiên**, trong đó sử dụng Y3Al5O12:Ce, hoặc "YAG", lớp phủ phốt pho để trộn ánh sáng màu vàng với ánh sáng màu lam tạo ra ánh sáng có màu trắng. Nakamura đã được Giải thưởng công nghệ thiên niên kỉ 2006 cho phát minh của mình.
Sự phát triển của công nghệ LED đã làm tăng gấp đôi hiệu suất và công suất tỏa sáng của nó cứ khoảng 36 tháng một lần kể từ những năm 1960. Trong tương lai, một số công dụng đặc biệt hữu ích của đèn LED sẽ thực tế bắt nguồn từ các điốt phát quang hữu cơ, hoặc **OLED**. Các vật liệu hữu cơ được dùng để tạo ra các chất bán dẫn này có tính linh hoạt, cho phép các nhà khoa học tạo ra các đèn và màn hình có thể uốn cong. Một ngày nào đó, OLED sẽ mở đường cho thế hệ tiếp theo của TV và điện thoại thông minh – bạn có thể tưởng tượng được là có thể cuộn tròn TV giống như là một bức tranh lớn và mang theo ở mọi nơi không? Báo cáo dưới đây là một báo hiệu sự phát triển nhanh không ngừng của công nghệ LED.

"CERN Courier 19, tháng 7, 2011

Đèn LED quang phổ đầy đủ có thể điều chỉnh

Đèn LED tiêu chuẩn phát sáng chỉ một màu, nhưng giờ đây có một sự đột phá vượt trội, Gyu-Chul Yi và các đồng nghiệp ở trường đại học quốc gia Seoul đã cho thấy một đèn LED có thể điều chỉnh liên tục từ màu đỏ đến màu lam. Thiết bị dựa trên các thanh nano gali nitrit được bọc các lớp indi gali nitrit để tạo thành các giếng lượng tử – thực tế, các nguyên tử nhân tạo rất nhỏ. Độ dày của các lớp thay đổi một cách tự nhiên khi chúng được sản xuất và, bằng cách thay đổi điện áp, dòng điện có thể được đẩy qua các lớp khác nhau, sinh ra các màu khác nhau của ánh sáng phát ra. Những hàm ý đối với công nghệ hiển thị cũng rõ ràng như là sự kì lạ của chúng.

Đọc thêm:

Young Joon Hong *et al.* 2011 *Advanced Materials* online. doi: 10.1002/adma.201100806."

NGUYÊN LÍ HOẠT ĐỘNG CỦA ĐIỐT PHÁT QUANG (LED)

Đèn LED được cấu tạo bởi các chất bán dẫn, là những vật liệu có khả năng dẫn điện khác nhau. Bên trong một LED, có 2 loại chất bán dẫn: một loại có nhiều electron (loại N) và một loại có chỗ cho nhiều electron hơn (loại P). Chất bán dẫn loại P có thể được coi như là có nhiều lỗ để các electron rơi vào. Luồng electron này tạo thành một dòng điện.

Khi có một hiệu điện thế ở điốt, các electron đi từ bên loại N sang bên loại P. Khi các electron rơi vào một trong các lỗ ở bên loại P, chúng giải phóng ra năng lượng. Hãy hình dung điều gì xảy ra khi bạn thả một quả bóng vào lỗ; năng lượng từ quả bóng được truyền tới bất kể lỗ nào có quả bóng. Thế nhưng điều có thể xảy ra khi một electron giải phóng năng lượng thì rất đặc biệt. Năng lượng từ electron rơi vào lỗ được giải phóng dưới dạng một photon ánh sáng.

Chuyển động liên tục này của các electron rơi vào lỗ giải phóng ra ánh sáng, làm cho đèn LED phát sáng. Hiện tượng này không tạo ra nhiều nhiệt, do đó nó hiệu quả hơn nhiều so với bóng đèn sợi đốt.

Đèn LED cũng có thể được sản xuất đặc biệt để phát các bước sóng ánh sáng riêng dựa vào chất bán dẫn được sử dụng. Đèn LED màu đỏ sử dụng nhôm gali asenit (AlGaAs), đèn LED màu lục sử dụng nhôm gali phosphit (AlGaP) và đèn LED màu lam sử dụng indi gali nitrit (InGaN). Đèn LED màu trắng hoàn toàn khác bởi vì ánh sáng trắng bao gồm tất cả các màu của cầu vồng, có thể được làm ra bằng cách kết hợp đèn LED màu đỏ, màu lục và màu lam hoặc bằng cách phủ đèn LED màu lam bằng một lớp phốt pho vàng (xem phần trước).

ƯU ĐIỂM

Những ưu điểm của đèn LED là:

1. **Bật nhanh hơn**: Đèn LED có thể đạt độ sáng tối đa nhanh hơn, thực tế là gần như tức thì. (Một đèn LED màu đỏ đạt độ sáng tối đa trong dưới 1 mili giây.)

2. **Nhiều màu trung tính hơn**: Đèn huỳnh quang nhỏ gọn (Compact Fluorescent Lights) và đèn sợi đốt cho màu nóng/hơi vàng. Đèn LED có màu trung tính hơn, với công suất trung bình ở các bước sóng thấp hơn.

3. **Sáng hơn**: Đèn LED thường sáng hơn, do đó cho phép một màn hình đạt được độ sáng tối đa thậm chí cao hơn.

4. **Mỏng hơn**: Lí do đèn LED đang trở nên nổi bật là do nhu cầu chiếu sáng ở màn hình máy tính xách tay và TV – Đèn nền LED có thể làm nhỏ hơn so với đèn huỳnh quang nhỏ gọn. Đèn LED có thể nhỏ hơn 2 mm^2, làm cho dễ sử dụng trong các mạch điện tử.

5. **Tuổi thọ:** Đèn LED có thể có tuổi thọ tương đối dài (do không có sợi đốt dễ bị cháy), tuổi thọ ước tính là khoảng 35000 đến 50000 giờ sử dụng, mặc dù thời gian đến khi hỏng hoàn toàn có thể dài hơn. Bóng đèn huỳnh quang thường được đánh giá là khoảng 10000 đến 15000 giờ, tùy thuộc một phần vào điều kiện sử dụng, và bóng đèn sợi đốt là 1000–2000 giờ. Ngoài ra, sự thoái biến theo thời gian cũng ít hơn so với đèn huỳnh quang nhỏ gọn.

6. Đèn LED có **hiệu suất ánh sáng** (mức độ hiệu quả của điện năng được chuyển thành ánh sáng nhìn thấy) cao hơn. Thí dụ, một đèn LED thường tạo ra 76.9 lumen/watt so với 17 lm/W của một bóng đèn sợi đốt.

7. Ưu điểm chính là **hiệu suất**. Ở đèn sợi đốt thông thường, quá trình tạo ra ánh sáng sinh ra nhiều nhiệt (sợi đốt phải được làm nóng). Đây hoàn toàn là năng lượng hao phí, trừ phi bạn dùng đèn làm dụng cụ sưởi, do một phần lớn điện khả dụng không tạo ra ánh sáng nhìn thấy. Đèn LED sinh ra rất ít nhiệt, nếu so với đèn sợi đốt. Một tỉ lệ điện năng cao hơn nhiều trực tiếp sinh ra ánh sáng, do đó giảm đáng kể nhu cầu điện. Hơn nữa, hiệu suất của nó không bị ảnh hưởng bởi hình dạng và kích thước.

8. **Bền**: Đèn LED thường hỏng bằng cách tối dần theo thời gian, chứ không phải cháy đột ngột như đèn sợi đốt.

9. **Chống va đập**: Đèn LED, là những thành phần bán dẫn, khó bị hỏng do va chạm từ bên ngoài, khác với đèn huỳnh quang và đèn sợi đốt dễ bị tổn thương.

10. **Ánh sáng tập trung:** Khối đặc của đèn LED có thể được thiết kế để tập trung ánh sáng. Các nguồn nóng sáng và huỳnh quang thường cần một vật phản xạ ngoài để thu nhận ánh sáng và hướng ánh sáng vào vật.

11. **Không độc hại:** Đèn LED khác đèn huỳnh quang là không chứa thủy ngân.

12. **Có thể bật tắt liên tục:** Đèn LED là lí tưởng để sử dụng cho các công việc cần bật tắt thường xuyên, khác với đèn huỳnh quang và đèn sợi đốt chóng bị cháy hơn khi bật tắt thường xuyên, hoặc các đèn phóng điện cường độ cao cần một thời gian dài trước khi bật lại.

13. **Dễ giảm sáng:** Đèn LED có thể dễ dàng giảm sáng, thí dụ bằng cách giảm cường độ dòng điện.

14. **Ánh sáng lạnh:** Trái ngược với hầu hết các nguồn sáng, đèn LED ánh sáng trắng tỏa ra rất ít nhiệt dưới dạng phát xạ hồng ngoại có thể gây tổn hại cho các vật hoặc các kết cấu nhạy cảm.

15. **Nhiều màu:** Đèn LED có thể phát ra ánh sáng có màu mong muốn mà không cần đến kính lọc màu như ở các phương pháp chiếu sáng truyền thống. Điều này hiệu quả hơn và có thể giảm chi phí ban đầu.

16. **Đòi hỏi công suất thấp**: Hầu hết có thể hoạt động bằng pin.

NHƯỢC ĐIỂM

1. **Chi phí ban đầu cao:** Đèn LED hiện tại đắt hơn khoảng 150 lần giá của một đèn sợi đốt có cùng độ sáng. Chi phí phụ một phần là do hệ mạch và bộ nguồn cần thiết.

2. **Phụ thuộc nhiệt độ:** Hiệu năng của đèn LED phần lớn phụ thuộc vào nhiệt độ xung quanh của môi trường sử dụng. Sử dụng đèn LED trong thời gian quá dài ở các nhiệt độ xung quanh cao có thể dẫn đến quá nóng khối LED, cuối cùng dẫn đến hỏng thiết bị. Cần hạ nhiệt thích hợp để duy trì tuổi thọ lâu dài. Điều này đặc biệt quan trọng khi xem xét sử dụng trong ôtô, y tế, và quân sự trong đó thiết bị phải hoạt động ở một khoảng rộng nhiệt độ, và đòi hỏi có tỉ lệ hỏng thấp.

3. **Nhạy cảm với điện áp:** Đèn LED phải được cung cấp điện áp trên ngưỡng và một dòng điện dưới định mức. Do đó có thể cần các điện trở nối tiếp hoặc các bộ nguồn dòng điện ổn định.

4. Khi được dùng ở các môi trường khắc nghiệt (ngoài nhiệt), chúng rất **dễ bị ảnh hưởng bởi độ ẩm và tia tử ngoại**, và nếu đèn LED không được bảo vệ tốt thì hiệu năng và tuổi thọ của chúng sẽ bị giảm đáng kể. Có thể áp dụng các lớp phủ bảo vệ, nhưng các lớp phủ điển hình sẽ tăng thêm trọng lượng và làm biến dạng ánh sáng.

5. **Chất lượng ánh sáng:** Đỉnh ở 460 nm và lõm ở 500 nm của đèn LED màu trắng lạnh có thể làm cho màu sắc của các vật thấy được khác với ánh sáng mặt trời, các bề mặt màu đỏ được biểu hiện đặc biệt kém. Tuy nhiên, chỉ số tái tạo màu (xem phần Quang học môi trường 3) của đèn LED màu trắng hiện đại tốt hơn nhiều.

6. **Nguồn sáng vùng:** Đèn LED khó dùng cho những công việc cần một trường sáng hình cầu.

7. **Nguy cơ ánh sáng màu lam:** Có một sự lo ngại rằng đèn LED màu lam và đèn LED màu trắng lạnh hiện nay có thể vượt quá giới hạn an toàn của cái gọi là nguy cơ ánh sáng màu lam. Các đèn LED này phát ra ánh sáng màu lam nhiều hơn các nguồn sáng khác. Có bằng chứng rằng các bước sóng này có thể gây tổn hại cho võng mạc, đặc biệt là ở những bệnh nhân bị các tổn hại như thoái hóa hoàng điểm.

Một số đèn LED có thể phát ra ánh sáng laser, và đèn này được dùng cho các thiết bị cầm tay như đèn trỏ laser và thiết bị đo độ cao bằng laser. Nhiều thiết bị trong số này sử dụng đèn LED đỏ và có công suất chùm tia rất thấp (5 mW hoặc thấp hơn) không gây nguy hiểm cho mắt. Những đèn trỏ laser màu lục và màu lam gần đây có thể sáng hơn laser màu đỏ, nhưng không nhất thiết nguy hiểm hơn đối với mắt. (Câu hỏi cho người đọc: Tại sao lại như vậy?) Tuy nhiên, cần chú ý rằng có thể mua được các thiết bị laser cầm tay có công suất chùm tia thay đổi từ 1 đến 500 mW. Công suất chùm tia càng cao thì khả năng tổn thương mắt càng nhiều nếu laser được chiếu vào mắt.

Lạm dụng đèn trỏ laser (thí dụ chiếu vào mắt phi công, người lái xe và các địa điểm công cộng khác) quả thực là một mối lo ngại đối với an toàn công cộng. Ở một số nước đã có luật kiểm soát việc bán và sử dụng đèn trỏ laser, và việc dùng đèn trỏ laser để chiếu vào máy bay và xe cộ được coi là phạm tội.

Các dụng cụ lâm sàng có nguồn sáng LED màu trắng đang được đưa vào thị trường nhãn khoa. Những ưu điểm và nhược điểm nói trên của đèn LED cần được xem xét khi sử dụng các dụng cụ này.