

ĐỘNG HỌC PHỔ TRONG PHÁT XẠ LASER MÀU BĂNG RỘNG

HOÀNG HỮU HÒA

Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế

Email: hoahhuu@yahoo.com

Tóm tắt: Động học phổ trong phát xạ laser màu băng rộng đã được nghiên cứu bởi hệ phương trình tốc độ mở rộng cho một số tùy ý các bước sóng trong vùng phổ phát xạ của laser màu. Các kết quả thu được đã chứng tỏ rằng cường độ laser là một hàm theo thời gian và bước sóng. Sự dập tắt dao động phụ thuộc rất mạnh vào bước sóng và tham số của buồng cộng hưởng (BCH).

Từ khóa: Động học phổ của laser màu.

1. MỞ ĐẦU

Tiến trình phổ trong phát xạ laser màu băng rộng sẽ hoàn toàn bị bỏ qua khi nghiên cứu chỉ sử dụng hệ hai phương trình tốc độ để diễn tả laser tại một bước sóng (một phương trình cho độ tích lũy N_1 và một phương trình cho cường độ laser I). Những kết quả nghiên cứu như vậy đã hạn chế việc làm sáng tỏ các quá trình laser quá độ, đặc biệt là quá trình động học phổ trong phát xạ laser của các môi trường laser băng rộng, mở rộng phổ đồng nhất như môi trường laser màu hữu cơ. Để làm sáng tỏ tiến trình phổ trong phát xạ laser màu băng rộng trong những điều kiện vật lý khác nhau, chúng tôi đã sử dụng hệ phương trình tốc độ mở rộng cho một số tùy ý các bước sóng để nghiên cứu những ảnh hưởng của thông số BCH lên động học phổ trong phát xạ laser màu băng rộng.

2. HỆ PHƯƠNG TRÌNH TỐC ĐỘ

Để mô tả quá trình phổ - thời gian trong phát xạ laser màu băng rộng (mô hình hoạt động laser màu hai mức rộng) chúng tôi đã sử dụng hệ phương trình tốc độ sau, khi có chú ý đến sự khuếch đại bão hòa, sự tái hấp thụ bức xạ laser của các phân tử [2]:

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} = \left[P + \sum_{i=1}^n \sigma_{ai} I_i \right] N_0 - \left[\frac{1}{\tau} + \sum_{i=1}^n \sigma_{ei} I_i \right] N_1 \quad (1)$$

$$\frac{\partial I_i}{\partial t} = [2(\sigma_{ei} N_1 - \sigma_{ai} N_0) - \alpha_i] I_i + A_i N_1 \quad (2)$$

$$N = N_1 + N_0 \quad (3)$$

trong đó n là số kênh bước sóng, chỉ số $i = 1, 2, 3, \dots$; λ_i là bước sóng thứ i ; I_i là cường độ laser tại bước sóng λ_i ; σ_{a_i} và σ_{e_i} lần lượt là tiết diện hấp thụ và tiết diện phát xạ

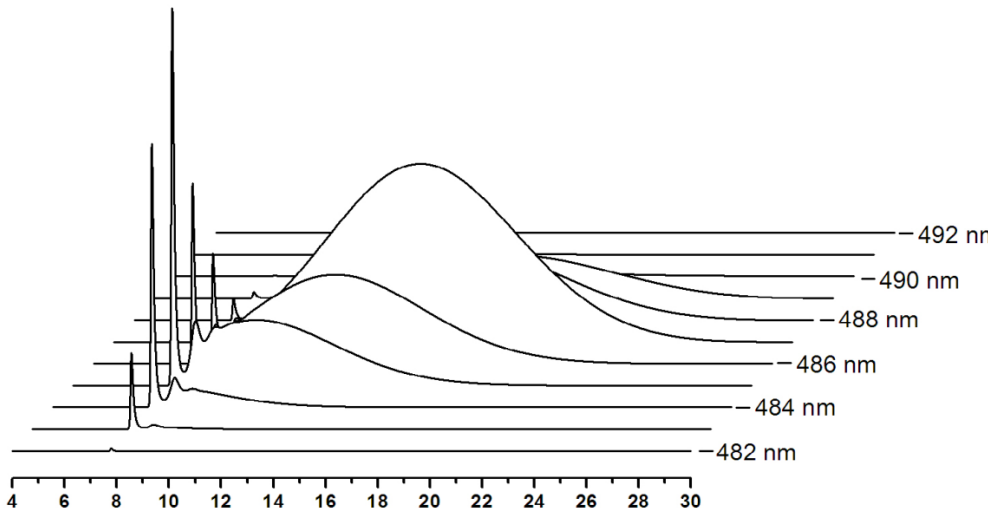
cường bức tại bước sóng λ_i ; N_0, N_1 là độ tích lũy phân tử ở trạng thái đơn S_0 và S_1 ; τ là thời gian sống huỳnh quang của phân tử màu; P là tốc độ bơm; $T = 2[L + l(n_c - 1)]c^{-1}$ là thời gian ánh sáng đi một vòng trong BCH, L là chiều dài BCH, l là chiều dài môi trường hoạt chất, c là tốc độ ánh sáng, n_c là chiết suất của dung dịch màu. Đại lượng $A_i N_1$, đặc trưng sự đóng góp của phát xạ tự phát khởi phát cho quá trình laser. Giá trị của A_i ít bị ảnh hưởng với các bước sóng khác nhau, $A_i = 10^{-10} \text{ cm.s}^{-2}$ [3]; α_i là độ mất mát trong một chu trình BCH ở bước sóng λ_i .

Hệ phương trình tốc độ mở rộng cho một số các bước sóng được giải bằng phương pháp số, sử dụng thuật toán Runge-Kutta bậc 4. Xung bơm có dạng Gauss, độ rộng 10 ns, thông số bơm lý thuyết $r = P/P_{\text{ngưỡng}}$ [6], trong đó:

$$P_{\text{ngưỡng}} = \frac{1}{\tau} \frac{\sigma_a + \sigma}{\sigma_e + \sigma} \quad \text{với} \quad \sigma = \frac{\alpha}{2LN} \quad (4)$$

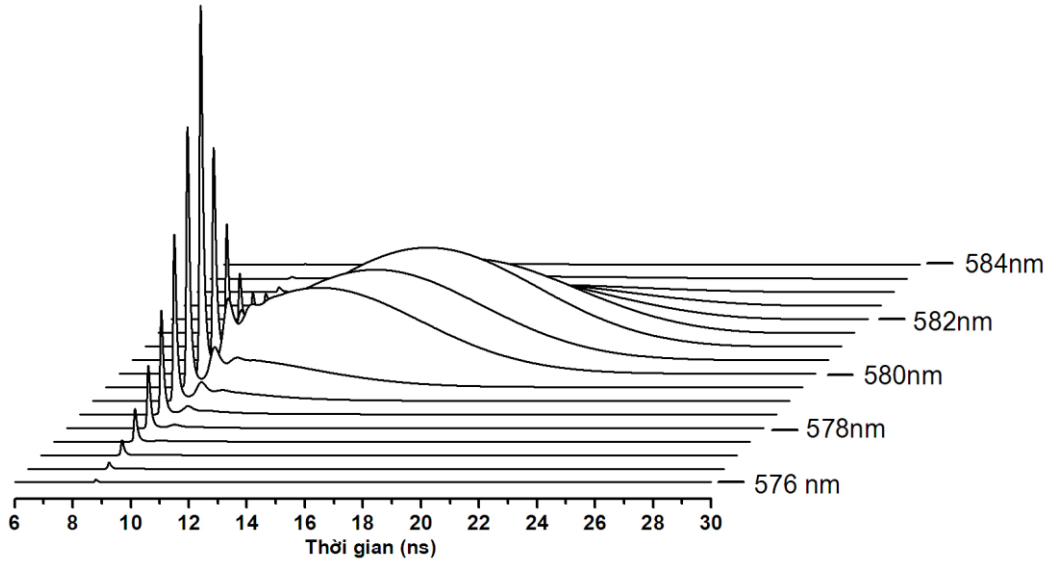
3. ĐỘNG HỌC PHỔ CỦA LASER MÀU BĂNG RỘNG

Chúng tôi đã tính toán động học phổ của chất màu có phổ huỳnh quang trong vùng tử ngoại, Coumarine 30 (C30)/ethanol với thời gian sống huỳnh quang phân tử $\tau = 8 \text{ ns}$ [1,7], khi sử dụng hệ phương trình tốc độ mở rộng cho 25 phương trình cường độ và một phương trình độ tích lũy ở trạng thái kích thích, bước tính phổ 1 nm (hình 1).



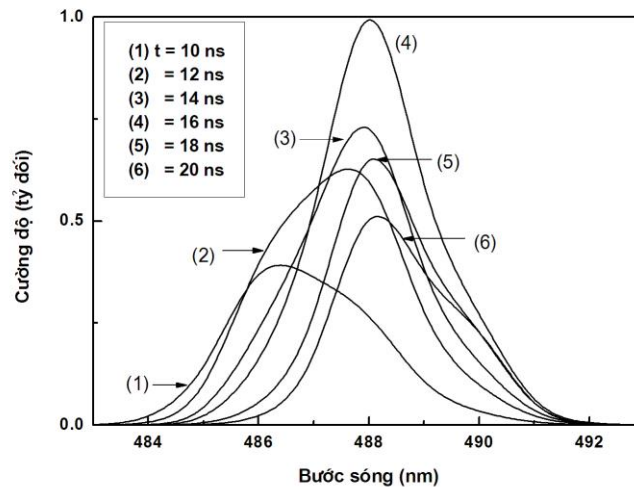
Hình 1. Động học phổ trong phát xạ laser màu C30/ethanol, BCH 2cm
($l = 1 \text{ cm}$, $R_1 = 1$, $R_2 = 0,1$, $N = 1.10^{18} \text{ cm}^{-3}$, $r = 20$)

Tương tự, chúng tôi cũng nghiên cứu động học phổ của laser đối với chất màu có phổ huỳnh quang trong vùng nhìn thấy, Rhodamine 6G (Rh6G/ethanol) có thời gian sống huỳnh quang phân tử $\tau = 5ns$ [1, 4, 5] (hình 2).



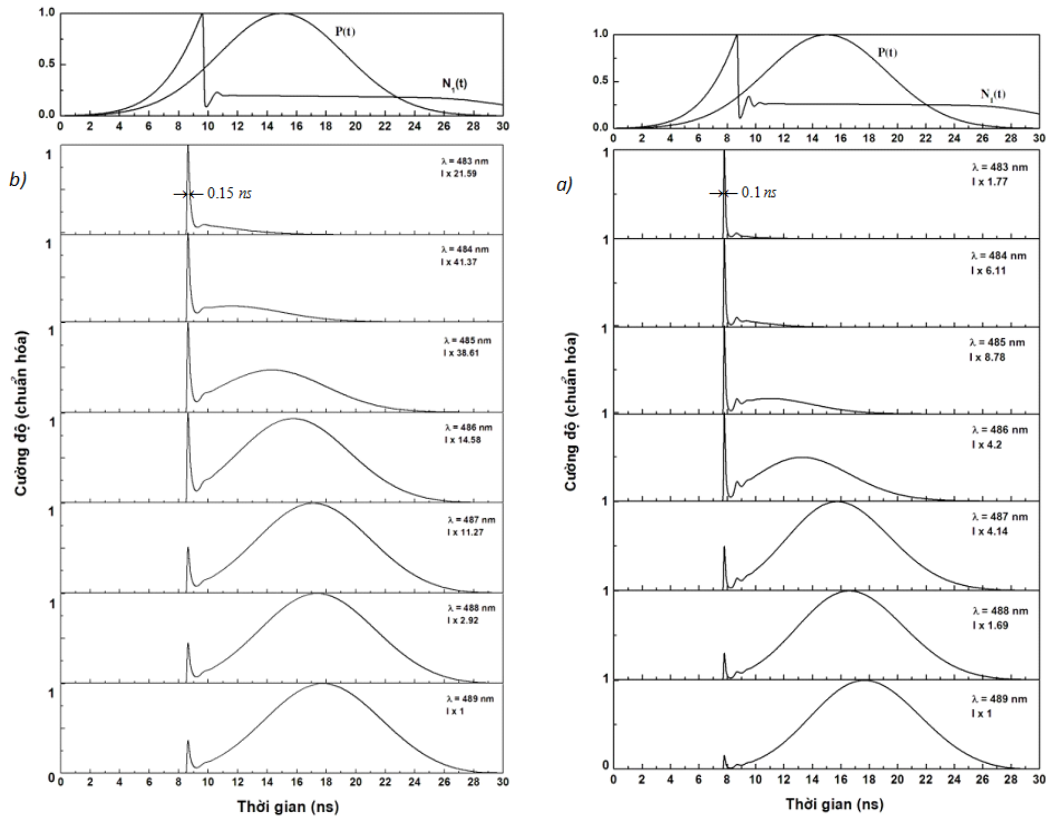
Hình 2. Động học phổ trong phát xạ laser màu Rh6G/ethanol, BCH 2cm
($l = 1cm$, $R_1 = 1$, $R_2 = 0,1$, $N = 1.10^{18} cm^{-3}$, $r = 20$).

Kết quả về động học phổ của laser màu băng rộng cho thấy một cách bao quát toàn bộ quá trình quá độ phát xạ laser theo thời gian và bước sóng. Cường độ phát xạ của laser là một hàm theo thời gian và bước sóng. Sự dao động hồi phục của laser phụ thuộc rất mạnh vào bước sóng và cho thấy quá trình quét phổ là một quá trình cơ bản và cố hữu trong phát xạ của các laser màu băng rộng.



Hình 3. Phổ tức thời của laser màu C30/ethanol $L = 2cm$,
 $l = 1cm$, $R_1 = 1$, $R_2 = 0,1$, $N = 1.10^{18} cm^{-3}$, $r = 20$.

Để có thể thấy được tường minh các quá trình diễn biến về mặt phổ - thời gian, chúng tôi đã nghiên cứu phổ laser tức thời (tại những thời điểm khác nhau) được chỉ ra ở hình 3.



Hình 4. Sự phụ thuộc cường độ laser theo thời gian của laser màu C30/ethanol ($l = 1\text{cm}$, $R_1 = 1$, $R_2 = 0,1$, $N = 1.10^{18}\text{ cm}^{-3}$, $r = 20$), a) $L = 2\text{cm}$; b) $L = 4\text{cm}$.

Các kết quả trên hình 4 cho thấy, ban đầu phổ có dạng là một băng rộng, sau đó nhanh chóng hẹp lại, đồng thời cực đại phổ dịch chuyển về phía sóng dài.

Ngoài ra, để đánh giá những khác biệt về tiến trình phổ của phát xạ laser màu băng rộng với các BCH có chiều dài khác nhau, chúng tôi đã nghiên cứu tiến trình phổ ở bảy bước sóng của laser màu C30/ethanol (hình 4). Các kết quả cho thấy: BCH ngắn có tiến trình phổ và sự dập tắt dao động ở phía sóng ngắn nhanh hơn so với BCH dài. Ở phía sóng ngắn của phổ laser, các dao động laser bị dập tắt rất nhanh và tồn tại như một xung đơn. Đây là kết quả rất thú vị nhằm định hướng cho việc tạo ra laser xung ngắn có dải thời gian picô-giây

4. KẾT LUẬN

Các kết quả nghiên cứu đã chứng tỏ rằng động học phổ của laser màu băng rộng phụ thuộc rất mạnh vào thông số của BCH. Phát xạ laser màu băng rộng, hoạt động trên ngưỡng tồn tại một tiến trình quét phổ nhanh, không dao động trong quá trình phát laser màu. Các BCH laser có chiều dài ngắn, tiến trình phổ quét rất nhanh. Sự dập tắt các dao

động ở một số bước sóng ngắn của phổ laser trong trường hợp này nằm trong dải thời gian picô-giây. Đặc điểm này của phổ có thể sẽ được sử dụng để tạo ra các xung laser ngắn picô-giây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Berman I. B. (1971). *Handbook of fluorescence spectra of aromatic molecules*, Academic Press, New York.
- [2] Juramy P, Flamant P., Meyer Y. H. (1977). *Spectral properties of pulse dye lasers*, IEEE J, Quantum Electron, Vol. QE-13, No. 10, 855-865.
- [3] Nguyen Dai Hung, Hoang Huu Hoa, Le Hoang Hai, P. Brechignac (1999). *Simple generation of tunable near-infrared picosecond dye laser pulses using spectro - temporal selection*, Appl. Phys. B 69, 467-471.
- [4] Kweon J. W. (1997). *Analysis of the output enhancement of coaxial flashlamp pumped Rh6G dye mixture lasers*, J. Appl. Phys., Vol. 36, No. 8B, 1107-1109.
- [5] Lu P.Y, Yu Z.X, Alfano R.R, Gersten J.I (1982). *Picosecond Studies of energy transfer of donor and acceptor dye molecules in Solution*, Phys. Rev. A, Vol. 26, No. 6, 3610-3621.
- [6] Sorokin P. P., Lankark J. R., Moruzzi V. L, and Hammond E. C. (1968). *Flashlamp pumped organic dye lasers*, J. Chem. Phys., Vol. 48, 4726-4741.
- [7] Urisu T., Kajiyama K. (1976). *Concentration dependence of the gain spectrum in energy transfer dye mixtures*, J. Appl. Phys., Vol. 47, No. 8, 3563-3565.

Title: THE SPECTRAL DYNAMICS OF BROADBAND DYE LASERS EMISSIONS

Abstract: The spectral dynamics of broadband dye lasers emissions are investigated by using a system of rate equations extended to multi-wavelengths. From the results, it is demonstrated that the intensity of each laser emission as a function of time and wavelength. The oscillation damping strongly depends on the wavelength and cavity parameter .

Keywords: The spectral dynamics of dye lasers.