

Bạn đang truy cập nguồn tài liệu chất lượng cao do www.mientayvn.com phát hành. Đây là bản xem trước của tài liệu, một số thông tin và hình ảnh đã bị ẩn đi. Bạn chỉ xem được toàn bộ tài liệu với nội dung đầy đủ và định dạng gốc khi đã thanh toán. Rất có thể thông tin mà bạn đang tìm bị khuất trong phần nội dung bị ẩn.

Liên hệ với chúng tôi: thanhlam1910_2006@yahoo.com hoặc frbwrthes@gmail.com

Thông tin về tài liệu

Số thứ tự tài liệu này là (số thứ tự tài liệu dùng để tra cứu thông tin về giá của nó): 1864

Định dạng gốc: .pdf, .doc

Xem giá cả và hình thức thanh toán tại đây: www.mientayvn.com/bg_thanh_toan.html

Tập tin có cài pass (bạn sẽ nhận được pass sau khi đã thanh toán):

www.mientayvn.com/DICH_THUAT/PROBLEMS_IN LASER PHYSICS_1864.rar

Các tài liệu được tặng miễn phí kèm theo: www.mientayvn.com/Tai_lieu_cung_chu_de/1864.doc

CHÚNG TÔI RẤT MUỐN CUNG CẤP TÀI LIỆU NÀY MIỄN PHÍ CHO CÁC HỌC SINH, SINH VIÊN NGHÈO, HOẶC CÓ HOÀN CẢNH ĐẶC BIỆT KHÓ KHĂN. ĐỂ NHẬN ĐƯỢC TÀI LIỆU NÀY MIỄN PHÍ, HÃY THỰC HIỆN THEO CÁC YÊU CẦU Ở MỤC 1, 3, 5, 8, 9, 10 TRONG LIÊN KẾT SAU ĐÂY: http://www.mientayvn.com/Trao_doi_tai_nguyen.html

Theo yêu cầu của khách hàng, trong một năm qua, chúng tôi đã dịch qua 16 môn học, 34 cuốn sách, 43 bài báo, 5 sổ tay (chưa tính các tài liệu từ năm 2010 trở về trước) Xem ở đây

**DỊCH VỤ
DỊCH
TIẾNG
ANH
CHUYÊN
NGÀNH
NHANH
NHẤT VÀ
CHÍNH
XÁC
NHẤT**

Chỉ sau một lần liên lạc, việc dịch được tiến hành

Giá cả: có thể giảm đến 10 nghìn/1 trang

Chất lượng:Tạo dựng niềm tin cho khách hàng bằng công nghệ 1.Bạn thấy được toàn bộ bản dịch; 2.Bạn đánh giá chất lượng. 3.Bạn quyết định thanh toán.

Tài liệu này được dịch sang tiếng việt bởi:

www.mientayvn.com

Từ bản gốc:

<https://docs.google.com/file/d/0B2JJJMzJbJcwUml4Tnh5VINxLTg/edit>

Liên hệ:

thanhlam1910_2006@yahoo.com hoặc frbwtheses@gmail.com

Dịch tài liệu của bạn:

http://www.mientayvn.com/dich_tieng_anh_chuyen_nghanh.html

www.mientayvn.com

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kỹ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

Trao đổi trực tuyến tại:

http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html

Chương 6 : Quá trình bơm

Bài tập

6.1P Tốc độ bơm tới hạn trong laser Nd : YLF được bơm bằng đèn :

Thanh Nd:YLF đường kính 5mm , dài 6.5 cm , với 1.3×10^{20} nguyên tử Nd/cm^3 được bơm liên tục bằng 2 đèn trong một cấu hình ghép chặt (ghép trực tiếp). Khoảng cách năng lượng giữa mức laser trên và mức cơ bản gần tương ứng với bước sóng 940 nm . Công suất bơm điện của mỗi đèn ở ngưỡng khi thanh được đưa vào buồng cộng hưởng laser là $P_{\text{lamp}} = 1\text{kW}$. Giả sử rằng thanh được bơm đồng đều với hiệu suất bơm toàn phần là $\eta_p = 4\%$, tính toán tốc độ bơm tới hạn tương ứng.

6.2P Biểu thức tốc độ bơm của quá trình bơm dọc :

Chứng minh rằng đối với quá trình bơm dọc, tốc độ bơm là $R_p(r,z) = \alpha I_p(r,z) / h\nu_p$, ở đây $I_p(r,z)$ là cường độ bơm trong môi trường hoạt tính và α là hệ số hấp thụ ở tần số ν_p của quá trình bơm.

6.3P Kích thước vết laser trong môi trường bơm dọc trong điều kiện bơm tối ưu

Quanh Nd^{3+} được đưa vào trong buồng cộng hưởng tần số được gấp bằng một kính chung (xem hình 6.1c của PL) và được bơm dọc chỉ từ một phía bằng một chùm diều tiêu của laser Ar^+ có bước sóng bơm $\lambda_b = 514\text{nm}$. Giả sử rằng sự mất mát khi di chuyển một vòng quay toàn bộ buồng cộng hưởng là $\gamma_b = 6\%$ thời gian phát xạ cảm ứng hiện dụng $\sigma_b = 5 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$, thời gian sống của laser mức trên là $\tau = 1\mu\text{s}$ và hiệu suất bơm $\eta_b = 50\%$. Trong điều kiện bơm tối ưu, hay tần số kích thích của laser được thiết kế ω_b trong môi trường hoạt tính để đạt được công suất bơm ngotron $P_b = 1\text{W}$.

6.4P Sự bơm quang học của laser Nd^{3+} bài toán thiết kế

Bằng cách tham khảo cấu hình của laser Nd^{3+} được xét trong bài tập trước, giả sử rằng kích thước vết ω_b của chùm bơm tại rìa bán kính hội tụ là 1mm và giả sử rằng chùm bơm được hội tụ trong môi trường hoạt tính qua một trong các gương cầu của buồng cộng hưởng (xem hình 6.1c của PL). Tương tự, giả sử rằng gương này bao gồm một gương lõm phẳng với chiết suất $n = 1.5$ và bán kính cong của bìa mặt lõm $R = 1\text{mm}$. Tính toán tia lúp của các bán kính hội tụ bơm để nó được kích thước vết bơm $\omega_b = 2\mu\text{m}$ trong môi trường hoạt tính.

6.5P Sự pha tạp trong môi trường laser trong thái rắn

Khối lượng riêng của tinh thể YAG là 4.30g/cm^3 . Tính toán khối lượng riêng của các ion Y trong tinh thể khi 5.5% ion Y bị thay thế bằng các ion Ytterbium (0.5% nguyên tố Yb)

6.6P Laser Na^{+}/Zn công suất cao được bơm ngang

Một thanh Na^{+}/Zn có đường kính 1mm chiều dài 6.5cm và được pha trộn nguyên tử Na được bơm ngang có bước sóng 808nm trong cấu hình bơm ở hình 6.1c của PL. Giả sử 10% công suất phát ra từ các sợi quang học bơm được hấp thu đồng đều trong thanh và kích thước vết của mode bằng 0.7 bán kính của thanh (vết tối ưu). Để thu được công suất cao như laser, người ta sử dụng gương đầu ra có hệ số truyền qua 15% . Nếu tinh đèn các măt măt bên trong khác, người

đã minh được hệ số mất mát trên một làn truyền là $\gamma = 10\%$. Nếu nhiệt điện phát xạ hiệu dụng được chọn là $\sigma_1 = 2.8 \times 10^{-12} \text{ J/m}^2$, thời gian sóng của laser mực trên là $\tau = 250 \mu\text{s}$, công suất quang học cần thiết qua các sợi quang học để đạt được ngưỡng Laser là

5.7P Sứ bơm dọc và ngang trong Laser $Na-YAC$:

Thanh $Na-YAC$ có bài tập 6.6 được bơm dọc trong cấu hình bơm cù hinh 6.1a của PL. Giả sử rằng: (a) sự mất mát trên một làn truyền $\gamma = 10\%$ và kích thước vết của mode $\omega_0 = 4\text{mm}$ giống như trong bài tập trước; (b) hệ số truyền qua hai gương song song của gương HR được phủ trực tiếp trên thanh là 25% ; (c) hệ số hấp thụ của môi trường hoạt tính tại bước sóng bơm là $\alpha = 4\text{cm}^{-1}$; (d) các điều kiện bơm tối ưu được thực hiện. Tính toán công suất bơm quang học cần thiết để ngưỡng và so sánh với giá trị thu được từ bài tập 6.6.

5.8P Công suất ngưỡng của Laser $Na-YVC$ được bơm hai đầu:

Laser $Na-YVC$ sử dụng buồng công phuong tuyen tinh được gấp hình chữ Z như hình 6.1c của PL. Thành laser được bơm dọc từ hai phía bằng hai diode laser được ghép với buồng công hưởng bởi các bộ sợi quang học. Các diốt phát ra bước sóng 508nm với hiệu suất bức xạ $\eta_1 = 50\%$, mỗi bộ sợi quang có hiệu suất chuyển đổi $\eta_2 = 87\%$ và hiệu suất hấp thụ là $\eta_3 = 77\%$. Xác định hiệu suất bơm toàn phần. Giả sử rằng sự mất mát khi di chuyển một vòng qua toàn bộ buồng công hưởng là 18% , thời gian sóng của laser mực trên là $\tau = 28\mu\text{s}$, nhiệt điện phát xạ cảm ứng hiệu dụng là $\sigma_1 = 2.6 \times 10^{-12} \text{ J/m}^2$ và kích thước vết của laser là $50\mu\text{m}$ bên trong thanh $Na-YVC$. Tính toán công suất điện ngưỡng cần thiết để một trong hai thanh diốt ở điều kiện bơm tối ưu.

5.9P Công suất ngưỡng trong laser gần ba mực $Yb:YAG$:

Thanh laser $Yb:YAG$ dài 1.5mm với $8.9 \times 10^{-12} \text{ J/m}^2$, 6.5% nguyên tố Yb được bơm dọc trong cấu hình laser như trong hình 6.1a của PL bằng đầu ra của phong giếng lượng tử $Yb:LaAs/YbAs$ có bước sóng 940nm . Chum của mang dirod hoảng lâi thích hợp để tạo ra vết gần tròn trong môi trường hoạt tính với kích thước vết gần khớp với kích thước vết của mode laser $\omega_0 = 1.0\mu\text{m}$. Nết điện hiệu dụng đổi với sự hấp thụ và phát xạ cảm ứng ở bước sóng laser $\lambda = 1.0\mu\text{m}$ lại nhiệt độ phong có thể được chọn là $\sigma_1 = 1.9 \times 10^{-12} \text{ J/m}^2$ và $\sigma_2 = 1.11 \times 10^{-12} \text{ J/m}^2$ trong khi đó thời gian sóng hiệu dụng mực trên là $\tau = 1.5\text{ns}$. Hệ số truyền qua của gương ghép đầu ra là 3.5% sao cho điều kiện đèn nhưng mất mát bên trong khác thi sự mất mát

nhỏ làn truyền là $\gamma = 5\%$. Tính toán công suất bom ngưỡng trong những điều kiện
đã được nêu ra.

5.10P Công suất bom ngưỡng của laser Nd: sợi thủy tinh

Xét một laser Nd: sợi thủy tinh với $N_e = 10^{14} \text{ ion/nm}^3$ được bơm ở 500nm và
đèn sưởi trắng parabol có độ sợi bằng $1\mu\text{m}$. Giả sử thời gian sống của mực laser trên
là $\tau = 300\mu\text{s}$, tiết diện phát xạ cảm ứng hiệu ứng $\sigma_i = 4 \times 10^{-19}\text{m}^2$, hiệu suất bom
quang học $\eta_i = 50\%$ và sự mất mát nhỏ làn truyền là $\gamma = 5\%$. Tính toán công suất
bom quang học ở ngưỡng.

5.11P Suy luận về bom: tia laser có độ sợi bằng $1\mu\text{m}$ trong laser Nd: sợi thủy tinh

Trong laser sợi quang ở bài tập 6.10, hệ số hấp thụ không bão hòa của môi trường
boat tinh tại bước sóng bom là $\alpha_i = 0.1\text{ cm}^{-1}$. Tính toán chiều dài sợi quang cần
để hấp thụ 90% công suất bom (tức công suất này là $P_i = 10\text{W}$)
(Mức kho lớn hơn trung bình).

5.12P Cường độ đầu ra cực đại của Nd: bộ khuỷch đại thủy tinh

Bộ khuỷch đại laser đèn lúc (nhỏ làn truyền của bao gồm là Nd: thủy tinh dày
5cm với $5 \times 10^{14} \text{ ion/nm}^3$). Giả sử tiết diện phát xạ cảm ứng hiệu ứng
 $\sigma_i = 4 \times 10^{-19}\text{m}^2$, thời gian sống của các mực laser trên $\tau = 300\mu\text{s}$ và sự mất mát
toàn phần do tán xạ trong bộ khuỷch đại là $\gamma = 5\%$.

Nếu tính đến sự hiện diện của mài mài này và tính với hệ số không bão hòa cho
tucket, chúng ta rằng bộ khuỷch đại được cường độ cực đại là đầu ra của bộ
khuỷch đại. Tính toán tốc độ bom cần thiết để thu được cường độ đầu ra cực đại
 $3 \times 10^{10}\text{W/cm}^2$ sử dụng các giá trị đã cho ở trên.

5.13P Nhiệt độ electron trong phân bố Boltzmann (electron temperature in a Boltzmann distribution)

Tính toán nhiệt độ electron của nhó khí điện tử được xác định bởi phân bố Boltzmann
Maxwell - Boltzmann có độ năng lượng trung bình 10eV.

5.14P Làm sao để giảm kích thước của ống laser He-Ne?

Một công ty laser đã sản xuất ra laser He-Ne (bao gồm một ống có đường kính
nhỏ $d = 2\text{cm}$, chứa 4 torr hỗn hợp khí: ống laser hơi hơi mờ điện áp hoạt động

520V. Nhà sản xuất nêu ion giàm đường kính ống laser $\text{d}_\text{min} = 25\text{cm}$ và chiều dài đèn $L = 50\text{cm}$. Tính toán áp suất và điện áp hoạt động cần thiết trong laser này.

3.15P Vận tốc nhiệt và vận tốc trôi dạt của các electron trong laser $\text{He}-\text{Ne}$.

Hỗn hợp $\text{He}-\text{Ne}$ được sử dụng trong laser ở bài tập 6.14 có tỷ số áp suất riêng phần giữa $\text{He}-\text{Ne}$ là 0.1, vì vậy các va chạm dẫn hối của các nguyên tử He có thể được xem như là một quá trình chiếm ưu thế. Giá trị tiết diện dẫn hối $\sigma_0 = 5 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ đối với He, nhiệt độ kinh $T = 300\text{K}$, năng lượng electron trung bình $E_e = 1\text{eV}$, áp suất toàn phần của hỗn hợp là 4 torr, điện áp hoạt động 520V và chiều dài ống 25cm , tính toán vận tốc nhiệt và vận tốc trôi dạt của electron trong laser này.

3.16P Laser $\text{He}-\text{Ne}$: Tốc độ bơm và dòng bơm.

Trong laser $\text{He}-\text{Ne}$ đã xét trong bài tập 6.14, chúng ta có $\langle v\sigma \rangle = 1.5 \times 10^{-20} \text{ cm}^3/\text{s}$ trong đó v là vận tốc electron và σ là tiết diện va chạm electron của kích thước He. Giá trị hiệu suất chuyển đổi năng lượng giữa He và Ne là một giá trị nào đó, chọn vận tốc trôi dạt là $v_0 = 10^6 \text{ cm/s}$ và đường kính ống là 5mm và giá trị nhiệt độ nguyên tử He là $T = 300\text{K}$. Trong hỗn hợp khí, tính toán tốc độ bơm tương ứng với dòng bơm 70mA .

3.17P Định luật tỷ lệ và hiệu suất trong các laser khi được bơm đặc.

Một laser bao gồm một ống kín có chiều dài D , đường kính r , chứa hỗn hợp khí ở áp suất p . Laser có công suất bơm tại ngưỡng $P_0 = 5\text{W}$, tương ứng với dòng hấp thụ $I = 10\text{mA}$. Nếu di trong kinh ống được nhân đôi thì dòng hấp thụ tại ngưỡng sẽ là bao nhiêu? (Giả sử rằng hiệu suất bơm không đổi).

3.18P Tốc độ bơm theo dòng bơm trong các laser Ar^+ .

Trong các laser Ar^+ môi trường hoạt tinh là các ion Argon được tạo ra ở mật độ dòng cao trong ống phong điện và sau đó được kích thích sang các mức laser cao hơn bằng va chạm điện từ. Trong trường hợp này, mối quan hệ giữa tốc độ bơm và mật độ dòng là gì?

3.19P Laser Ar^+ : Giá trị suất bơm theo công suất bơm.

Laser Ar^+ có hiệu suất bơm $\eta_0 = 5 \times 10^{-4}$ ở công suất bơm điện là 0.5W và 100% toàn hiệu suất bơm ở công suất bơm 2W .

[tra lời]

6.1 Tốc độ bơm tối hạn trong laser Nd-YLF được bơm bằng đèn

Tiêu suất bơm η_p của một laser nhát định được xác định bằng tỷ số giữa công suất bơm cực tiểu R_{\min} cần thiết để tạo ra tốc độ bơm nhát định R_p trong môi trường laser và công suất thực sự P_p vào trong hệ thống bơm.

$$\eta_p = \frac{R_p}{P_p} \quad (1)$$

Chúng ta nhớ lại rằng tốc độ bơm bằng số nguyên tử hoạt tính (hoặc phân tử) được kích thích trong một đơn vị thể tích trên một đơn vị thời gian bên trong môi trường hoạt tính bằng hệ thống bơm. Nếu R_p không bằng nhau ở mọi nơi trong môi trường laser, tốc độ bơm trung bình R_p phải được xét khi định nghĩa hiệu suất bơm.

Trong cấu hình bơm đèn, chúng ta có thể giả sử rằng tốc độ bơm đồng đều trong thanh laser, vì vậy phương trình (1) có thể được dùng trực tiếp để rút ra R_p . Đặt g và l là đường kính và chiều dài của thanh Nd-YLF đang xem.

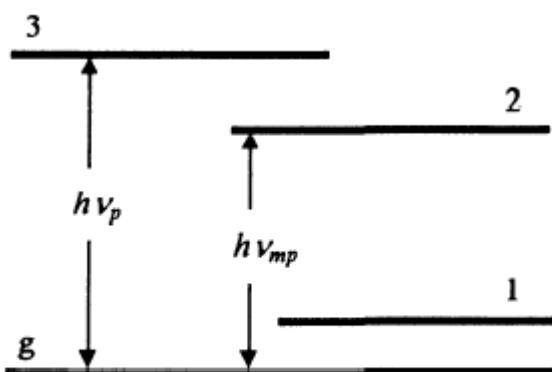


Fig. 6.1 Four level laser scheme.

Công suất bơm cực tiểu R_{\min} cần thiết để tạo ra tốc độ bơm R_p được xác định theo công thức:

$$P_p = R_p l \nu_{mp} \frac{\pi u_p^2}{\eta_p} \quad (2)$$

Trong đó ν_{mp} là sự chênh lệch năng lượng giữa mức trên và mức cơ bản (xem hình 6.1). Dùng phương trình (1) trong (2), chúng ta thu được:

$$R_p = \frac{\eta_p P_p}{\pi \nu_{mp} u_p^2} \quad (3)$$

Điều $r = r_0 - dz$ (phương trình (3) cho chúng ta tốc độ bơm tối hạn R_{pump} [đơn vị cm⁻²s⁻¹].
laser đang xét. Dùng giá trị được cho trong bài tập, tốc độ bơm tối hạn sẽ là
 $R_{\text{pump}} = 10^7 \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Đây là điều kiện cần để đảm bảo quá trình bơm dọc.

Xét một môi trường hoạt tính có dạng thanh được bơm dọc bởi một chùm laser và đặt z là tọa độ dọc theo trục của thanh, bắt đầu từ mặt vào của thanh. Đặt r là khoảng cách hướng tam giác của thanh. Bay giờ xét một cái yếu tố vô cùng nhỏ dV của môi trường hoạt tính σ tọa độ r , có chiều dày dz và diện tích bề mặt dS (Hình 6.2).

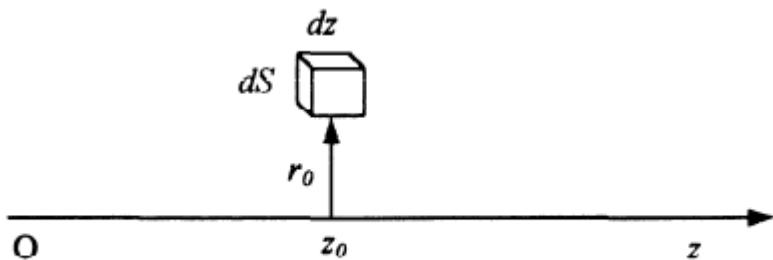


Fig. 6.2 Pump rate determination in longitudinal pumping

Đặt $I_p(r)$ là phân bố cường độ bơm trong môi trường hoạt tính và α là hệ số hấp thụ của môi trường ở tần số bơm ν_p . Theo phương trình (2.4.17) và phương trình (2.4.31-34) của PL, công suất vi phân dP được hấp thụ trong thể tích dV có thể được viết là

$$\begin{aligned} dP &= I_p(r) \cdot \alpha \cdot dV - I_p(r) \cdot \alpha \cdot dV + \dots \\ &= -I_p(r) / \alpha \cdot dV \quad (1) \\ &= -\alpha I_p(r) dV \end{aligned}$$

Theo định nghĩa, chúng ta có

$$dP = I_p(r) \nu_p dV \quad (2)$$

Số sẵn (1) và (2), chúng ta có

$$I_p(r) dV = \frac{\alpha \nu_p dV}{\nu_p} \quad (3)$$

Chú ý là phương trình (3) cũng đúng trong chế độ bảo hoà; trong trường hợp này, hệ số hấp thụ $\alpha = \alpha(\nu)$ là một hàm của cường độ bơm, vì thế nó phụ thuộc vào vị trí bên trong môi trường hoạt tính (xem phần trả lời của 6.11.).

Như đã thấy, yếu tố laser trong laser $I_p(r)$ được bơm dọc trong xác định kiện bơm tối ưu:

Công suất bom nguồn I_p của Laser bón mục được bom do có thể được viết là
(xem phương trình (6.3/20) của PT 1.1)

$$I_p = \left(\frac{\gamma}{\eta} \right) \left(\frac{v}{\tau} \right) \left[\frac{\pi(\omega + \omega_0)}{\sigma} \right] \quad (1)$$

Ở đây γ là hệ số mất mát trong môi trường truyền, η là hiệu suất bom, τ là thời gian sống của mục Laser trên, v là tần số bom, σ là tiết diện phát xạ cảm ứng điều dung, ω_0 là kích thước vé của các chùm bom và chùm laser trong môi trường hoạt tính. Điều kiện bom tối ưu tương ứng với trường hợp $\omega_0 = \omega$. Hơn nữa, hệ số mất mát trong môi trường được là $\gamma \approx \lambda / 1000$ trong những điều kiện này, từ phương trình (1) chúng ta có :

$$\omega_0 = \omega = \left[\frac{\eta \tau \sigma}{\pi \gamma v} \right]^{1/2} \quad (2)$$

Dùng các giá trị được cho trong bài tập, chúng ta thu được $\omega_0 = \omega = 2 \mu m^{-1}$

b.4) Sơ bom quang học của Laser $L_{z,z'}$, bài toán thiết kế :

Cấu hình bom được chỉ ra ở trong hình 6.3, ở đây, để đơn giản, các mặt cuối của môi trường hoạt tính được định hình vuông góc với cả chùm bom và chùm laser. Nay giả sử rằng mặt đầu sóng của chùm bom đến thấu kính bom là phẳng và giả sử rằng thấu kính bom và gương gấp lại gần nhau đến nỗi ảnh hưởng của

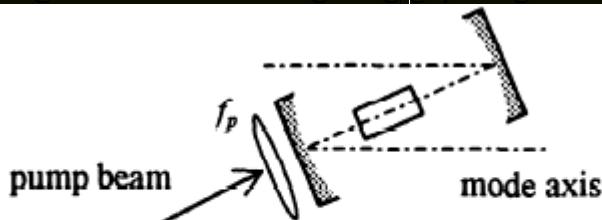


Fig. 6.3 Longitudinal pumping in a z-shaped folded linear cavity.

nhưng có thể được xem như một thấu kính dày nhất với tiêu cự finite distance f_p .

$$\frac{1}{f_p} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad (1)$$

Ở đây f_1 là tiêu cự của gương lồi được tác động đến chùm bom, như một thấu kính tách tia. Kích thước vé bom tại cổ chùm bên trong môi trường hoạt tính có thể được biểu diễn gần đúng là (xem phương trình (4.7/28) của PT 1.1)

$$\omega_0 \approx \frac{\lambda f_1}{\pi \omega} \quad (2)$$

Ở đây λ_0 là bước sóng ban, khi $\lambda_0 = 532\text{nm}$, $\omega_0 = 2\pi\mu\text{rad/s}$ và $\omega_0 = 2\pi\mu\text{rad/s}$, chúng ta thu được $f_0 = 0.15\text{cm}^{-1}$. Mát khác f_0 có thể tính được bằng định luật lens maker :

$$\frac{1}{f_0} = \left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n_0} \right) \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{d} \right] \quad (3)$$

Trong đó n là bán kính cong của hai mảng sương và n_0 là chỉ số cản ánh của môi trường sương. Đổi với $n = 1.05$, $n_0 = \infty$, $R = 22\text{cm}$ thì phương trình (3) chúng ta tính được $f_0 = -44\text{cm}^{-1}$ (tùy phương trình (1)) chúng ta tính được tiêu cự của thấu kính là $f_0 = -0.02\text{m}$.

3.5 Sơ phác họa trong môi trường laser trang thái rắn.

Về bang tần hoan các nguyên tố hóa học, chúng ta thu được trong lượng nguyên tử của Y-Al và oxi tương ứng là $n_0 = 2890$, $n_0 = 2693$, $n_0 = 16$ và thể tích lượng của một mol YAG là :

$$V_{\text{mol}} = \frac{N_A}{n_0} = 6.022 \times 10^{23} / 2693 = 2.22 \times 10^{-22} \text{m}^3 \quad (1)$$

Đường kính hạt số Avogadro $d_0 = 5.022 \times 10^{-10}\text{m}$ phân tử $N_A = 6.022 \times 10^{23}$ và vì hệ số ion Y là $n_0 = 16 = 18.066 \times 10^{23}$ ion. Mát khác $W_{\text{mol}} = 156\text{g}$ của YAG chiếm một thể tích :

$$V = W_{\text{mol}} / \rho_{\text{YAG}} = 156 / 4.56 = 34\text{cm}^3 \quad (2)$$

Ở đây $\rho_{\text{YAG}} = 4.56\text{g/cm}^3$ là khối lượng riêng của YAG. Mát độ của các ion Y có thể tính được bằng công thức $\gamma = n_0 / V = 16 / 34 = 0.47\text{cm}^{-3}$. Nếu 6.2% các ion Y được thay bằng các ion Yb sẽ là $6.2 / 100 \times 0.47 = 0.029\text{cm}^{-3}$.

Trong laser với YAG không sưởi cao được bơm ngang.

Công suất bơm (giúp) P_b của laser và YAG có thể được biểu diễn bằng công thức (xem phương trình (6.2.1) của PHE)

$$P_b = \left(\frac{\gamma}{\eta_b} \right) \left(\frac{\nu_b}{\tau} \right) \left[\frac{\pi R^2}{\sigma_b [1 - \exp(-2a/\omega_b)]} \right] \quad (4)$$

Trong đó γ là hệ số mát mát trong mỗi lần truyền ; η_b là hiệu suất bơm ; τ là thời gian sống mực laser treo ; ν_b là tần số bơm ; σ_b là hệ số huyễn sát của tia lasing ; a và ω_b là bán kính hành và kích thích vết của laser trong môi trường hoạt kim. Vết của mode tối ưu tương ứng với $\omega_b = 0.7a / \lambda$.

Trong trường hợp laser chung ta, công suất bơm được phân bởi các sợi quang là $\eta_s = 0.7$. Dùng cách tính khác được cho trong bài tập 6.6 phương trình (1) chúng ta thu được $P_b = 54.25\text{W}$.

6.7 Sơ đồ mảng và bơm dọc của laser Yb-YAG

Công suất bơm ngưỡng được cho bởi phương trình (6.3.20) của PL là :

$$P_b = \left(\frac{\gamma}{\eta_p} \right) \left(\frac{V_b}{\tau} \right) \left[\frac{\pi(\omega_b + \omega_s)}{\sigma_a} \right] \quad (1)$$

Trong trường hợp mảng glass có các số liệu phô thông phản xạ lỏng của hai lõi là η_s (nếu sinh bơm (tlop phủ γ , $R < 0.2\%$), nếu suất bơm η_p (nếu nó được chọn là величина для ядра), truyền qua gương HR, V_b (nhận với biến suất nấp thu $\eta_s = [1 - \exp(-\alpha_s)]$, trong đó α_s là hệ số nấp thu của bước sóng bơm và là chiều dài của lõi) tương ứng, và σ_a (tương ứng với lõi hoạt tính), vì thế, chúng ta tính được $\eta_p = n_p \eta_s = 0.95$. Trong điều kiện bơm tối ưu, chúng ta có $\omega_b = \omega_s$ trong phương trình (1), với các giá trị cho trước của các tham số có liên quan thì từ phương trình (1), chúng ta thu được $P_b = 24.77\text{W}$, tức là gần bằng nửa giá trị thu được trong bài tập 6.6.

Khi công suất ngưỡng trong laser Yb-YAG, được bơm hai đầu,

Công suất bơm ngưỡng của quá trình bơm dọc được cho bởi công thức sau :

$$P_b = \left(\frac{\gamma}{\eta_p} \right) \left(\frac{V_b}{\tau} \right) \left[\frac{\pi(\omega_b + \omega_s)}{\sigma_a} \right] \quad (1)$$

Trong trường hợp quai chung ta, chúng ta có thể chọn $\gamma \approx \lambda / D = 0\%$, $n_p = n_s n_a = 4.2\%$, $\omega_b = \omega_s = 10\mu\text{m}$. Dùng các dữ liệu cho trước của $V_b = 2/3\pi r^2 \tau$ (từ phương trình (1)), chúng ta thu được $P_b = 5.0\text{W}$. Vì thế, công suất cần thiết từ mỗi thanh đùi là ngang là $P = P_b / 2 = 2.5\text{W}$. Cần ý rằng so sánh với bài tập trước, bây giờ P_b nhỏ hơn 4 lần, sự khác nhau này chủ yếu là do kích thước véo ở hai trường hợp khác nhau, chủ yếu là do gần giống nhau đối với Nd-YAG và Nd-YVO₄.

6.8 Công suất ngưỡng trong một laser Yb-YAG giá ba mức :

Công suất bơm ngưỡng P_b của laser Yb-YAG có thể được biểu diễn theo công thức :

$$I_b = \left(\frac{\gamma + \sigma_{\text{tia}}}{\eta} \right) \left(\frac{V_b}{\tau} \right) \left[\frac{\pi (\omega_b + \omega_s)}{2 \ln 2} \right] \quad (1)$$

Trong đó γ là hệ số mất mát trên một lần truyền ; η là hiệu suất bom ; τ là thời gian sóng bức xạ laser truyền ; V_b là tần số bom ; σ_{tia} và σ_s là tiệt diện phát xạ của ống laser cùng với tiệt diện hấp thụ của bức xạ song laser ; N_b là mật độ toàn phần ; I là chiết diện môi trường hoạt tính ; ω_b , ω_s là bán kính kích thước của véts của các node bom và laser trong môi trường hoạt tính. Chúng ta giả định một hệ số truyền qua ống bức xạ song bom của thấu kính bom và của quang HK được phủ trên mỏ mát của bằng (xem hình 6.11 của FL). Do đó hiệu suất bom có thể được chia bằng hiệu suất hấp thụ bức xạ $\eta = \eta_a = [1 - \exp(-\alpha)]$ (tùy bảng 6.2 của PL) nếu không áp dụng cho song bom là $\alpha = 0.001$. Chúng ta có thể thấy $\eta_b = 0.55$ (tùy công thức 1) và các giá trị bằng số của tất cả các tham số khác, chúng ta tính được $I_b = 0.69 \text{ W}$.

6.10 Công suất bom ngược của laser Nd: sợi thủy tinh.

Thương trình (1) trong bài giải b.5, dùng cho quá trình bom do các tia bức xạ và kích thước véts của các chùm bom và laser được lấy phản ứng bằng phản ứng lò sợi quang. Dùng các giả定 cho của các tham số có liên quan, chúng ta tính được $I_b = 1 \text{ W}$. Chú ý rằng, giá trị công suất này là tương đối với giá trị công suất trong laser Nd đang khởi động nguyên nhân là vì giá trị của ω_b và ω_s rất nhỏ.

6.11 Sự hấp thụ bom trong Laser Nd: sợi thủy tinh.

Tia sợi phản bội trong lò sợi quang có công suất bom trong sợi quang đóng góp, cường độ bom trong lõi là $I_b = \frac{N_b V_b}{\tau} \cdot \frac{\pi (\omega_b + \omega_s)}{2 \ln 2}$ (trong kinh tế) là tia quang độ bom cao như thế, sự suy giảm mật độ ở trạng thái có ban không thể bỏ qua được. Để tính toán sự hấp thụ bom đối với trường hợp này, chúng ta giả sử rằng có một sự phun hơi rất nhanh từ các mục bom sang các mục laser cao và từ các mục laser hấp thụ năng lượng (tia laser 4 mục lú tương). Do đó các nguyên tử bị hấp thụ ở mục lú ban và mục laser cao. Đầu I_b là mật độ của bức xạ sau và η_b là mật độ toàn phần. Ở trạng thái xác lập, chúng ta thấy số ion Na^+ tăng trong môi trường và thời gian giữa hai mục laser cần phải bằng số ion ban để có dung lực của mục này. Vì thế có :

$$I_b = \frac{\eta_b}{\tau} \quad (1)$$

Trong đó η_b là ốc độ bom và τ là thời gian sóng bức xạ laser trên. Theo phương pháp (b.2.2) của FL, tốc độ bom có thể được biểu diễn là :

$$I_b = \frac{\alpha I_b}{V_b} \quad (2)$$

Điều α là số hao mòn ánh sáng môi trường bùn bão ν_0 (xem bài giài 6.2.).
Theo phương trình (2.4.32) của PT, nếu số hao mòn α trong môi trường bùn
mực lấp không đổi:

$$\alpha = \sigma_{\text{b}} N - N_0 \quad (7)$$

ta viết điều kiện hấp thụ bùn σ_{b} theo phương trình (2.3) vào phương trình (1),
chứng ra thu được:

$$N_0 = N_1 \frac{\tau}{1 + \frac{\alpha}{\sigma_{\text{b}} \tau}} \quad (8)$$

Trong đó:

$$\tau = \nu_0 / \sigma_{\text{b}} \quad (9)$$

là cường độ bao hoà bùn.

Nếu bay giờ chúng ta đặt $\tau = 1$, là mật độ trạng thái cơ bản, từ $N_0 = N_1 - N_1$, chúng
ta thu được:

$$N_1 = \frac{N_0}{1 + \frac{\alpha}{\sigma_{\text{b}}}} \quad (10)$$

Sử dụng giảm cường độ bức xạ theo trục z của sợi quang là:

$$\frac{dN_1}{dz} = -\sigma_{\text{b}} N_1 = -\frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha}{\sigma_{\text{b}} z}} \quad (11)$$

Điều $\alpha_{\text{b}} = \sigma_{\text{b}}$ là số hao mòn ánh sáng môi trường bùn bão ν_0 . Chúng ta có
một cách biến trong phương trình (11) để thu được:

$$\frac{1}{1 + \frac{\alpha}{\sigma_{\text{b}} z}} dz = -\alpha_{\text{b}} N_1 \quad (12)$$

Cây nến phản xạ hai vé phương trình (12) theo chiều dài z , chúng ta thu được:

$$N_1 \left[\frac{1}{1 + \frac{\alpha}{\sigma_{\text{b}} z}} \right] = \alpha_{\text{b}} \quad (13)$$

Điều α_{b} là số hao mòn ánh sáng và cuối sợi quang.

Với các giá trị đã cho trong bài tập, chúng ta thu được
 $\alpha_{\text{b}} = 2.2 \times 10^{-10} / \text{cm}^2$. Từ phương trình (13), ta có $\alpha_{\text{b}} = 2.2 \times 10^{-10}$ (suy ra
 $z = 1 \text{ cm}$). Chú ý rằng, khi cường độ bức xạ càng nhỏ, số hao mòn ánh sáng môi trường
phương trình (13) có thể viết đơn giản là:

$$N_1 \left[\frac{1}{1 + \frac{\alpha_{\text{b}}}{\sigma_{\text{b}} z}} \right] = \alpha_{\text{b}} \quad (14)$$

Ta chiều dài được cần thiết để hao mòn 90% công suất sẽ giảm đến $z = 1 \text{ cm}$.

6.12 Cường độ đầu ra cực đại trong Nd: bộ khuếch đại thủy tinh

Sự thay đổi (%) của cường độ I khi chum được khuếch đại đi qua chiều dày d trong bộ khuếch đại là :

$$\Delta I = g - \alpha / d \quad (1)$$

Ở đây g là số lợi bao hoà và α dùng để tính lên măt măt do tản xạ. Số lợi bao hoà có thể được biểu diễn là :

$$g = \frac{1}{1 + \frac{\sigma}{\tau}} \quad (2)$$

Ở đây σ là số lợi không bao hoà và $\tau = \nu/\sigma$ là cường độ bao hoà.

Thay phuong trinh (2) vào phuong trinh (1) ta thấy rằng do với toàn phần $\sigma/\tau = g - \alpha$ nên lợi không khí tại mọi điểm nào do bên trong bộ khuếch đại cường độ đạt đến giá trị cực đại là :

$$g_{\max} = \left[\sigma/\tau - 1 \right] \quad (3)$$

Tại điểm này, cường độ không tăng nữa và tất cả năng lượng được lưu trữ trong bộ khuếch đại bị mất mát như tản xạ.

Để tính toán tốc độ bom cần thiết v_0 , đầu tiên chúng ta có công thức :

$$v_0 = \sqrt{2 \ln(1/g_{\max}) / \sigma \tau} \quad (4)$$

Trong đó v_0 là mật độ của mực laser trên khi không có sự bao hoà ($\tau = 0$). Thay g_{\max} từ phuong trinh (4) vào phuong trinh (3), ta được biểu thức sau :

$$v_0 = \frac{\alpha}{\sigma \tau} \left(\frac{1}{1 - \frac{\sigma}{\tau}} \right)^{1/2} \quad (5)$$

Dùng các giá trị được cho trong bài tập chúng ta tìm được
 $\alpha = -10^{-11} \text{ cm}^2/\text{J}$, trong đó $\tau = 10^{-10} \text{ s}$ là chiều dày bộ khuếch đại. Dùng các giá trị bằng số còn lại được cho trong bài tập chúng ta tìm được
 $R_s = 10^{10} \text{ cm} / \text{J} \text{ cm}^2 \text{ s}^{1/2}$

3.13 Nhier độ electron trong phân bố Boltmann

Bối rối phân bố Maxwell-Boltmann là mức giữa dòng gang trung bình $v = m v_0 / e$ và nhier độ electron n_e là :

$$n_e = n_0 e^{-mv_e / kT_e} \quad (1)$$

Trong đó n_0 là hảng số Boltmann ; m là khối lượng electron ; k là vận tốc nhiệt của nó. Theo phuong trinh (1), chúng ta thấy rằng n_e bằng $1/3$ nhằm cho dòng gang trung bình trực là $v_0 = 1 \text{ eV}$. Dùng các giá trị đã biết của điện tích electron và hảng số Boltmann, chúng ta tính được $n_0 = 10^{10} \text{ K}^{-1} \text{ J}^{-1}$.

3.14 Lai nhan để giảm kích thước của ống laser He-Ne E

Để tính đường kính D và áp suất khí p mới, chúng ta có thể dùng định luật理想

$$\rho D = \rho L \quad (1a)$$

$$\left(\frac{\varepsilon}{\rho} \right) = \left(\frac{\varepsilon}{L} \right) \quad (1b)$$

Ở đây ε là điện trường của ống phóng điện. Từ công thức (1a), chúng ta có $\rho = \rho_0 D / L = \rho_0 L$ trong đó L là bán kính và đường kính của ống cũ ; ρ_0 và D là các giá trị tương ứng đối với ống mới. Bây giờ giả sử rằng điện trường ε là đều đốc theo ống laser, chúng ta có thể viết :

$$\varepsilon = V / L \quad (2)$$

Trong đó V là điện áp đặt vào, L là chiều dài ống. Từ công thức (1b) và (2) chúng ta thu được $V = \rho_0 L^2 / \varepsilon = \rho_0 L^2 / \rho_0 D$. Vậy V , L , D là biến ảo và chiều dài ống cũ L và D là các giá trị tương ứng đối với ống mới. Chú ý bài viết về ε và V có thể không đổi trong trường hợp của chúng ta, điện áp cần thiết cũng không đổi.

6.13. Vận tốc nhiệt và vận tốc trôi dạt của các electron trong Laser ($He-Ne$)
Vận tốc nhiệt v_n cũng liên quan đến năng lượng electron trung bình E qua công thức :

$$v_n = \sqrt{2E/m_e} \quad (3)$$

Ở đây m_e là khối lượng electron. Từ công thức (1), chúng ta thu được $v_n = \sqrt{2eV/m_e}$. Theo phương trình (6.4.13) của PL, vận tốc trôi dạt v_t là :

$$v_t = \frac{eE}{m_e v_n} \quad (4)$$

Ở đây e là điện tích electron, ε là điện trường đặt vào và v_n là vận tốc trung bình của electron. Đạt trọng số có thể được biểu diễn là :

$$v_t = \sqrt{N\sigma_{\text{tr}}} \quad (5)$$

Ở đây N là nồng độ nguyên tử H_2 và σ_{tr} là kết hợp lối rời và chấn lún hòi của electron với nguyên tử H_2 . Từ phương trình trạng thái của chất khí, mật độ nguyên tử H_2 (N) được viết là :

$$N = P N_A / k_B T \quad (6)$$

Trong đó N_A là số Avogadro, P là áp suất riêng phần của H_2 , T là nhiệt độ khí, k_B là hằng số Boltzmann, ρ là áp suất riêng phần của H_2 (bảng 6/7) nhân cho áp suất của toàn bộ hỗn hợp khí. Từ phương trình (4), chúng ta thu được $v_t = \sqrt{P N_A / (k_B T m_e)}$ là vận tốc trôi dạt. Chúng ta thu được $v_t = 20.8 \text{ cm/s}$. Bây giờ giả sử rằng điện trường ε là đều đốc theo ống laser, thì chúng ta có thể viết :

$$\varepsilon = V / L \quad (7)$$

Ở đây V là điện áp đặt vào và L là chiều dài ống. Từ phương trình (2), chúng ta đều được cho trong bài lap, chúng ta thu được $\varepsilon = 20.8V/cm$. Từ công thức (1-2) cuối cùng chúng ta tính được $v_t = 20.8 \text{ cm/s}$.

3.16. Laser He-Ne: tốc độ bom theo dòng bom:

Trong laser He-Ne, quá trình bom được thực hiện bằng cách kích thích các nguyên tử He-3 để mức siêu bền bằng quá trình va chạm electron, sau đó kích thích He-3 bằng cách truyền năng lượng song song hướng. Ở trạng thái tách lập, do quá trình này, electron sẽ phát ra photon. Khi các nguyên tử He-3 và electron va chạm, nó làm mất tốc độ tách lập và phát bảng với tốc độ tách lập He-3. Giá trị này không hoàn toàn thực tế nhưng nó làm cho tính toán của chúng ta đơn giản. Từ phương trình (6.4.24) của PL, tốc độ bom là:

$$R_b = N \cdot \frac{1}{2} \left(\langle |\sigma| \rangle \right) \quad (1)$$

Ở đây N là mật độ của các nguyên tử He-3, $\langle |\sigma| \rangle$ là vận tốc trôi dài, $\langle |\sigma| \rangle$ là mật độ dòng electron là diện tích electron. Sử dụng các giá trị được cho trong bài tập, chúng ta có thể tính được tốc độ bom $R_b = 1.2 \times 10^{19}$ cm/s.

3.17. Định luật tỷ lệ và mèo suất trong các laser kín được bom đặc:

Điện áp hoạt động của laser khi đã thu được là $V = P_e / i = 100$ V. Từ định luật tỷ lệ của ống phóng điện laser kín (xem phương trình 3.4.25a-b của PL), chúng ta có thể thấy rằng việc nhận biết đường kính ống lõi hơi phản ứng sẽ ảnh hưởng và định hướng đèn nua giá trị ban đầu của chúng. Đặc biệt, điều này trong ứng với giảm điện áp hoạt động đèn nua giá trị ban đầu của nó, tức là 500V. Công suất bom nổ trong một cơ thể thu được từ phương trình (6.4.26 của PL), tức là:

$$I_b = n \cdot \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{1}{V_m^2} \quad (1)$$

Đây I_b là tốc độ bom ban đầu, A là tiết diện của ống, n là chiều dài của nó và V_m là năng lượng bom cực tiểu. Tốc độ bom ban đầu có thể thu được từ phương trình (6.4.29) của PL bằng:

$$I_b = \frac{\gamma}{\sigma_i \tau} \quad (2)$$

Trong đó γ là hệ số mài mòn trong một lần truyền, σ_i là tiết diện phát xạ cảm ứng, τ là thời gian sống của mục laser tiên. Bởi vì tất cả các tham số trên đều không đổi trong hai trường hợp, I_b cũng sẽ không đổi. Hơn nữa, bởi vì η_1 không đổi, theo định luật phương trình (1) chúng ta thu được I_b / A vẫn không đổi. Công suất bom ngưỡng phản tăng 4 lần, tức là $I_b = 4V$ và dòng cần thiết tăng 8 lần (tức là $I_b = 4mA$).

3.18. Tốc độ bom và dòng bom trong Laser Ar^+ :

Theo phương trình (6.4.24) của PL , tốc độ bom κ_1 là :

$$\kappa_1 = A \frac{1}{\rho} \left(\langle |\sigma| \rangle \right) \quad (1)$$

Trong đó ρ là mật độ của môi trường hạt lỏng (các ion A^+ và mặt lõi đóng), σ là péndeny va chạm electron và $\langle |\sigma| \rangle$ là giá trị trung bình. Giá trị phán bộ va chạm electron Maxwell và nhiễu loạn electron được sum khống đố l, tức là $\langle |\sigma| \rangle = 1$. Khi thay đổi mật độ đóng và thay đổi phương trình (6.4.24) của PL, chúng ta có thể thấy rằng $\langle |\sigma| \rangle$ không đổi. Vậy khác với nhiễu loạn electron cho mức van tốc nhanh (bút vi $\lambda_{\text{min}} = 1.75 \mu\text{m}$) không đổi và mức van tốc rời rạc λ_{max} (cùng khống đố), xem phương trình (6.4.16) của PL . Tuy (1), chúng ta suy ra rằng $\kappa_1 = A$. Mặt khác, các ion A^+ được tạo ra do va chạm electron với các nguyên tử trung hòa. Vì thế, mật độ ρ của chúng có thể lý với ρ , vì nó có tác động quan trọng như vậy với κ_1 . Kết quả tương tự được rút ra về khung (a) xét quá trình bom như là hai bước liên tiếp, liên quan đến hai va chạm electron. Xác suất của quá trình này bằng bình phương xác suất của từng va chạm. Giá trị ràng xác suất của va chạm electron với mỗi nguyên tử lý thuyết là 10^{-20} cm²/s. Trong ống phóng điện khí, chúng ta suy ra rằng xác suất qua quá trình bom lý thuyết $\kappa_1 = 10^{-20}$.

6.19 Laser A^+ : Hiệu suất bom theo công suất bom :

Theo phương trình (6.4.26) của PL , tốc độ bom κ_1 có thể được viết là :

$$\kappa_1 = n \frac{A}{\rho v_m} \quad (1)$$

Trong n là hiệu suất bom, A là công suất bom, ρ là mật độ qua ống Laser, v_m là chiều dài của nó và v_m là năng lượng bom cực tiểu. Đổi với các tham số ống laser cho κ_1 lý thuyết của n . Mặt khác, trong bài tập trước, chúng ta đã chứng tỏ rằng $n \approx 10^{-20}$ (tia laser) là mật độ đóng, trong khi P là hằng số điện áp đối với ống phóng điện chỉ có lý thuyết P . Suy ra n phải tăng tuyến tính với P . Từ đây, chúng ta có $n = 10^{-20} \text{ W} \times 9/0.2 = 1.44 \times 10^{-20}$.

Bài T p Chuyên Nghành :Quang H c H i n i

Ch ng 7:Tính Ch t c a laser ho t ng ch ô liên t c

www.mientayvn.com

D ch t Problems in Laser physics c a G.Cerullo, S.Longhi, M.Nisoli, S.Stagira, và O.Svelto, 2001.

Các bài t p

7.1P Tính toán h s m t mát logarithmic

Tính toán h s m t mát logarithmic trên m t l n truy n qua γ c a bu ng c ng h ng laser Fabry-Perot v i m t mát bên trong có th b qua. Bu ng c ng h ng này g m 2 g ng v i h s truy n qua là $T_1 = 80\%$ và $T_2 = 5\%$

7.2P Tính toán th i gian s ng c a photon trong bu ng c ng h ng

M t laser vòng Nd:YAG chi u dài hình h c $L=10cm$ c t o ra t m t tinh th tích c c dài $l=1cm$ v i chi t su t $n=1.82$, c t bên trong bu ng c ng h ng quang h c v i ba g ng có h s ph n x 1 n l t là $R_1 = 95\%$, $R_2 = 100\%$ và $R_3 = 98\%$ b c sóng phát laser. B qua s m t mát bên trong bu ng c ng h ng và gi s ti t di n phát x c m ng hi u d ng $\sigma_e = 2.8 \times 10^{-19} cm^2$ tâm c a d ch chuy n laser ,tính:

- Th i gian s ng c a photon trong bu ng c ng h ng khi tinh th ch a c b m.
- Th i gian s ng c a photon trong bu ng c ng h ng khi laser d i ng ng và t c b m b ng n a giá tr ng ng c a n o.
- Th i gian s ng c a photon trong bu ng c ng h ng khi t c b m g n b ng giá tr ng ng.
- S o l n m t c n thi t t n ng ng laser.

7.3P Laser 4 m c v i th i gian s ng xác nh c a các m c laser

Xét m t laser 4 m c bên d ng ng và gi s r ng

(i) l s phân nhánh c a d ch chuy n 2 = 180 v i t c d ch chuy n t phat to h ph n là 0.10.

(ii) th i gian s ng toàn ph n t tr ng thái cao l b c x hoàn toàn và giá tr c a n o l s (các d li u c p n d ch chuy n 1.064 nm c a Nd:YAG). Trong nh ng i u k i n nay, th i gian s ng t c a m c laser b ên d i ph i ng n nl th nào l N = 1%

7.4P Phân tích ph ng trình t c c a laser 3 m c

Trong s m c a laser 3 m c, m c ase l h p là tr ng thái c o n v à s b m xu t hi qua m t d i b m t p trung m t t kên m c ase cao (qua s ph c h i nhanh).

Gi s m t c a m u N th i gian s ng m c cao l th i gian s ng c a photon trong bu ng c ng h ng và t c b m l s W, nay vi t ph ng trình t c khong ph thu c khong gian c a laser 3 m c. Gi s h s m t mát

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

logarit toàn phần) và t độ n phát x c m ng g ad ch chuy n laser b c, và chí u dài c a môi tr ng ho t tính l h h y tính t c b m c n thi t t r ng ng.

7.5F | i u k i n g | ng trong laser ruby

Dùng k t qu c a bài t p 7.4P hãy tính toán s o l n m t c n thi t c dao n g laser trong laser ruby b c sóng $\lambda = 694.3\text{nm}$ Gi s bu ng c m h ng Fabry-Pero v i các h s ph n x c a các g ng là $R=100\%$ và $\eta=96\%$ s m t mát do tán x trong m t n truy n qua là 3% và thanh ruby dài 6cm Gi s giá tr c a t di n peak phát x c m ng và h p th c t b ng nhau và b ng $\tau = 10^{-20}\text{s}^2$

7.6F | Th u kinh nh t trong laser Nd:YAG microchip

Trong laser microchip Nd:YAG c t o rat m t thanh tinh th dày 1mm chi su t $n=1.8$, v i các m t ph ng song song c b m d c b i m laser diode cát th u kinh nh t c c m ng trong quá tinh b m trong tinh th c xem nh l i các th u kinh m ng c t t tâm c a bu ng c ng h ng. Tiêu c t ng ny c a các th u kinh nh t có th c t tinh b ng cách os phán k c a chum laser microchip Gi s r ng laser ang ho t ng mode c b n TEM_00 và góc phân k c a chùm l $\theta=5\text{mrad}$ h y tính giá tr c a các th u kinh nh t

7.7F | H i u su t ngang trong m laser 4 m c c b m d c

Chúng ta h y xét m laser 4 m c c b m d c b m ng m t chùm b m tròn TEM_00 có kích th c v t g n nh không i w. Gi s r ng chùm laser bao g m m mode Gauus TEM_00 kích th c v t c chum l à w, và s nhieu x mode bén trong m t tr ng l i có th b qua. H y rút ra b u th c gi i tích c a hi u su ngang c a laser g n g ng

(H ng d n: t bi u th c ng cong u vao u ra chu n hóa $r=y(x)$ trong ph ng tinh (7.3.33) c a PL hính toán bi u th cong ng i v i, v i dyd)

Sau ó dùng các k t qu này tính h s góc c a ng cong hi u su t ngang

(M c kh l n h n trung lnh).

7.8F | Tính toán ng | ng và h s góc c a | ng cong hi u su t trong laser Nd:YAG | c b m d c

Laser Nd:YAG b c sóng $\lambda = 1064\text{nm}$ bao g m tinh th dài $l=5\text{mm}$ c t b n trong m t bu ng c ng h ng ph ng l 3m , c b m d c b i m t laser diode GaAs b c sóng $\lambda = 800\text{nm}$ G ng ph ng c ph tr c ti p tien m t ph ng c a tinh th YAG và có h s ph nk 100% l c sóng laser G ng u ra có bán kính cong $R=10\text{cm}$ và h s truy n qua $T=6\%$ b c sóny laser. Chí u dài hình h c a bu ng c ng h ng là $L=9\text{cm}$ và m t mát l ên trong trên m t truy n qua là $\tau = 0.03\text{ns}$ Gi s hi u su t b m toàn ph n $\eta=60\%$ và phân b b m Gaus, v i kích th c y t w, g n b ng 125pm và g n nh không i d c theo tinh th hinh toán công su t b m v t h n ng h laser c c ti um h s là $x=10\text{ns}$ i v

Bài 1 | Bài Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Nd:YAG tia tia nhanh ng hi u d ng $\omega = 10^{19} \text{ nm}$ thi gian s ng m c cao

Laser và chiết su t $n=1.82$

7.9P Tính toán s m t mát bên trong laser

tính toán s m t mát bên trong m t laser Nd:YLF c b m U ng diode công su t cao, công su t b m ng ns P c o dùng 2 b g hép u ra khac nhau

v i h s ph n x à 90% và 95% G ng còn l i có h s ph n x 100%

b c sóng laser Bi tr ng công su t b m ng ng o c l P = 100 W

$P_{\text{in}} = 600 \text{ mW}$ hãy tính s m t mát bên trong

7.10P Tính toán ghép u rat i u

Tính toán h s truy n qua t i u c a g ng u ra khi laser bài t p 7.9P

b m b ng m diode có công su t u vào là $P_{\text{in}} = 5 \text{ W}$ cho n gi n p qua s

b i n i c a t i ng l m và tr ng laser theo ph ng ngang và dùng các k t qu

c a s ghép u rat i u c a lý thuy t sóng ph n

7.11P Hi u su t d c trong m taser hóng c ng

Xét 2 h laser hoàn toàn gi ng nhau ch khác nhau d ng linh h c c a bu ng

c ng h ng laser t iên dùng b u ng c ng h ng vòng m a ng trong khi c

laser th hai bao g m bu ng c n h ng Sóng l n (Fabry-Pero) v i m b

ghép u ra H s m t mát ghép u ra i v i 2 chum laser h à $P_{\text{in}} = 0.05$

và $P_{\text{out}} = 0.1 \text{ W}$ m t mát bên trong trên m t truy n qua gi ng nhau i v i c

hai laser và b ng $\lambda = 0.1 \text{ cm}$ Gi s r ng c miê su t b m laser và hi u su t ngang

gi ng nhau làm sao b n so sánh h s g c c a ng cong hi u su t c a h

laser khi

(i)chúng ho t ng g i ng ng

(ii)chúng ho t ng t i êng ng 101

(Bài t p này liên quan n hi u su t d c trong laser 4 m c)

7.12P H th c tán s c i v i v ch Lorenz

V ch K c a ruby b c sóng $\lambda = 594.3 \text{ nm}$ c xen g n úng g m d ch

chuy n m r ng ng nh t 2 m c vis m r ng do va ch m nh i t ph

$\Delta\nu = 330 \text{ GHz}$ (FWHM) Chiết su t kh i c a ruby i v i i nt ng c phân c c song

song v i tr c quang h c c l $\lambda = 1.762 \text{ nm}$ Tính toán chiết su t c a ruby có tính

s tán s c c a vào b i v ch

(i) t m v ch h p th v v

(ii) d ch chuy n t n s xanh

(iii) d ch chuy n t n s xanh

(iv) d ch chuy n t n s xanh

(v) d ch chuy n t n s xanh

(Bài t p này liên quan n h th c gi a h s h p th và chiết su t i v i d ch

chuy n 2 m c c m r ng ng nh t.

7.13P S d ch t n s trong laser m r ng ng nh t

Rú ya ph ng tinh (7.9.1) c a PL m o t s d ch t n s i v i d ch chuy n laser

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

c m r ng ng nh t
(H ng d n lính toán t ns c ng l ng c a bu ng c ng l ng quang h c kín
n ng cong tán s c c i môi tr ng l i v i v ch Lorentz xem ph n
trình 7| 10.2 c a PL và bài | p 7.12P. Sau ó chúng ta so sánh các t ns c ng
n ng này v i các t ns c a bu ng c ng l ng r ng và dùng s k i n l khi ho
ng tr ng thái xác l p l i b ng m t mát Cu i cùng bi u di n m t mát
bu ng c ng h ng nh m t hám theo l r ng c a các t ns mode c ng h ng
(M c khó l n l i n trung bình)

7.14E Tính toán s d ch t ns trong laser He-Xe

Trong laser He-Xe áp su t th p l i cao ho t ng l c sóng 3.51 nm s d ch
chuyển laser ch y u b m r ns do hi u ng Doppler l FWHM c
N= 200 MHz Gi s m t mát logari trên m t l n truy n qua 0.5 v
chiều dài bu ng c ng l ng quang h c l Tính toán t s N v gi
r ng c a d ch chuy n laser và t ns c ng h ng mode c a bu ng c ng h ng
Sau ó tính toán s d ch t ns c a s phát x laser khi t ns mode c a bu ng
c ng h ng l c i u h ng t tâm c a v ch l 100 MHz

7.15E Gi i h n ng c a r ng v ch laser

Xét m t laser Nd:YAG s mode d c trong m t bu ng c ng l ng vòng dao
ng l = 1064 nm phát ra công su t u ra là P=100mW Gi s chi u dai quang
h c c a bu ng c ng h ng L=12cm và m t mát logari trên m t l n truy n
qua t = 0.01 Tính toán gi i h n Schawlow-Townes c a r ng v ch laser do phát
x t phát

(bài tập này liên quan i vi c rút ra công th c Schawlow Townes c a r ng
v ch laser do phát x t phát)

7.16E i u h ns laser Ti-Sapphire S ng m t b l c l ng ch t

B l c i ng ch t i u h ng laser c làm t mi ng th ch anh c a vào
góc Brewster trong laser Ti-sapphire ho t ng l = 780nm Mi ng c quay
sao cho ch t su t tia th ng và tia b t th ng l là n = 1.535 và n = 1.544 Tính
t toán ch i u duy L cho kho ng cách l c sóng gi a ha c c i d ch chuy n
t i p nhau l $\Delta z = 1 \text{ nm}$

7.17E Ch n 1 mode ngang

M t laser Ar-ion ho t ng b c sóng xanh l = 514.4 nm l i kh ng b
hòa 10% trên m t l n truy n qua Bu ng c ng l ng bao g m 2 g ng c u n
bán kính cong R=5m và cách nhau L=300cm G ng u ra có h s truy n qua
l = 5% g ng còn l i có h s ph n x 100%. Các khe g ng nhau c a vào
c 2 u c a bu ng c ng h ng thu c mode TEM₀₁ B qua t c các lo
m t mát khác hãy tính toán ng kính khe c n thi

7.18E Dao ng n mode d c trong m t laser c m r ng kh ng ng nh r ng v ch $\Delta v = 50 \text{ MHz}$ c a laser CO áp su t th p ch y u l do s m r ng

Bài 1 | Ứng dụng Chuyên Ngành : Quang Học Hiện Đại

Doppler Laser) là sự thay đổi tần số của sóng phản xạ so với tần số ban đầu. Các mode trùng với peak damped và mờ nhau với các mode tính toán khoảng cách gần và cách xa cho phép hoạt động của mode.
7.19) Loại biến đổi pha trong kính thu mode xoay
Phản ứng pháp lắc là biến đổi của ván sóng dọc trong buồng kính Fabry-Perot. Cung cấp khung thời gian trong đó tái tạo khi nó trung thái phân cách các sóng truyền ngang cho các chùm truyền ngang cách nhau trong môi trường hoặt tính bao gồm 2 sóng phân cách từ cùng một hướng là trái hoặc phải và cùng biên giới. Dùng biến đổi các chế độ trung thái phản chiếu các sóng tròn và kí hiệu bằng sóng laser là $\psi = \phi + \alpha$. (i) Sóng giao thoa của 2 sóng phân cách tròn với pha ngang quy chiếu $\phi=0$ ở trung điểm phân cách L và $z=0$. (ii) Sóng giao thoa của 2 sóng phân cách tròn với pha ngang chung là $\psi = \phi$ cách L và pha ngang giao thoa $\phi=0$, do ra một sóng phân cách tuy nhiên tinh biên sai và hổng dao động hình thành bên ngoài góc $\lambda/2$ và $\lambda/4$ với hổng phân cách m tại pha ngang quy chiếu $\phi=0$.
7.20) Chia tách mode dọc bằng etalon bên trong buồng kính
Một laser Ar-ion hoạt động bằng sóng xanh $\lambda=514.5\text{nm}$ có mờ nhau phản trên mản truy nhanh qua lỗ $\Delta z=4\%$ với peak không bao giờ. Cầu etalon $L=100\text{cm}$ laser hoạt động trong mode dọc, mờ etalon Fabry-Perot ($\Delta z=4.45\text{cm}$) và các pha và các tinh nghiệm về chiều dài $L=2\text{cm}$ được dùng bên trong buồng kính. Cho nhanh chóng mờ mode buồng kính trung với peak damped ($\Delta z=3\text{cm}$), tính toán chiều dài của etalon và hổng phản xạ của hai biến etalon mờ hoặt tính mode.

TRUNG TÂM

7.1A Tính toán số mờ mờ logarit

mờ mờ trên mản truy nhanh là $\Delta z = \frac{\lambda}{2} \ln(1 - \frac{\Delta f}{f_0})$

(1)
Đây là

(2)

(3)
Với $f_0 = 10^6\text{Hz}$ là số truy nhanh công suất của 2 giao thoa, $\Delta f = 80\%$ và $f_0 = 5\%$ là pha ngang tinh (2) và (3) chúng ta thu được $\Delta z = 0.05$ và vì thế pha ngang

trình (1) ta có: 0.83.

7.2A Tính toán thời gian sống photon trong cung lúng

rút ra bí ẩn c t π quát c α th β i gian s γ photon trong bu δ ng c ϵ ng l ζ ng kh η laser bên d θ ng φ Ch ψ ng ta h χ ph ψ l ω i r ν ng c ρ ng τ t μ n ν $J(t)$ m ρ ph σ ng quy τ ch ω h λ en trong bu δ ng c ϵ ng l ζ ng φ v ω ng t μ i thi ν i m ρ h λ a m ρ ph σ ng φ trình trì hoãn

$$L = \frac{c}{\omega} \quad (1)$$

1)

ây là lí m μ t l ν n truy ρ n qua c α c β ng tr γ ng kh η i qua thành Nd:YAG và N μ là th β i gian d ω ch ω chuy ν n photon trong bu δ ng c ϵ ng l ζ ng.Gi ρ s τ ng tr γ ng bi ν n i ω ch ω m theo th β i gian m μ t l ν n truy ρ n qua bu δ ng c ϵ ng l ζ ng v ω và τ I ω toàn ph σ n trên m μ t l ν n truy ρ n qua nh β (ch ω ng ta có th ω cho ph σ ng t μ nh τ (I ω d ω)) và exp(- $\frac{t}{\tau}$) ω vì th β ph σ ng t μ nh τ (1) c ω v ω i ω d ω ng:

$$dI = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} dt \quad (2)$$

2)

Nghi ω m c ω a ph σ ng t μ nh τ (2) là :

$$\int dI = I_0 \tau \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right] \quad (3)$$

3)

ây c ω ng t μ ng ban u ω t i ω th β i ω m t=0 v ω 3

$$I_0 \tau \left[1 - e^0 \right] = I_0 \tau \quad (4)$$

4)

Bí ω u di ω n th β i gian s γ ng c α a photon trong bu δ ng c ϵ ng l ζ ng t μ nh τ (4)

$$I_0 \tau / N$$

5)

$$I_0 \tau / N$$

6)

ây N ω là số l ν m t μ c ω b ω t l ω p b ω i quá trình l ω m ω 1 ω y ω n t μ c ánh sáng trong chân không và L ω là chí ω u c ω à quang h ω c c ω o bu δ ng c ϵ ng l ζ ng. Th ω ng trình (5) và (6) vào ph σ ng trình (4) chúng ta thu ω c

$$\frac{dN}{dt} = N \cdot \left(-\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} \right) \quad (7)$$

(7)

Phương trình (7) cho phép ta giải các câu hỏi (a-d):

(a) Khi tính thời gian cần để $N=0$, phương trình (7) ta thu được:

$$-\lambda_1 t + \lambda_2 t = \ln \frac{N_0}{N} \quad (8)$$

(b) Vì $\lambda_1 > \lambda_2$ (điều kiện cho b), ta có $t_{\text{tối}} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2} N_0 / N$

giá trị này không phụ thuộc vào N , chúng ta có

$$t_{\text{tối}} = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2} N_0 / N \quad (9)$$

(c) Khi $t \rightarrow \infty$ (t là giá trị ngang, không đổi), phương trình (7) ta có

$\frac{dN}{dt} \rightarrow 0$, điều này có nghĩa là bột cát mòn sẽ không còn tràn ban đầu nữa bao giờ.

Tuy nhiên theo thời gian, phần kín nhỏ dần và khi đó nó sẽ tự động tắt. Hình ảnh này cho thấy là sự giảm chất lượng là tính chất của quá trình của các hạt vật lý có sẵn chuyển trạng thái.

(d) Số lần mài tròn càng tăng, ta thu được bằng cách cho $t_{\text{tối}} = 0$ vào (9).

$$N_0 = N \cdot e^{\lambda_1 t_{\text{tối}}} = N \cdot e^{\lambda_1 \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_1 \lambda_2} N_0 / N} \quad (10)$$

7.3A Laser 4 m có ý nghĩa gì xác định các mốc laser?

Chúng ta hãy xét laser 4 m có ý nghĩa gì?

Thời gian sống của một laser thường là vài năm.

Thời gian sống của một laser cao (mehrere Jahre).

Thời gian sống của một laser hoàn toàn không xác định thời gian sống của

những hạt khác nhau. Trong những điều kiện này, ta có thể xác định

thời gian sống của sau vài phút (N_0 và N_1 là mốc (1) và mốc (2) có thời gian

$$\frac{dN}{dt} = N \cdot \left(-\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} \right) \quad (1)$$

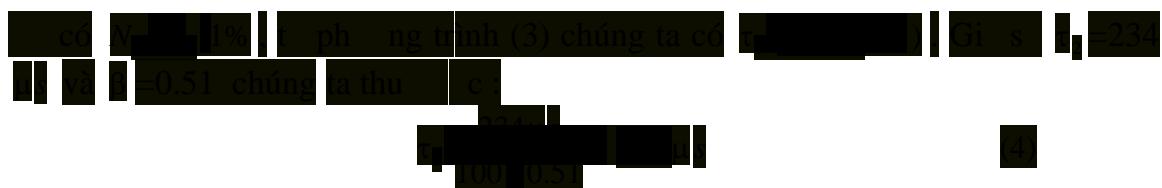
$$\frac{dN}{dt} = N \cdot \left(-\lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} \right) \quad (2)$$

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

ây là t c b m là s photon trong mode đ ng l ng và B là c chuy n c m ng trên m t photon trên m t mode. Chú ý r ng trong ph ng tinh (2) t phân i p c x và không b c x c a m c m t sang các n c nguyên t th n c tính qua s h ng trong khi c b tinh cho t c phân i nguyên t t m c 2 sang m c 1 do phát x t phát. Khi case ho t ng bên d ng ng y t tr ng thái xác l p ph ng tinh (2) v i $\phi=0$ chúng ta thu c

$$\begin{pmatrix} N_1 \\ N_2 \end{pmatrix}$$

3



Chú ý: u k i n (4) ch c th a n n i v i m i t ng laser Nd YAG, trong ó th i gian phân i c a m c laser th p là kh ng vài tr n picose giây.

7.4A Phân tích ph ng tinh t c c aaser 3 m c
i v laser 3 m c v i gi thi t v phân i phanh các b phân ph i d i t n sang các n c aaser cao, chúng ta ch c n xét m t N c a m c laser th p (tr ng thái c b n) và c a m c laser cao 2 (tr ng thái kích thích). T i b t k các th i i m nho các m t này th a m n i u k i n b o toàn m t

$$N_1 = N_2$$

4

ây là m t toàn ph n c a m i t ng ho t tinh. Nus l m kh ng k t p t tr ng thái c b n sang các m c laser cao h n c cung c p v i t c w, chúng ta có th vi t l i t p h p các ph ng tinh c kh ng ph thu c kh ng gian sau ây i v i m t N c a m c laser cao và i v i s photon c trong mode c ng h ng



ây là th i gian s ng c a m c laser cao h n B là t c d ch chuy n c n ng ti en m photon trên m t mode; là th i gian s ng photon bu ng c n g, và v à th i tich c a mode trong môi tr ng ho t tinh. Chú y r ng khi so

Bài 1: p Chuyên Ngành :Quang Học Hiện

sánh với base) chu n 3 m c(xem ph n 7.22 PL), s khác nhau c b n c a s
base 8 m c thu n túy à t c h m bi u d ns R N ph thu c vào m t
c a m c base th p.T t nh ên nó không c xem nh h ng s tính toán t c
p m ng ng W và m t N và N c a các m c base h ng ng. Đầu tiên
chúng ta thấy r ng t ng ng c t ng t ng toàn ph n c a các photon trong
bu ng c ng h ng ph i bi n m t T ph ng t nh (3) chúng ta thu c



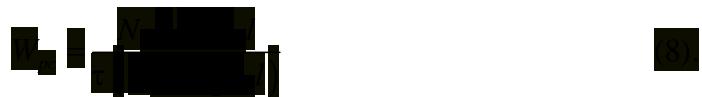
Dùng bi u th c c a E và h trong ph ng tinh (7.2.13) và (7.2.14) c a PL
ph ng tinh (4) có th c vi t c i d ng



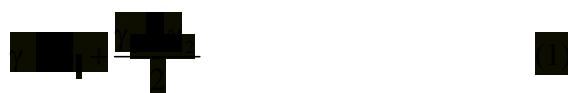
ây t là m t má logari toàn ph n t ên m l n truy n qua
chi u dài bu ng c ng h ng quang h c t t di n phát x c m ng c a d ch
chuy n base và t c i u dài c a môi t ng I i Bi u th c N và N m
c t ph ng tinh (1) và (5) là



Đo ó, bi u th c c a M₂ thu c t pt (2) o ng cách thi t l p và
JN₁ C T ó thu c W V₁ V₂ Vì v y,dùng ph ng tinh (6) và
(7):



7.5A i u ki n ng ng trong laser ruby
S o l n m t ng ng c cho b t ph ng tinh (5) c a bài t p (7.4).



ây 0.0 là m t mát l ên trong 0 và 0.0 là
má logari do s truy n qua c a g ng. T ph ng tinh (1) chúng ta có th thu

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện Đại

c ≈ 0.05 cm) phong trình (5) của bài tập (7.4), chúng ta có :

$$N = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{w_0^2}{w^2} \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{w_0}{w}\right)^2}} \approx 100$$

7.6A. Thủ kính nhanh trong laser Nd-YAG microchip

Vì là hiển diện các thủ kính có ngang nhanh (phong trình) laser có thể có các thủ kính mang có tiêu cự R bằng tia tâm của tinh th. Do số lượng của các thủ kính mang, hai chùm có mode Gauss TEM₀₀ có kích thước khác nhau. Vì vậy xu hướng 2 giao phỏng. Do đó, 2 chùm W_0 có thể có tính chất góc phân cách $\theta = 0.005$ rad (dùng pt (4.7.19) của PL ta có :

$$W_0 = \frac{\lambda R}{2\pi} \approx 10 \text{ micrometer}$$

thì tia laser m i quan hệ gi a kích th c v t W_0 v i tiêu c R tr ch t chúng ta thấy rằng bán kính cong R của mode Gauss tr c các thủ kính mang ph i b ng. Vâng c d u y i i ng ó phia sau các thủ kính R pt (4.2.20) c a PL chúng ta thu $R=2$ (xem ví c (4.5) c a PL) M t khac bán kính cong c a chùm Gauss m i quan h v i l ho ng cách truy nt c chùm qua pt (4.7.7b) c PL, v y chung ta có

$$R = \frac{2\pi w_0^2}{\lambda} \approx 10 \text{ micrometer} \quad (2)$$

ây d $w_0 = 10 \text{ micrometer}$ là khoảng cách nhanh m ng và các giao phỏng $2\pi w_0^2 / \lambda$ là b c sóng laser trong chân không. Th pt(1) vào pt (2), ta thu $w_0 = 33.4 \text{ micrometer}$.

7.7A. Hỗn sущ ngang trong laser 4 m \times 4 cm \times 2 mm

i v laser 4 m \times 4 cm \times 2 mm có d ng Gaus nhanh x y u v c chun b m v mode c ng h ny laser t bên trong môi tr ng l i h s góc c ng cong h nhanh ngang c cho t i ph ng tinh (7.3.35) c a PL n g h a là

$$\frac{w_0}{w} = \frac{d}{w} \quad (3)$$

ây w_0 và w là kích th c v t c a các mode p m TEM₀₀ và các mode laser ngang bên trong môi tr ng $1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}^2$; x và y là công su t b m chung hóa và công su t laser u rat t ng c nh ngh a b i ph ng trình

Bài 1 | 1p Chuyên Ngành :Quang Học Hiện

(7.3.25) và (7.3.27) có a PL. y là cong cong u ra u vào chu n hóa $y=y(x)$ xác nh b i ph ng tinh (7.3.33) có a PI t c là

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \quad (2)$$

rút ra b i th c gi i tích c a hi u su t ngang g n ng chung ta c n tím o hàn dy/dx là giá t ng ns công su t b m chu n hóa nó à chu c t ph ng trình (2) b ng t $y=0$ c là

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \quad (3)$$

y vi phân c hai v c a ph ng tinh (2) theo các b i t v chung ta thu

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \quad (4)$$

Do ó, o hàn dy/dx t i x=0 có th thu c ph ng trình (4) l ng cách $\frac{dy}{dx}$ k i $y=0$ chung ta thu c

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \quad (5)$$

T ph ng trình (1) vi pt (3) và (5) hi u su t ngang g n ng có th c vi d i d ng n gi n cu i dùng là :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{dx} \quad (6)$$

Chú ý

- i) Hi u su t ngang ng ng bi n m t khi c là khi kích th c v case nh h n r t nh i kích th c v o m
- ii) Hi u su t ngang ng t c giá tr c c i ca n c kh $\rightarrow \infty$ c là khi kích th c v t case n h n phi u kích th c v o m

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện Đại

(min) Tính tần số mode, tức là khung thời gian giá trị ngang của tần số. Khi tần số công suất bù m trên khung ngang, ta sẽ có tần số hiện đại $\omega_c = \omega_i$ và tần số khai thác $\omega_{c,i}$ (xem hình 7.10 của PL). Số tần số hiện đại ω_c là $\omega_c = \omega_i$ và tần số khai thác $\omega_{c,i}$ là do trong trường hợp này, tần số công suất bù m là $\omega_c = \omega_i$ (xem hình 7.9 của PL).

7.3A: Tính toán ngang và h盻 s góc của cong hi u su t trong laser

Nd:YAG | c b m d c

Ví c tính toán công suất bù m ngang và tính toán h盻 s góc của cong hi u su t ivi laser Nd:YAG | c b m d c có thể c th c hi n b ng cách áp dụng các k t qu c a mô hình ph thu c khong gian ivi laser 4 m c v i gi thi t phan b Gauss khong nh lu x c a c mode b m và mode laser bên trong môi tr ng I (xem phan 7.3.2 của PL). Trong trường h p này, ng ng công suất b m và h盻 s góc c a cong hi u su t tr có th c vi t là:



(1)
(2)

Với $R = w_0 / w$ và w_0 là kích thước v c a các mode laser và mode b m bên trong môi tr ng I, R là ng ns c c ti u ivi s b m chun Gauss c cho b i pt (7.3.32) của PL là hi u su t b m; $w_0 = \sqrt{\ln 2} w$ là hi u su t ghép lu ra (7.3.35) của PL. Bởi vì s m t mat logarit trên m t l n truy n qua c a laser cho b i pt $T = 0.06$ và $w_0 = 0.03$ là s m t mat b en trong trên m t l n d ch ch u n v i $T=0.06$ là s m t truy n qua c a b ghép lu ra (gi s $w_0 = 10^{-19} m$) và $w = 10^{-19} m$ (7.3.32) của PL chúng ta thu c :



(3)

Ánh giá các tần số khác nhau và trong pt (1) và (2); trước tiên chúng ta cần tính kích thước v c t w_0 a mode laser bên trong môi tr ng I. Để làm i u này, chúng ta hãy chú ý rằng do ta xét các b u ng c ng h ng ph ng l m el thun c a mode laser Gauss TEM₀₀ c tt i g ng ph ng trong khi ó các m t v sóng c a nó t i các g ng cong s kh p v i b n kinh cong c a các g ng cong. Do ó chúng ta có th vi t (xem pt(4.7.13b) của PL).



(4)

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

ây là bài tập số 7, với các bài tập sau: (4) theo dõi chúng ta thu được

$\frac{w_s}{\delta} = \frac{w_0}{w_0 + \delta}$ là c cho b i ph ng trình (3) thì công suất b m

$\frac{w_s}{\delta} = \frac{w_0}{w_0 + \delta} = 0.8$ và pt (1) và (3) thì công suất b m

ng ng c tính l t mW Chú ý rằng do kho ng rayleigh c a mode laser

$Z_s = \frac{\pi w_0^2}{2n^2 k^2}$ n h n áns k so v i chi u d i x a thanh ($d=5mm$) g

chuy t v kich th c v e a mode g n nh khong i bên trong môi tr

ng là hoàn toàn th a mān

tính h s góc c a ng cong hi u su t khi công suất b m là $s=10$ mW

giá trị ng c c ti u c cho b i ph ng trình (3) chúng ta c n tính hi u su

ngang n i v i phân b b m Gauss có th c tính qua pt 7.11b c a PL, nó

th phát h a tính ch t a hi u su t ngang theo t s $\frac{w_0}{w_0 + \delta}$ trong tr

u p chùm b m là chùm Gauss $x=10$ Trong tr ng h p c a chúng ta

chúng ta có $\delta = 0.8$ vì th t hình nh trong hình (7.11b) chúng ta có th

$\delta = 0.9$, Hi u su t ng t yà hi u su t ghép có th c tính l

$$\frac{w_s}{\delta} = \frac{w_0}{w_0 + \delta} = 0.73$$

(6)

$$\frac{w_s}{\delta} = \frac{w_0}{w_0 + \delta} = 0.5$$

(7)

Trong khi ó t n i dung c a hi u su t b m là $s=0.6$ Tóm l i t pt (2) cu

cùng chúng ta thu c h s góc c a ng cong hi u su t $\delta = 20\%$

7.9A Tính toán s m t mát c a laser bên trong

Ch ra R_s và R_p m t mát logarit c a laser Nd:YLF khi h s ph n x ghép

u ra là $R_s = 90\%$ và $R_p = 95\%$ t bi u th c c a ng n g p m i v i laser 4 m d

c cho b i pt (7.3.12) c a PL chúng ta thu c :

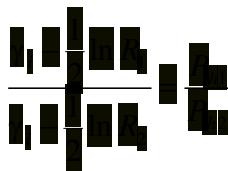


Chú ý r ng pt (1) úng b t k phân b không gian c a các mode b m và mode

laser, mi n là trong 2 t p h p o ch h s ph n x c a b ghép u ra hay i

B i vi y $n_s = 1.72$ và $n_p = 1.71$ ày $n_s > n_p$ và $n_s > n_l$ pt(1)

chúng ta thu c :



(3)

Giá trị này là:



(4)

7.10A Tính toán số ghép u ra t

Trong trường hợp biến thiên theo phong ngang của các mode bám và các mode laser trong mỗi trang lái có thể qua tính toán số ghép u ra t. Chúng ta có thể dùng pt t c laser trong phép giao thoa sóng phong ngang phong tinh (7.5.3) và (7.5.4) để PL với $t=0$ s ghép u ra t. Lại cho b:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{1}{1 + \frac{R}{R_0}}$$

(1)

Đây là số t mà logarit bên trên mìn truy cập qua viền $\Delta R/R_0$.
Sử dụng công su t b m th t s P và công su t b m ng ng R_0 là công su t b m ng ng
s ghép u ra b ng (1) là v i. Nếu R_0 là công su t b m ng ng
v i s ghép u ra $\frac{P}{P_0} = \ln R_0 / (R_0 - 1)$ có thể tính 1.

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\ln R_0}{R_0 - 1}$$

(2)

Từ bài tập 7.9P chúng ta có $P_0 = 5W$ và $R = 0.9$, vì thế pt (2) ta thu được $P = 0.1mW$. Biết vì công su t b m P là $5W$ t phong tinh (1) ta có

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\ln R_0}{R_0 - 1} = \frac{\ln 0.9}{0.9 - 1} = 0.10$$

(3)

Tổng giá trị b ghep u ra v i h s phong x la $P_{\text{tong}} = 0.1mW$ (85%)**7.11A Hi u su t d c trong m t laser s g**

H s goc c a i ng cong hi u su t c a 2 laser gi s co hi u su t i ng t hi u su t b m hi u su t ngang b ng nhau ch khac nhau hi u su t ghép u ra t v i
các hi u su t d c. Hi u su t ghép u ra khac nhau trong 2 laser b i chúng có
s truy n qua c a g i ng u ra khac nhau c bi i v i c laser vong ho c

Bài 1 | p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

laser sóng đứng và bùm ghép với nhau chúng ta có thể viết

đây là số lượng ánh sáng bên trong một lò phản xạ và số lượng ánh sáng logarit do bùm ghép ra. Hمنها, trong buồng không có vòng phản xạ sẽ luôn luôn bằng 0. Khi đó số lượng ánh sáng trong buồng không thay đổi luôn luôn bằng 1. Khi do các vân sóng đứng của mode laser và giá trị của nó là 1 khi laser hoạt động trên ngang cung cấp bằng 1, nếu có thể chia tách thành $\frac{1}{2}/\sqrt{3}$ trong khi đó laser hoạt động tím có thể làm giảm xuống $\frac{1}{2}$ thì chúng ta có thể có $\frac{1}{2}/\sqrt{3}$ (xem phần 7.3.2 của PL). Tuy nhiên số góc của ánh sáng cong hiệu ứng

về i và 2 laser.



Tuy nhiên, chúng ta có $\frac{1}{2}/\sqrt{3} = 0.1$ và $\frac{1}{2} = 0.05$ khi laser hoạt động giao nhau $\frac{1}{2}/\sqrt{3}$ vì vậy với (1) chúng ta có $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1.125$ và i và laser hoạt động trên ngang $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1.01$ và có $\frac{1}{2}/\sqrt{3} = 8/9$ và $\frac{1}{2} = 0.844$.

Chú ý thêm

Vì rút ra giá trị tích $\frac{1}{2}/\sqrt{3}$ là hiệu suất của laser sóng đứng ho

ng giao nhau $\frac{1}{2}/\sqrt{3}$ rất cần thiết. Vì vậy chúng ta có thể chia tách thành $\frac{1}{2}/\sqrt{3}$ để

để phân tách thành hai tinh chất sóng đứng của mode cung hằng số t

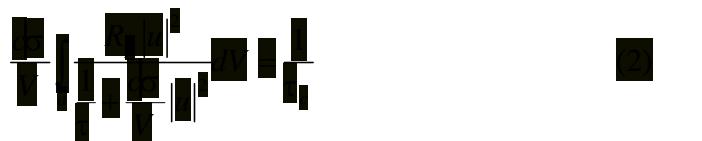
mà tiêu này, chúng ta hãy xét các laser 4 mảng bao gồm môi trường hoạt tính có

chiều dài tinh chất dọc ngang A và chiều sâu tinh chất bên trong buồng không

gian Fabry-Perot với chiều dài hình học L. Các phần tinh chất thu được không

gian cho bài (E.I.9) của PL cho phép rằng điều kiện xác định

photon đứng không trong mode laser thì a mãn bài.



Đây là tinh chất bùm; là thời gian sống của mode laser cao là thời gian

sống của photon trong buồng không gian là tinh chất chuyển đổi của

mode cung hằng, là biên tinh chất thu được không gian của mode cung buồng

cung hằng, và là tinh chất hằng của mode cung buồng không gian xác

định bài (E.I.7) của PL và tinh chất phẳng trái trong bài (2) là tinh chất

của môi trường hoạt tính. Bởi vì trong bài (2) này chúng ta quan tâm đến

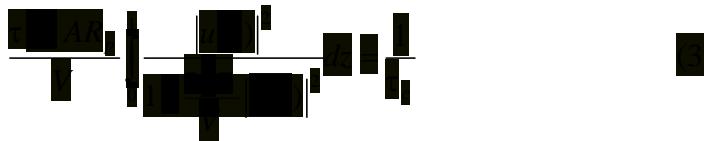
những các vân mode đứng như số góc của ánh sáng cong hiệu ứng

chúng ta sẽ qua phép thu được theo phương ngang của mode bùm và mode cung

hằng, tinh chất chúng ta sẽ giải thích phép giao thoa sóng phản ứng cho các tinh chất H.

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Đến đây chúng ta sẽ giải quyết vấn đề phân tích trong trường hợp tia laser bao gồm cả tia ngang. Khi đó ta có thể xác định tia hiên tích phân trong phần tinh (2) trên các biến ngang (x, y) như sau :



Đây $u(z)=\sin(kz)$ là vân sóng của một tia lò xo Fabry-Pérot. Công suất laser P_1 và công suất P_2 có liên quan với nhau theo (7.2.18) và (6.2.6) là $P_2 = P_1 e^{-2kL}$



Đây L là chiều sâu干涉meters. L là chiều dài quang học của buồng干涉meters. Vị trí y là các tia súng bao gồm và laser tinh, và θ là góc mát logarit. Khi ghép tia ra, Tuy nhiên, theo (4) và (5), chúng ta có thể xác định góc của tia laser:



Đây hàm ϕ xác định bội số n theo (3). Giá trị n là $n=0$ và $n=1$ cho bội số



Nếu chúng ta lấy ý tưởng phân chia 2 vào cách (3) để xác định n và tính các pha:



Bài 1 - p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Thì bài u th c [] c cho b i pt (7) trong pt (8) và gi i tinh (10) và pt (11)

chúng ta thu

$$\frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} u(z) dz$$

[9]

B i vì k [] c [] ây [] à m t mát logarit trên m t n truy n qua (xem pt (7.2.14) c a PL), t pt (6) và pt (9) cu i cùng chúng ta vi t h s g c a ng

cong h u su t g n ng d i d ng

$$n \int_{-\infty}^{\infty} u(z) dz$$

(10)

ây chúng ta [] a vào hi u su t d []

$$\int_{-\infty}^{\infty} u(z) dz$$

[11]

T pt ng tinh (10) và pt (11) cho phép chúng ta xem xét tinh h ng c a các v n sóng c ng trên h s g c a ng cong h u su t. Trong m t bu ng c ng l ng vòng m t a ng, chúng ta có th gi s u(z)=1 không ph thu c vao t a d c z cho t pt (11) chúng ta thu c [] Ng c l i trong bu ng c ng l ng

Fabry-Pero [] ng bao tr ng u(z)=sin(kz), ây t [] c là s sóng c a mode c ng l ng. N u chúng ta gi s (nh th ng làm trong các c u linh laser ph pi n nh t) r ng c a môi t ng ho t tinh l n l n r t nh u t c sóng laser

v t tích phân trong pt (11) có c ng n g i n

$$\int_{-\infty}^{\infty} u(z) dz$$

(12)

$$\int_{-\infty}^{\infty} u(z) dz$$

(13)

ây [] l kí h u cho (1/2) [] d x o i v

$$(1/2) \int_{-\infty}^{\infty} u(z) dz$$

(14)

T ph ng tinh (11-13), cu i cùng chúng ta thu c [] = 2/3

Bài 1 | 1.1 Phản忣 Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

7.12A | **Hỗn hán tán sóng và im tự chì Lorentz**
Hỗn hán giao cách tách suy tín với h. s. h. p. th. có c. a m. t. v. chì d. ch. chuy. n. m. r. n. g. nh. t. c. cho b. i. ph. ng. tinh (7.10.2) c. a PL và có d. ng.



Đây là chiết suất cách xa tнос c. ng. h. ống. tнос d. ch. chuy. n. M. Ax là đường d. ch. chuy. n. (FWHM). Chiết suất của sóng ánh sáng là $\frac{1}{\lambda}$. Khi ánh sáng trong chân không với h. s. h. p. th. im tự chì Lorentz, thì $\Delta \lambda = \frac{1}{\lambda^2} \cdot \Delta \lambda_0$ (ch. ng. h. n. xem pt (2.4.33), (2.5.10) và (2.5.11) c. a PL).



Đây là tần số peak và là m. t. nguyên tử. chú ý rằng h. s. h. p. th. tнос c. ng. h. ống. t. c. là t. g. i., và $\alpha = \frac{\lambda}{\lambda_0}$ là i. v. $\Delta \lambda = \frac{1}{\lambda^2} \cdot \Delta \lambda_0$ với $\Delta \lambda_0 = 10^{-20} \text{ nm}^2$ thì chúng ta có $\Delta \lambda = 0.1928 \text{ nm}$. Khi $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$ h. s. h. p. th. im. g. i. n. b. ng. m. t. i. a. giá. tr. peak c. a. n. ó. c. là $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$. Dùng nh. ng. k. t. qu. n. y. và pt (1), chúng ta thấy rằng chiết suất Charybititнос c. ng. h. ống. b. ng. l. t. c. là cách xa giá. t. c. ng. h. ống. Khi $\lambda = \frac{\lambda_0}{2}$, pt (1) chúng ta thấy rằng chiết suất khác v. i. giá. tr. l. ch. h. ống. m. t. l. ng.



i. v. $\lambda = 594.3 \text{ nm}$ và $\alpha = 0.1928 \text{ nm}^{-1}$ pt (3) chúng ta thấy rằng $\Delta \lambda = \frac{1}{\lambda^2} \cdot \Delta \lambda_0 = 10^{-20}$. Chú ý rằng đóng góp vào chiết suất là cung cấp bởi chì d. ch. chuy. n. rất nhỏ so với i. v. và có thể b. qua trong th. c. t.

Chú ý bổ sung :

Ph. ng. tr. nh. (1) th. t. l. p. m. i. quan. h. g. a. chi. t. su. t. và h. s. h. p. th. i. v. d. ch. chuy. n. nguyên. t. Lorentz có th. c. rút. ra. cùng. mô. hình. c. i. n. i. ng. i. v. s. h. p. th. và s. t. án. s. c. trong. môi. t. ng. i. n. môi. mô. hình. Drude-Lorentz. Trong. mô. hình. nh. th. , electron. quang. h. c. c. a. m. t. nguyên. t. d. ch. chuy. n. kh. v. i. tr. c. cân. b. ng. x=0 c. a. n. do. tr. ng. i. n. t. t. v. ào. n. ó. b. kéo. v. v. rí. ban. l. u. d. l. l. c. àn. h. i. (c. ti. ên. k. t.), ch. u. m. t. l. c. ma. sát. do. tính. n. c. t. va. ch. m. va. b. c. n. g. c. c. ph. ng. t. inh. chuy. n. ng. i. v. i. d. ch. chuy. n. electron. x. là.

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

$$\frac{dE}{dt} = \frac{eE}{m} \quad (4)$$

ây mà và là khái niệm tích lèn trong của electron là tần số dao động tự nhiên của electron. Dùng chúng góp phần tiêu tán và $E(t)$ là biến củaaintensity của sóng tần tia nguyên tử. Chú ý rằng trong cách viết pt (4) với tần số electron dx/dt cung cấp thông tin về tần số ánh sáng c, vì thế có thể qua các tính tác động lên electron. Nếu chúng ta xét m trong n số E là tần số nghiên cứu pt (4) có thể dùng để tìm lóng cách Ansatz

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi) \quad (5)$$

ây bên phải có dao động có thể thu được bằng cách thay vào pt (5) và cho các số hằng số kinh bì nhau là $\exp(i\omega t)$. Chúng ta thu được

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi) \quad (6)$$

Lòng cẩn trọng khi tinh toán

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi) \quad (7)$$

ây c.c. ch liên hệ phác. Nếu chúng ta có N nguyên tử trên một mảng tách, phân c.c v mô hình bám ng bì tinh int

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi) \quad (8)$$

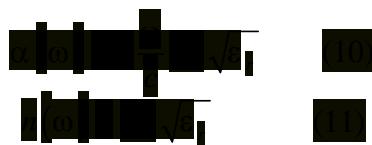
T lý thuyết tinh c. b n chúng ta bị trang phân c.c cho bài pt (8) chính xác môi trường

$$E = E_0 \cos(\omega t + \phi) \quad (9)$$

ây n (s th c) là chỉ số tia môi trường cách xa v ch c ng h ng

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

b) c) Hỗn hợp thấu kính và chất су tinh(c) c a môi tr ường c cho b i (c) i v i môi tu ng h p th)



ây c l i v n t c ánh sáng trong chân không vào h ng s i n môi (9) N u chúng ta gi s r ng óng góp k h i chúng ta có thể gi s

$$\sqrt{\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}} = \frac{1}{d} \quad (12)$$

Vì th t pl ng trình (10-12) chúng ta có

$$\frac{1}{f_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_2 d} \quad (13)$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{n_1 d} \quad (14)$$

rút ra c pt (1) chúng ta c n a vào ghép g n úng g n c ng h ng. N úng cho các b dao ng t t d n v u c là i v $\Delta\phi = 1$ à $\Delta\phi = 0$ Nh chúng ta ch ng minh bền đ i i u này có nghĩa r ng l ng v ch ph $\Delta\phi$ c a ng cong h p th nh h n t ns c ng h ng l i u k i n c th a n n trong v ch quang h c c a b c sóng B i vì óng góp c ng h ng trong pt (9) m i khi $\Delta\phi = 0$ c là xat t ns c ng l i ng c trong ph ng trình (9) chúng ta có thể cho $\Delta\phi = 0$ và t o c h h ph ng trình (13) và (14) chúng ta thu c

$$\frac{1}{f_1} = \frac{n_1 - n_2}{n_2 d} \quad (15)$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{n_1 d} \quad (16)$$

Bài 1 | p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Phương trình (15) cho ngưỡng vành vi pha thay đổi Lorentz với FWHM bằng $\Delta\nu$.
So sánh phương trình (15) và (16) cùi cùng chúng ta thu được

$$\frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_0} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_0}\right)^2} \quad (17)$$

Phương trình (17) rút về phương trình (1) khi chúng ta thay $\Delta\nu$ bằng $\pi\nu$.

7.13A | Damping của tần số trong laser mang tính nhún nhảy

Tần số dao động trong laser mang tính nhún nhảy là $\nu = \nu_0 + \Delta\nu$ (còn gọi là tần số lỗ hổng) trong pha (7.9) của PL, đặc cho lý thuyết đã chia tách nhuns nhảy

$$\frac{d\nu}{dt} = -\frac{\Delta\nu}{T} \quad (1)$$

Đây là tần số trung tâm của chế độ chuyển laser, là tần số của mode buồng lồng hòng lanh gần nhau và tần số của chế độ $\Delta\nu$ và $\Delta\nu_0$ là tần số lỗ hổng. Lý do là lý do bao gồm sao tần số dao động và nói chung không trùng với tần số mode của các lỗ hổng mà nó kéo về phía trung tâm của chế độ $\Delta\nu$ là chế độ chuyển nguyên tử đóng góp vào模式 s mà s là tần số lỗ hổng minh trong bài tập (7.12P). Số pha thu của tần số của chế độ $\Delta\nu$ là tần số lỗ hổng nguyên tử thay đổi qua trong các tính toán tần số của lỗ hổng minh trong buồng lồng hòng vai trò trong bài toán tần số lỗ hổng mode trong buồng lồng hòng. Chứng minh pha (1) là đúng ta hãy xét buồng lồng hòng quang học Fabry-Perot là một hình học cách môi trường hoặt tính có chiết suất n và chiết suất (không) n' . Nhìn chung minh trong bài tập 7.12 P, chiết suất của môi trường n là k đóng góp của lỗ hổng do chế độ chuyển laser là (xem pt (1) của bài tập 7.14P):

$$n(v) = n_0 + \frac{\Delta n}{1 + \left(\frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_0}\right)^2} \quad (2)$$

Đây là lỗ hổng sau khi điều chỉnh vòng buồng lồng hòng để cho bù lại

$$n(v) = n_0 + \frac{\Delta n}{1 + \left(\frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_0}\right)^2} \quad (3)$$

Đây là dùng chế độ chuyển pha do nhau xuất hiện ở phản xạ từ các gác (xem phần 5.2 của PL). Bởi vì các tần số pha bị tách ra chính nó sau khi điều chỉnh vòng buồng lồng hòng chúng ta có

$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{n}$

(5)

m là s nguyên. Rõ ràng i u k i n n y xác nh t n s dao ng c a b u ng c ng h ng c làm y v i môi t n g l i N u là t n s mode c ng l ng nh th hi n nh ên chúng ta có :

$$\frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\Delta \lambda} = \frac{2\pi}{\frac{\lambda}{n}} = 2\pi n$$

(6)

K th p y pt (2.5) chúng ta thu c

$$2\pi n = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\Delta \lambda} = \frac{2\pi}{\frac{\lambda}{n}}$$

(6)

ây là m t mát logarit toàn ph n trên m t l n truy n qua B ng cách khai triển b i u th c g i tích trong ph n 5.3 c a PL có th d dàng th y r ng l có liên h v i r ng A c a s c ng h ng mode c a b u ng c ng h ng b i h th c

$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{n}$

(7)

ây là m t mát logarit toàn ph n trên m t l n truy n qua B ng cách khai triển b i u th c g i tích trong ph n 5.3 c a PL có th d dàng th y r ng l có liên h v i r ng A c a s c ng h ng mode c a b u ng c ng h ng b i h th c

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{n}$$

(8)

Dùng ph ng tinh (7) và (8) ph ng tinh (6) có th c vi t c i d ng

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{n}$$

(9)

G i pt (9) l m cu i cung chúng ta thu c (1)

7.14A Tính toán s d ch chuy n t n s trong laser He Xe

Bài 1 - p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

r ng v c a t n s c ng h ng mode trong bu ng c ng h ng c cho b i



(1)

Ví th c s [Δ = 0] gi a r ng c a d ch chuy n laser m r ng Doppler v h t t
s mode c ng h ng



(2)

B i vi [Δ] g n b ng v i v i ta hi v ng | có d ch chuy n t n s m nh kh
bu ng c ng h ng laser | c i u l ng cách xa tâm v t l i M | S chen
t ch t n s | gi a t n s dao ng laser th t s v a c ng h ng mode c s
bu ng c ng h ng có th c rút ra dùng h th c d ch chuy n c cho b
ph ng tinh (7.9.1) c a PL (xem bài p 7.13P)



(3)

Chú ý r ng t ng nh d oán, s d ch chuy n t n s khá rõ ràng và th c s co
th c quan sát v i laser He-Xe b c sóng 3.51 μm

7.15A Gi i h n l ng t c a r ng v ch lasser

Gi i h n c b n c a r ng v ch lasser do nhi u phát x t phát trong m t n
mode d c c cho b i công th c Schawlow-Towens có d ng (xem ph ng tinh
(7.9.2) c a PL)



(1)

ây | V | M | Là m t c a các m c lasser trên và d i. Pl là công si t laser v
ra | là t n s c a tr ng lasser và Av | là r ng c a t n s mode c a bu ng
c ng h ng ;



(2)

Trong pt (2) | t | là th i gian s ng photon bu ng c ng h ng và c là t c
anh sáng trong chân không | i v | = 0.164 μm | t = 0.0 | và | 1 | cm chung t

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Đoạn $\Delta\nu = 898MHz$, tia viba laser Nd:YAG m.c laser tháp có thời gian xem nhau là $t=1ns$ và tia pha ng trình (2) là $\Delta\phi = \pi/2$. Vì vậy chúng ta có thể ghi số ràng trong pha ng trình (1) là $\Delta\phi = \pi/2$. Dùng phép tính này và tia viba im tia công suất ultra là $P=100mw$ tia pha ng trình (1) cũ i dung ta thu được $\Delta\nu = 0.180MHz$. Chú ý rằng gi i hinh ràng v ch này trong tháp tia có thể b qua so với nhau trong môi trường ch ng hinh các dao động chí u duc a bu ng c ng hing, th ng gày rasa m ràng ràng v ch ph vài chia KHz trong các laser không tia nhau. Tuy nhiên Hz trong các laser dùng pháp tia nhau chí u dài bu ng c ng hing.

Chú ý bổ sung :

Giai hinh b n v s n s c c a laser tia mode ho tia ng ch Hỗn tia c cho b i công tháp Schawlow Townes pha ng trình (1) c thi tia p b nhau phát x t phát b t tia n t b n d t tia c a tia ng i n t Mcdi vi c xem xét nhau phát x t phát c n có m t lý thuy tia ng tia laser y nh ng có th a ra c cách tính toán ràng v ch pha laser do phát x t phát b ng cách áp dụng h th c b t nhau ng l ng th i gian c a c b c l ng t c d ng :

$$\Delta\nu > \nu$$

$$\nu$$

H tháp c đây thi tia pm tia i hinh $\frac{1}{4}\Delta\phi$ a b t nhau ng l ng c a h d b c l ng t trong quá trình tia on ng l ng òi h i m t kho ng th i gian tia. N u la s photon trong mode c ng l ng và v tia tia n s c a chúng p ng l ng tia c cho b t E/N bao cho

$$\Delta\nu < \nu$$

$$\nu$$

ây $\Delta\phi$ và $\Delta\nu$ là b t nh c a ϕ và tia viba im tia laser tia tia ng ng s photon b có th n m trong khoảng 10^6 tia 10^{10} (xem ví d 7.1 c a PL). Vì th b t nh c a s photon $\Delta\phi$ c hi v ng b nh h n nhau so v i b t nh tia ns $\Delta\nu$. Trong h p này c ng có th hi u c b ng vi c nh n xét ràng v ia laser tia tia ng tia kia n l i cân b ng v i m t mát dao ng tr ng thái xác l p (xem pha ng trình (7.3.4) c a PL) tia ng tia ng v i s khóa biên c a tr ng tia tia trong bu ng c ng hing tia là tia ng không phai pha c a nó tia là nh ng dao ng do b t nh $\Delta\phi$ tia tia ns Do ó trong pha ng tia nh (4) chúng ta có th b qua s h ng u tia v ph i. Vì th sau khi th pt (4) vào pha ng tia nh (3) tia th c b t nhau ng l ng có d ng

$$\Delta\nu < \nu$$

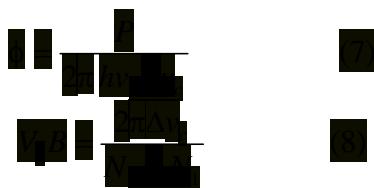
$$\nu$$

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

tính $\Delta\nu$ chúng ta thấy rằng bắc phép νE là điều kiện cần mĩ khoa học không dài hơn thời gian súng phát xạ tia pha. Điều này là điều kiện cần mĩ cho súng photon trong buồng cung hàn ng do phát xạ tia pha. Vì vậy laser có thể xem xét pha ng trình (7.2.2) của PL cho thấy rằng $\Delta\nu = V_{BPM} / \Delta t$ là pha ng trình (5) cho ta.



Đây là cách đếm chuyễn cung trên một photon tiên mode mà ta thử tính mode trong môi trường hỗn tinh với N . Khi ta cảm nhận được laser tiên. Vì thế, để dàng viết tiếp pha ng trình (6) dưới đây là điều kiện cần mĩ cho bài pt (7.9.2) của PL sau đó chúng ta sẽ thấy V_{BPM} là công suất laser u ra từ Δt là thời gian súng photon buồng cung hàn ng, N là số lần mĩ thử. Chúng ta có $P = V_{BPM} / \Delta t$ và $\beta V = N / \Delta t$ (xem vi pha ng trình (7.3.2) của PL) tức là



Thì pha ng trình (7) và (8) vào pha ng trình (6) ta có i cùng chúng ta thu công thức Schawlow-Townes để cho bài pt ng trình (1).
7.16A) i u h ng laser Ti-sapphire b ng m t b l c ng chi t: Nếu ta chỉ u dài b ng d c theo h ng chùm bên trong l ống kho ng cách t nh $\Delta\nu$, gi a 2 c c i liên ti p nhau c ab l c ng chi t c cho b i (xem vi d 7.6.2 c a PL)



Đây là cách ánh sáng trong chân không v n c chia t su t c a tia t l ng v iia b t th ng. Theo kho ng cách b t c sóng $\Delta\nu_m$ chúng ta có thể vi d $\Delta\nu_m = \Delta\nu / \Delta t$ công thức này có thể rút ra đ dảng h ng cách l y v i phân theo $v = \lambda / t$ th c $= c/v$ i vi $v = \lambda / \Delta t$ $\Delta t = 1.544$, $\lambda = 780 \mu m$ và $\Delta\nu_m = 6 nm$ chúng ta có $\Delta\nu_m = 4.6 \times 10^{-10} Hz$. Vì thế pha ng trình (1)

ta thu

c L

mm

Chu kỳ dài b ng L

 L_{mode}

(2)

ây là góc Brewster bên trong. Nếu n chung trung bình của θ_1 và θ_2 là góc Brewster riêng biệt chia nhau bằng $\pi/2$. Vì thế, qua nhau t Snell góc Brewster bên trong là $\theta_1 = \theta_2 = \pi/2 - \theta_B$. T phng tinh (2) với $L_{\text{mode}} = 100 \text{ mm}$ ta cùng chúng ta thu $L_{\text{mode}} = 100 \text{ mm}$.

7.17A Ch n l c mode ngang

Chúng ta hãy ch ra qua $I = \int S \cdot d\sigma$ m t m t do nhau x trên m t l n truy n qua v i mode TEM_0 c a bu ng c ng h ng i x ng và qua $I = \int S \cdot d\sigma = 0.1\% I_0$ m t m t logarit do s g l p u ra. G s r ng l i khong bao hòa trên m t l n truy n qua l à $I = 0.1$ t g i ng nhau i v i t t c các mode ngang l i tránh dae t ng laser các mode ngang b c cao th m t m t m t m t logarit t oan phn trên m t l n truy n qua l à $I = 0.1$ t g i ng nhau i v i t t c các mode $TEM_{m,n}$ b c cao h n phi l n h n. I khong bao hòa u c là



B i v i chúng ta hi v i ng r ng m t m t do nhau x là m t hum t ng theo b c mode các mode $TEM_{m,n}$ o c th p nh t s h a m n u k i n (1). i u này cho ta $I = 0.0745$. Do bu ng c ng h ng i x ng v i tham s $I = I_0 - L/R = 0.8$ l i nh (5.13) c a PL, chúng ta th y r ng i u k i n $I = 0.0745$ c th a m n m i r a s Fresnel N $a = L/c$ a bu ng c ng h ng nh h n 2 T k t qu i đây chúng ta thu c c ng kính khe c c 2a m b o dao ng mode $TEM_{m,n}$ b c b n là:

$L_{\text{mode}} = 100 \text{ mm}$ (2)

7.18A Dao l ng n mode d c trong m t laser c m r n g khong n ph

B i v i d ch chuy n laser CC ch y u b m r ng Doppler v i FWHM c a n g cong l i Gauss $\Delta\nu = 50 \text{ MHz}$ khi laser ho t ng m c b m b ng hai l n giz tr ng ng t t c các mode c a bu ng c ng h ng v i t n s c i u l ng cách xa t m c a v c i l i nh h i $\Delta\nu/2$ trên ng ng và do ó có th dae t ng N u t n s c ng h ng c a bu ng c ng h ng trùng v i peak d ch chuy n ho t ng n mode d c òi h ng các mode t n s c ng h ng m t phia cách nhau $\Delta\nu/2$ c là

2
2

(1)

Ch $n_1 = 1.50 MHz$ và gi i ph ϕ ng trình (1) i v i L chung ta thu c khon cách g ng c c i ôi h i k ϕ_1 ϕ_2

7.19A Lo i b s t o h ph b ng k l thu t mode xo n

Chung ta hay xét giao thoa c a 2 sóng phân c c tlon v i cùng biên cách quay chung truy n ng c nhau c c theo h ng z c a bu ng c ng h ng.Theo bài t p kí hi u cách phân c c quay ph n h p chung ta cùng quy c ng i sát luôn luon l i m t v i chùm ánh sáng i aghi m n g n c a b toán có th thu c b ng cách dung bi u d n c c trong m t ph ng ngang (x,y) c a h ng truy n i v i các véc t tr ng i n c a hai sóng phn c e tron truy n i l p nhau Kí hi v và b i biên vi pha c a i n t ng và v i h quy ch u c a ph ng trnh (1) chung ta có th vi t i v i 2 sóng :

$\phi_1 = \phi_2$ $\phi_1 = \phi_2$ (1)

V $\phi = \phi_2$ à s sóng v m k t n s góc c a các sóng v m c à tri hoan pha gi a hai sóng Chú ý r ng theo ph ng tinh (1) các véc t tr ng i n c a hai sóng quay trong n t ph ng ngang v i cùng t n s góc phn c ng theo h ng | c nhau, m t theo cung ch u kim ng h và cái kia ns c chi u kim ng h . i v i n g i quan sát i m t v i ánh sáng t i, l u nh y phu h p v i s k i n c hai sóng u phn c c tròn trái và phn c c tròn ph i.V i s h tr c a th trong hinh (1) có th ch ng minh r ng theo quy t c L nh bình hành i ng véc t c a các t ng i n c a 2 sóng phn c c tròn là m t véc t c v i tr c x m t góc

b ng



3

Dùng ph ng tinh (1) và (3) chúng ta thu c

$$\phi_1 = \phi_2$$

3

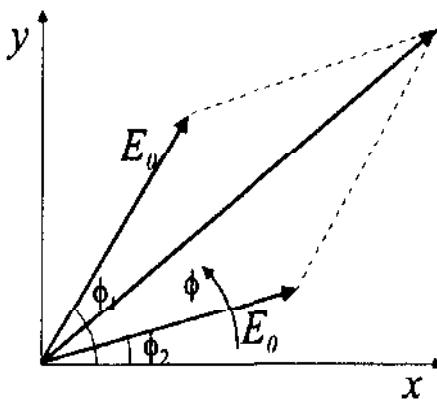


Fig.1 Interference of two counterpropagating circularly-polarized waves.

Tại pt (4) chúng ta thấy góc ϕ không phụ thuộc vào thời gian t mà chỉ phụ thuộc vào ϕ_1 và ϕ_2 .
Có thể thu được kết quả trên khi các vectơ biên uid 2 sóng phân cực quay trong một phẳng ngang theo hướng ngược nhau. Khi đó chúng có hằng số xác định hình thành véc-tơ E_r xác định cho bởi công thức (4).
Tuy nhiên có nghĩa là trong trường hợp này hai sóng phân cực tuy nhiên và biên uid 2 không giao thoa cùng nhau (không có phản xạ).

(i) m t phẳng quy chiếu $z=0$, i n trung tâm ng tâm cung phân cực tuy nhiên và biên $z=d$, và hình thành véc-tơ E_r xác định bởi $\phi = \phi_1 + \phi_2/2$.

(ii) m t phẳng $z=d$, i n trung tâm ng tâm cung và còn phân cực tuy nhiên và biên $z=0$, E_r hình thành véc-tơ E_r xác định bởi $\phi = \phi_1 - \phi_2/2$.

7.20A Chú ý về mode damped của etalon bên trong buồng cung laser

cho n gián, chúng ta giả sử rằng các chi uẩn buồng cung laser và góc nghiêng etalon α iuchn sao cho tâm sóng buồng cung laser Peak truy cập qua etalon trùng với i tâm cung và chia làm 2 lát i tâm phản trên lát i truy cập qua lát i chubim mode buồng cung laser. Cho bởi i công thức $\exp(-\alpha z)$ là $G(z) = 1.3$ là i peak không bao hòa và $\alpha = 0.04$ là m t mát toàn phản trên mát i truy cập qua kết cố sóng mát do ghép sóng ra và sóng mát bên trong. $N_{\text{mode}} = 10^6$ MHz là khoảng cách tâm sóng giữa các mode damped lân cận nhau của buồng cung laser, n tâm ng i n mode damped là $\Delta\nu = 3.5$ GHz là FWHM là i cung và $T(z)$ là i hàm truy cập qua etalon bên trong buồng cung laser. $T(z)$ xác cho bởi (xem công thức)

$$\exp\left(\frac{-2\pi i}{\lambda} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} \frac{z}{\sin \alpha} \right)$$

i i vi bởi tâm mode nào $m = \pm 3..$ trong phản trình (1) là i ng cong Gauss da đc chuyen lai mát rong. $\Delta\nu = 3.5$ GHz là FWHM là i cung và $T(z)$ là i hàm truy cập qua etalon bên trong buồng cung laser. $T(z)$ xác cho bởi (xem công thức)

(4.5.6) c) a PL



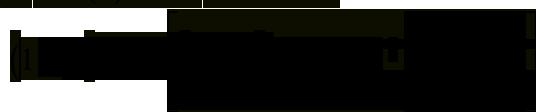
(2)

ây R là h s ph n x c a 2 b m t etalon v (1) và (2) là i v
góc nghiêng nh Chú ý rằng không phải do etalon c cho b
 $\Delta\theta = \frac{\pi}{2} - GH$ n h n so với không cách mode d c theo tr c bu ng
c ng h ng k và p ng v i r ng ng cong v ch l i i v i các mode
d c d i các peak bên u tiên c a hàn truy qua etalon có th d dung
ch ng t r ng ph ng tinh (1) c th a män b o i v
C Vì th m b o ho t ng n mode d c thì ph ng
trình (1) c th a män ng v i 2 mode d c k v i các mode c ng h ng c l
i v i m = +1 i u này mang i



(3)

Dùng ph ng tinh (2) có th vi t l i



(4)

B i v e là m t i ng nh , có th tìn c d
đảng (1-R) t b t ng th c (4) mang l i i v i các b c chính (1-R)
 $R=64\%$ N u tính toán chính xác h n b ng quy trình l p, ta s thu c R=70%
Nh v y c hi c c ti u c a etalon là :

$$\frac{1}{1-R} = 0.8$$

(5)

Ch ng 8:Tính ch t laser chuy n ti p

Bài t p

8.1P Dao ng ph c h i trong laser Nd:YAG

Tính t ns dao ng ph c h i c a laser Nd:YAG khi nó ho t ng tr ên ng ng 21 n, gi s chiêu dài bu ng c ng h ng $L=20\text{ cm}$, thanh Nd:YAG có chi u dài $l=0.8\text{ cm}$, chi t su t YAG $n=1.82$ và th i gian s ng c a laser tr ng thái tr ên $\tau = 230\mu\text{s}$ và m t m át logarit toàn ph n trên m t l n truy n qua $\gamma = 2\%$.

8.2P Ph nhi u c a công su t u ra i v i laser 4 m c

Xét laser 4 m c n mode c t m sóng liên t c v g s r ng nh i Gauu

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

cách pha trung cung chung tên là cung bù m liênc Rút ra biến thu thay đổi tích v i pha nh i u c a công su t u ra laser (H ng d n: u tiên viết ph ng tinh t c c a s photon trong mode dace ng và i v i s t o l n m t v i s h ng nh i Gauus c thêm vào t c p m. Sau ó tuy n tính hóa ph ng trinh t c quanh nghi m tr ng thái xác l l thu c b ng cách b qua s h ng nh i u v i nghiên c u tính ch t nh i c a huy n tính v i s h i n di n c a nh i Gauus tr ng này)

(M c kh o cao h n trung bình)

8.3F Công t c Q-nhanh trong laser Nd:YLF

Laser Nd:YLF c b m b ng l ên Flash ho t ng ch xung và c kíc xung Q-nhanh b i l t bao Pockels bên trong bu ng c ng h ng c t o b i tinh th tich c c chi u dài l=1cm v i chi t su t n=1.45 c tt i tâm c a bu ng c ng h ng ng tiêu i x ng L=30cm H s truy n qua c a b ghép u ra bu ng c ng h ng là T=20% và m t mát laser logarit b ên trong trên 1 1 truy n qua c tính toán l=10% Gi s t i t di n phát x c m ns c 10¹⁰ W/cm² a Nd:YLF t i b c sóng laser l=1053nm tinh n ng n và kho ng th i gian xung c a các xung Q-chuyển m nh khi n ng l ng c a xung b m nô l ng 21 n giá tr ng ng

8.4I Tính toán n ng l ng xung v i kho ng th i gian xung trong laser Nd:YAG công t c Q

Khi laser Nd:YAG trong hình 7.4 và 7.5 c a PL c b n m c t k m v chuy n m nh Q l p t n s 10 kHz b i l b i u bi n âm quang m t mát c chèn c a nó là có th b qua Tính toán n ng l ng v i kho ng th i gian c a xung u ra c ng nh công su t trung bình i v i t i ng h p iày

8.5F i n áp m t ph n t sóng trong t bào Pockels công t c Q

Xét t bào Pockels trong 1 c u hình d c t c là v i tr ng 1 chi u t vào h ng chùm i qua tinh th phi tuy n.Trong t ng h p iày chi t su t c m ng $\Delta \phi = 180^\circ$ $\Delta \phi = V/L$ ây là chi t su t th ng. S h s phi tuy n thích h p c a y t li u.V à i n áp L là chi u c a tinh th Rút ra biến thu th c c a i n áp c n thi t g i cho s k t h p t bào Pockels kinh phan c c trong hinh 8.5a c a PL v trí óng (i n áp m t ph n t sóng).Tính toán i n áp/4 sóng

$\Delta \phi = 180^\circ$ $\Delta \phi = V/L$ $\Delta \phi = 1.51^\circ$

8.6F Công t c Q-tích c c trong laser 3 m c

Rút ra biến thu th c i v i n ng ng u ra và kho ng th i gian xung áp d ng cho laser 3 m c chuy n m ch (M c kh o cao h n trung bình)

8.7F Tính toán góc i ch chùm b i m t b i u bi n âm quang

Chùm laser He Ne b c sóng (trong không khí) $\lambda=532.8\text{ nm}$ p tần c h p t i m p i u bi n âm quang $LiNbO_3$ ho t ng c ch Bragg t n s +1 GHz Gi s v n t c âm thanh trong $LiNbO_3$ 7.4 10⁻¹¹ và chi t su t n=2.3, tính toán góc i ch c a chùm

Bài 1 | ập Chuyên Ngành :Quang H ọc Hi n

8.8I Khóa mode c a các mode d i bên v i biên ng u nhiên

Gi s r ng tính hi u khóa mode có N c i bên cùng pha ph ng biên c a các d i bên riêng bi ng u nhiên c phân b ng u nhiên và ng u g a giá tr 0 v e c i L. Tính toán giá tr k i v ng c a công su t u ra trung bình trong tín h u N-mode và công su t Peak c a xung khóa mode l th trong m chuk (M c khô l nh n trung bình)

8.9I Xung Gauss có t n s b i n thi en theo th i gian v i h th c kh oá pha b c hai

Rút ra b i u th c gi i tích i v i tín hi u xung khóa mode ph ng tinh 8.6.14 c PL trong tr ng h p phân b Gauss c a các b i en mode và h th c kh oá pha b hai 2

8.10I V s tu n hoàn c a các tín hi u khóa mode

B ng cách l y g n úng t ng t l ên t t c các mode trong pt (8.6.10) c a PL v i tích phân , l c tinh quan tr ng c a tinh ch t u ra b m t. ó l g i?

8.11I t i u ki n kh oá pha i v i s kh oá mode

Gi s r ng h th c pha gi a các mode d i l ên t i p nhau l b i m t. Khi t i u ki n kh oá pha i v i s kh oá mode l ài l c 2

và bi en l ph kh o ng i trên 2N mode. Ch ng t r ng t n s b ây g i l $\Delta v = \pi c / 2L$ là kh o ng cách c a các mode d i c theo tr c c a bu ng c ng h ns ch ng d n h ây b t u b ng cách ch ng t r ng h th c kh oá pha i c th a m t p ng cách gi i s l c = 0 n u g h i n và p t $\tau = 2\pi / \Delta v$. Sau ó vi t tín hi u kh oá mode nh t ng c a s ch ng ch t c a các mode d i v i i các ch s mode ch h v a v a ch ng t r ng hai t ng i g y t n g v i 2 chu i xung b tr i ho ân l kho n th i gian l. 1/(2Δv)

(M c khô l nh n trung tinh)

8.12I Tính toán t r ng xung tr ong laser Nd:YAG kh oá mode tich c

Laser Nd:YAG ho t ng b c sóng 1064 nm c kh oá mode b i l b i i bi n âm quang. Gi s chi u dài bu ng c ng l ng L=1.5m v a r ng v ch ph c m r ng ng nh t v i chi u r ns A = 195GHz. Tính toán t r ng xung k v ng. N u r ng xung c m r ng ng nh t b i r ng xung k i v ng s b ng bao nh i êu

8.13I Phân tích xung Gauss c a kh oá mode t n s

Rút ra b i u th c gi i tích c a t r ng xung v i s b i n it n s theo th i gian c a các xung Gauss trong s kh oá mode t n s c a laser c m r ng ng nh t (M c khô l nh n trung tinh Nên c ph l c F u ti en c a PL).

8.14I Kh oá mode trong laser He-Ne

Xét laser He-Ne ho t ng b c sóng 632.8 nm và gi s r ng t i nh i t phòng t r ng v ch l i c m r ng Doppler v i r ng v ch ph $\Delta v = 1.7GHz$. N u laser ho t ng xâng ng y i ng laser có chi u ch L=40cm. Kho ng th i gian xung k v ng b ng bao nh i êu và t n s b ng bao nh i êu khi laser l c kh oá mode b i l b kh oá mode âm quang

8.15I Kh oá mode l i i c a m t laser trong bu ng c ng h ng tuy n tinh

M t h laser c t o b i bu ng c ng h ng tuy n tinh ch u d i quang l

Bài 1 | Tập Chuyên Nghành :Quang Học Hiện

L=2m | ϕ khóa mode b ng cách t m t b kha mode âm quang b ên trong bu ng
c ng h ng laser khảo ng cách d=L/4 t g ng u ra Tính toán git c c t i v
c a t n s kha mode s c n thi t t c g a ch u i xung kha mode i u g i x y r
n u b i u b i n c i u k h i n n t n s g b 21 n git c c i u c a n o

8.16T | Tính toán n ng l ng xung và công su t peak trong laser Nd:YAG

kha mode th ng

Laser Nd:YAG c kha mode th ng b i m t b h p th bao ha nhanh ph
ga n t chu i xung v i t n s 400MHz m i xung c o r ng l
 $t_{FWHM} = 10\text{ fs}$ (FWHM) c a c ng xung) công su t u ra trung bình l
 $P_{ave} = 100\text{ mW}$ Tính toán n ng l ng xung và công su t xung peak c a m i ch u
xung c phat ra

8.17T | Kho ng th i gian xung trong m t laser Ti:sapphire c kha mode th u kinh Kerr lý

Xét laser Ti:sapphire c kha mode th u kinh Kerr v a g i s r ng m t m
m t l n truy n qua t en ph n c o th c vi t l 200-400 kHz v a y P l i c ng
su t laser b ên trong bu ng c ng l ng peak v a $\approx 10\text{ mJ}$ l s m t m
phi tuy n do c ch kha mode th u kinh Kerr. Gi s l i m t l n truy n qua
bao ha l 20-100 fs t o ng thng l i 100THz v a n ng l ng b ên trong bu ng
c ng l ng E=40 mJ Kinh toán kho ng th i gian xung t c trong tr ng h p
gi i h n khi c a h i u ng tn s c bu ng c ng l ng v i s t i u b i n ph a c o th
c qua

8.18T | Kho ng th i gian xung trong m t laser kha mode Ti:sapphire | soliton

Trong m t laser Ti:sapphire kha mode th ng c ch t o d ng xung ch y u
c thi t l p b i s t ng tc qua t g i a s tn s c am c a b u ng c ng h ng
v a s t i u b i n ph a trong mi t ng Kerr Chung ta b t r ng s tn s c v i
c nhm trn m t n truy n qua l g o o n v a s d ch chuy n ph a t ien m
t n truy n qua phi tuy n tn c ng su t trong mi t ng Kerr l $\approx 10\text{ fs}$
Kinh toán kho ng th i gian xung u ra v a c ng su t peak xung g i s bu ng c ng
h ng phi tuy n c o ch i u d $L=1m$ s ghép ra T=5% v a c ng su t u r
trung binh $P_{ave} = 100\text{ mW}$

8.19T | S m r ng xung trong b n th ch anh

Gi s v n c nhm (GVD) i v i th ch anh $\lambda \leq 800\text{ nm}$ l s 50 mm t ng
toan ch u dy c c i c a t m t ch anh c o th truy n qua 1 xung 10fs t n s
không thay i theo th i gian c a b ên d ng c ng Causs .N u r ng xung
u ra không v i t qu r ng xung u v a o 20% (H ng d n: c ng các l t qu
ph 1 c G c a PL)

8.20T | S t t o ph c a ch u i xung kha mode

Xét s t truy n m t chu i xung kha mode t n s v qua n m o i tr ng tn s c
v i (GVD) không i b ng C h ng t r ng kho ng cách truy n l m
ph ng v a o c cho b L c e $n=1,2,3,\dots$ chu i xung t t o l i hnh d n

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

bản của nó (nh Talbot) (Hàng đầu; vì tinh trang của chùm xung khóa mode nhìng có các mode dọc theo tia) có thể xác định pha và truyền m thành phần riêng rẽ theo mô hình tán sét giật nhau t parabol với thời gian tán sét. Sau đó chúng ta sẽ ng sau khi truyền qua một số nguyên tử chiudia chíu dài cung cấp cho ta là trì hoãn pha tích luy bù i m i mode là một số nguyên cung cấp.

Trắc

8.1A Dao động pha chia trong laser Nd:YAG

Tín hiệu dao động pha chia của laser có mức năng lượng nhìng 4 mJ có độ dài (8.2.11) của PL. Các tham số laser vào trong pha trinh này là tham số ng trên x. Thời gian sống của laser trong thái tiên và thời gian sống photon.

Theo pha trinh (7.2.14) của PL thì thời gian sống photon là :

$$T = \frac{L}{c} = 34 \mu s$$

Đây là chiều dài hình lục giác của buồng cộng hưởng ($L=20\text{cm}$ là chiều dài hình lục giác của buồng cộng hưởng, $c=0.8\text{cm}$ là chiều dài của thanh Nd:YAG, $n=1.82$ chỉ số折射 của nó và $\alpha=0.01$ là m t mát logarit toàn phần trên 11 n truyền qua). Pha trinh (8.12) và (8.15) của PL chúng ta có :



T pha trinh (8.2.11) của PL cuối cùng chúng ta thu được :



8.2A Phản ứng của công suất truyền i vi laser 4 mJ

Mỗi khía cạnh của phân tích tính toán phản ứng của công suất truyền i vi laser có các pha trinh tách i vi laser có mức năng lượng nhìng 4 mJ dưới đây. Các điều kiện không ảnh hưởng đến i vi tham số bù i m i pha trinh này là như sau:

Các pha trinh (7.2.1a) và (7.2.1b) của PL là :

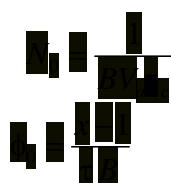


Đây là trong (1a) là số h ng nh i u t ng thích del a ph . Do s bi n th ên c a n h i u c gi s l à nh chung ta có th tuy n tính hóa ph ng trình (1a) và (1b) quanh m tr ng thái xác l p (N) bằng cách t

$N = \frac{1}{2} \delta \omega$

(2)

Đây là b i n ng nh c a c m và s photon do s h ng nh i u N m tr ng thái xác l p thu c t phi ng trình (1a) và (1b) bằng cách qua s h ng nh i u và cho xác o hàm theo thi gian b ng C chung ta thu c



(3a)



(3b)

Đây là t c b m t i h n c cho b i phi ng trình (7.3.3) c a PL Sau khi th Ansatz (2) trong phi ng trình (1a) và (1b) s d ng pl ng trình (3a) và (3b) và l qua các s h ng phi tuy n ch ng h n nh δc N trong phi ng tinh v a thu c thì chúng ta tìm c các phi ng trình tuy n tinh sau đây i v i s dao ng y: Đ



(4a)



(4b)

tinh δc N chúng ta th phi ng tinh (4a) (N) thu c t phi ng trình (4b). Chúng ta thu c phi ng tinh i u kh n b c hai vi phân nh sau i v i δc



(5)

Đây chúng ta t:



(6)

T lý tuy t h tuy n tinh i s hi ndi n c a n h i H ng chúng ta b tr ng m phi u d ng u vào y i m t ph công su S c chuy n thành nh i c ng u ra m t ph công su S c cho b S c chuy n thành nh i

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Đó là hàm truy ngắn của h và ta có :

$$f = \frac{d^2 f}{dt^2} + \frac{d^2 f}{dx^2} \quad (7)$$

Đây là m t ph c a b u ng n hi o là ph công su t c a các p i n ng s photon và hàm truy ngắn h E(x) thu c ph biến c a nghi n c ng b c f (x,t) t a ph ng trình

$$\frac{d^2 f}{dt^2} + \frac{d^2 f}{dx^2} \quad (8)$$

Chúng ta c d àng ch ng minh c

$$f(x,t) = \frac{1}{2} \left[e^{-\alpha x} + e^{\alpha x} \right] \quad (9)$$

B i v i h c gi s là nh i u Gauss t ng thíc delta. Ph công su t h nó kh ng ph thu c v iao t n s g i à nh i u tr ng .T ph ng trình (7) chung ta th y r ng ph công su t ivis da o ng trong s photon s và v i th công su t u ra s t i v |L(m)|^2 T ph ng trình (9) g i cùng chung ta thu c :

$$S_{\text{ph}}(m) = \int_0^\infty |L(m)|^2 dt \quad (10)$$

3.3A Công t c Q-nhanh trong laser Nd:YLF

c tinh xung laser Nd:YLF công t c Q có th c tinh dùng ph ng tinh (8.4.20) và (8.4.21) c a PL, hó cho chung ta bi u th c gi i tích i v i n ng xung và kh ng th i gian xung c a laser 4 m c công t c Q-nhanh theo các tham s laser bao g m h s ghép u ra logarit d i n tích chum A trong môi tr ng 1 ti t di n phát x c m ng c và th i gian s ng photon bu ng c ng h ng s t n d n n ng l ng h và t s c N M mà qua ó ng ph v t qua i v i các giá tr tham s c cho trong bài toán này chung ta có

$$A = -0.223 \quad (1)$$

$$A = 5.28n \quad (2)$$

Đây $T=0.1$ là h s truy n qua c a b ghép u ra , $L = 100 \text{ cm}$ chỉ u d i quang h c c a b u ng c ng h ng và $\alpha = 0.1616$ là m t m át logarit toàn ph n trên 1 l n truy n qua, tính di n tích chum c u tiên chung

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Điều kiện là $\lambda = 1064\text{ nm}$, ánh sáng có kích thước spot chùm bên trong tinh thể là $1.236 \times 1.910 \mu\text{m}^2$.
 Tuy nhiên, trong trường hợp này chúng ta chỉ ưu dàiぶt ng cung hing a vào trong phong tinh trê c là chí ưu dài nhanh xem a bung cung hing L = 7.5 cm. Vì thế chúng ta có



Hỗn tinh nòng lasing có tần số $\omega_0 = 2\pi c / \lambda = 2\pi c / 1064 \text{ nm} = 5.88 \times 10^{14} \text{ rad/s}$ (8.4.11) của PL. Tuy nhiên, theo lý thuyết công tíc Q1 (8.4.20) và (8.4.21) và sử dụng phong tinh (1-3), nếu cùng chúng ta thu được tần số lasing xung và tần số xung giá trị bằng nhau sau :

E_{kin}	≈ 222	$\approx 7.9 \times 10^{14} \text{ rad/s}$
E_{kin}	≈ 2	$\approx 1.9 \times 10^{14} \text{ rad/s}$
ΔE	≈ 220	$\approx 7.8 \times 10^{14} \text{ rad/s}$

3.4A Tính toán nòng lasing xung và tần số xung trong laser Nd:YAG công tíc Q1

Nòng lasing xung và tần số xung của xung công tíc Q1 cho bù phun (8.4.17) và (8.4.21) của PL. Dựa theo lý thuyết công tíc Q1 (8.4.20) và (8.4.21) chúng ta có :

Đo lát độ N_{kin} và sau đó xung công suât bù mưu vào $P_{\text{kin}} = 1\text{ kW}$ công suât tăng nhanh $P_{\text{kin}} = 1\text{ kW}$ thời gian giữa các xung liên tiếp nhau $\tau = 0.1\text{ ms}$ và thời gian trì hoãn $\tau = 10^{-3}\text{ s}$. Vì thế chúng ta có $\tau = 4.54\text{ s}$ và $\tau = 2.3\text{ s}$. Nghiêm theo (8.4.18) và (8.4.31) có $v = N_{\text{kin}} / \tau$ và $v = N_{\text{kin}} / \tau$ là giá trị nhau (xem hình (8.11) của PL).



Số lần mồi tinh N_{kin} gián cách $\tau = 10^{-3}\text{ s}$ và $l = 7.5 \text{ cm}$ là :



Chỉn thich kích cỡ Δ là thich cỡ a thanh lasing lasing xung u ra E có đ

phong tinh (8.4.17) của PL.



Ví dụ công suất trung bình là

$$\bar{P} = \frac{1}{t} \int_{t_0}^{t_0+t} P(t) dt$$

Cụ thể dùng khoảng thời gian xung t để cho phép tính (8.4.21) của PL:



Đây là \bar{P} là thời gian sống photon $[L]$ là $10^{-9} [ns]$

Chú ý

Chú ý rằng do chu kỳ của xung là $10^{-9}s$ gần bằng với thời gian trung hoán cảm biến $t=0.23ms$, công suất trung bình \bar{P} trong cách công tắc QL phải có cho bởi $\bar{P} = \frac{1}{t} \int_{t_0}^{t_0+t} P(t) dt$ (4). Điều này hạn chế công suất trung bình \bar{P} khi hoạt động chung liên tục (xem phương trình 7.3.9) của PL). Điều này có nghĩa là số lần mua tách lặp ly bằng quá trình làm việc chuyển thành xung laser. Tuy nhiên, nếu chu kỳ xung là $10^{-9}s$ thì số lần mua tách lặp trung bình khi hoạt động công tắc QS chỉ vào khoảng 10^6 lần giá trị liên tục P bù lại vì trong trường hợp này số lần mua tách lặp theo bài toán do các phân tử không bị xác định. Ví dụ tần số 1 KHz, tảng ngang và $t=10ms$ và $t=0.23ms$ (8.4.18) và (8.4.31) thì chúng ta sẽ thu được $\bar{P}=4.48W$ và $N=0.012$ là ngang ngang với xung $E=10mJ$ và công suất trung bình $P=1W$.

8.5A. Ảnh áp mặt phẳng sóng trong tinh bào Pockels công tắc QL

Chúng ta hãy xét sự kết hợp của tinh bào Pockels và một kính phân cát có trục kính phân cát to mảng góc 45° so với trục tinh chiết tinh bào Pockels. Ánh sáng phân chia tuy nhiên vào tinh bào Pockels sẽ chia thành 2 sóng riêng biệt theo hai trục chính tinh và y. Hai sóng này tách riêng và tách riêng và传播 truy nhau. Sau khi truyền qua chí điểm L của tinh bào, sẽ chênh lệch pha giữa các sóng là $\pi/2$ và bắt đầu là:

$$N = \frac{1}{2} \left(\frac{E}{\lambda} \right)^2 \frac{1}{4} = 1 \quad (1)$$

Bài 1 | 1. Phản Chuyển Nghành : Quang Hỗn Hìn

Đây là bài toán chuyển đổi từ tia laser đơn thành tia laser kép. Sau khi bao quanh nó với một ống kính, tia laser sẽ bị chia thành hai tia laser có tần số và tay đổi. Sau đó, tia laser sẽ được phản xạ qua một màng lọc phân tần số, sau đó sẽ được phản xạ lại và hội tụ thành hai tia laser có tay đổi.



Đây là bài toán chuyển đổi tia laser đơn thành tia laser kép. Sau khi bao quanh nó với một ống kính, tia laser sẽ bị chia thành hai tia laser có tay đổi. Sau đó, tia laser sẽ được phản xạ qua một màng lọc phân tần số, sau đó sẽ được phản xạ lại và hội tụ thành hai tia laser có tay đổi.



Từ phác họa (2) và (3) chúng ta có



Điều áp thấp nhất thu cung cách $m=0$ trong pt (4) cung cấp điều kiện áp suất sóng. Trong trường hợp KDP, $KD = 1.51$ và $\lambda = 1.51 \mu\text{m}$ là điều kiện áp suất sóng là



3.6A | Công thức Q-tích cốc trong laser 3 mode

Phân tích công thức Q-tích cốc nhanh trong laser 3 mode có thể được thực hiện theo các bước sau: (1) xác định phác họa PL, (2) xác định tay đổi tần số laser 4 mode, (3) xác định tay đổi tần số laser 3 mode, (4) xác định tay đổi tần số photon bằng cách xác định tay đổi tần số trong mode laser, (5) xác định tay đổi tần số công thức Q-nhanh, (6) biến thiên các biến sau thời gian chuyển đổi.



Đây là bài toán chuyển đổi chung mode, là thời gian sống của photon trong buồng cung lúng và là thời gian sống của photon trong môi trường. Chú ý rằng biến chúng ta quan tâm là thời gian thành xung công thức Q-tích cốc xuất hiện trên thang thời gian ngắn hơn so với thời gian sống mode laser.

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

trên trong ph_ong trình (1), chúng ta sẽ qua s_o thay i_o l_on m_t N_c
c_o quá trình l_m và s_o phân nh_b c_x /không b_c x_c a m_c laser trên xu_t h_i (1)
thang th_i gian ch_m h_n. C_ong chú ý rằng ph_ong trình (1) và (2) khác v_o
ph_ong trình (8.4.8a) và (4.8.4b) trong PL_c a laser b_n m_c m_t h_s 2 tron_p
ph_ong trình l_o l_on m_t . i_u này là do hi_n t_o ng v_t lý trong laser 3 m_c
c_o t_c quá trình phát x_c m_c ng n_o t_o ng v_i m_t s_o chuy_n i_m t_d duy_n
nh_t t_m c_o laser trên n_m c_o th_p h_n do ó_o óng góp 2_l n_v ào s_o g_i m_c
l_n m_t N_c ng l_o ng xung u_ra c_o cho b_i (xem khép ph_ong trình
(8.4.16) c_o PL_c



ây P(t) à công su_t u_ra và ph_ong trình (7.2.18) c_o a PL_c c_o d_ong Tíc_k
phân trong ph_ong trình (3) có th_o th_c hi_n b_o ng cách l_y tích phân c_o 2 v_c c_a
ph_ong trình (2) t_{t=0} i_u = σ và dùng i_u k_i n_b b_o
v_o và ph_ong trình (1) chúng ta thu_c :



Và vì th_u



N_c và i_u là giá tr_o l_on m_t tr_c và sau xung công t_c Q_c xá_n
nh_N l_u chúng ta ph_o i tri t_t êu bi_n th_i gian trong ph_ong trình (1) và (2)
c_ong cách xét t_s gi_a ph_ong trình (1) và (2) ta thu_c :



Tích phân c_o a nó v_i i_u k_i n_b u_b c_o cho ta



ây N_c là giá tr_t i_h n_c a s_o o_l n m_t i_v i bu_n
c_ong h_o ng Q cao N_u chúng ta gi_s trong ph_ong trình (7) chúng ta có
th_u c_o N_c l_u nh_m t_hàm c_a N_c b_o ng m_t ph_ong trình n_o t_c
i_i chính xác ph_ong trình (8.4.18) c_o a PL_c) có s_o n_i v_i i laser 4 m_c Chú ý
v_i c_o so sánh ph_ong trình (5) v_i ph_ong trình t_t ng_t c_o th_y trong
tr_o ng h_o p laser 4 m_c (xem ph_ong trình (8.4.17) c_o a PL_c cho chúng ta th_y
t_o ng n_o ng l_o ng u_ra c_o a xung công t_c Q_c i_v i laser 3 m_c b_o ng phân n_a

Bài 1 | p Chuyên Ngành :Quang Học Hiện

Điều 1 | Đóng cửa laser 4 m c
Theo PL, khoảng thời gian xung xác định $\Delta t = \frac{c}{2n}$, đây là công su t Peak của xung, xác định công su t xung Peak. chung ta chú ý rằng theo ph ng trình (7.2.18) của PL, $R_p = \frac{1}{\Delta t} = \frac{c}{2n}$, đây là Peak của Photon bước sóng l ng thu c t ph ng trình (7) bằng cách thết lập $N_1 N_2$. Vì h chung ta có :



B i v N và M và V ph ng trình (5) và (8) cu i cùng chung ta thu c bi u th c c a khoảng thời gian xung là:



Sо sánh ph ng trình (9) với ph ng trình (8.4.21) của PL ta thấy bi u th c c a khoảng thời gian xung i v i các Laser công t c Q 3 m c v 4 m c là gi ng nhau.

8.7A Tính toán góc ch chùm bim t b i u bì n âm quang

B c sóng âm ng v i t ns ân t 1 GHz và g s v n t c ân trong LiNbO₃ v i t ns 100 nm. Gi s r ng b l m ch âm quang ho t ng ch Bragg, chùm b nh i ux m t goc 0 0.5. ày t = 632.8nm là b c sóng c a chùm t i. Chú ý ph ng trình (8.4.4) của PL ch nh i ux Bragg i c thoa mãn i v i chi u ch tinh th L = 1 mm.

8.8A Khóa mode c a các mode c i b ien v i b ien ng u nh ien

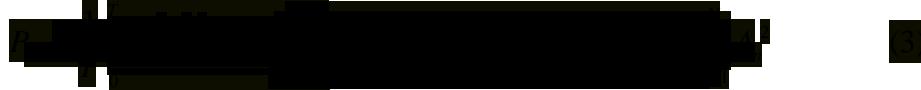
Tín hi u khóa mode $E(t)$ do s ch ng ch t c a N mode d i b ien ng ph a v i b ien. Có th c vi t là:



à y p i là kho ng cách t n s gi a các mode lân c n nhau v i b ien c a chung. Chung ta có th c ho t 4 mang giá tr th c B i vì b ien t 4. à các b ien ng u nh ien c phân b ng u gi a 0 và giá t c c E xác su t. nh i m t giá tr trong kho ng A dA là $g(A)dA$ à y m t xác su t $g(A)$ có d ng.

$$g(A) = \begin{cases} 1/E_0 & \text{if } 0 < A < E_0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Công suất trung bình theo thời gian là công thức tính hằng tín hiệu khóa mode:



Giá trị kỳ vọng của là:



tính toán giá trị kỳ vọng của công suất Peak của xung khóa mode như trong i chu kỳ chúng ta hãy tính trung bình công suất quang học của xung khóa mode:



Nu chúng ta giả sử rằng các biến là: α - cấp thông kế - iv $n \# m$ thì chúng ta có



Thay phong trinh (6) vào phong trinh (5) chúng ta thu được:



Tay phong trinh (7) cuối cùng chúng ta có công suất xung Peak là E_0 và giá trị kỳ vọng nó là $E_0/2$

8.9A Xung Gauss có tần số biến thiên theo thời gian và khóa pha bắc hai

Biên cờ hình bao phủ xung tần số thay đổi của các mode đặc biệt của xung khóa pha là:



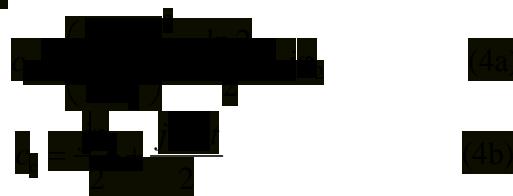
Đây là i vi phân biên Gauss với thời khóa mode bắc 2 biên phân cho cả hai (xem phong trinh (8.6.10) và (8.6.13) của PL):



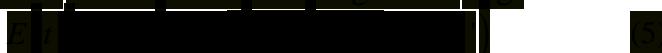
Trong phỏng trình (1) và (2), ta không cách tنس gì a các mode dọc trục
đu ng cung hing lân cù nhau. Đó là rong cách a cung phò và cù
hai hing s xác nh iú ki n khóa pha. Trong trung hps mode dọc lín da
ng cù c là kh. A là cung phong trinh (1) có th c tính g n úng
b ng tách pha trên t $t = -\infty$ (xem bài tập 8.10P). Trong g thi t này,
ch phong trinh (2) vào phong trinh (1) chúng ta thu c



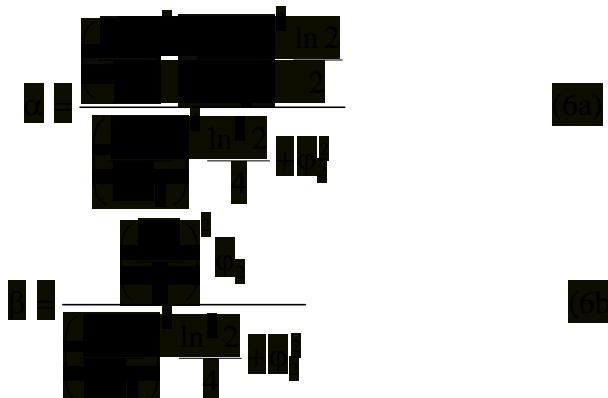
Đây chúng ta



Dùng phong trinh (4a) và (4b), bi u th c c a i n trung toàn phn c a ch
xung khóa mode có th c vì t d i d ng cu i úng



Đây t là c à th i gian hâm, và hing s c và c là:



Chú ý r ng h i v i i ú ki n khóa pha b c 2 xung cu i úng bi u di s bi n
t ns theo th i gian tuy n tính ó là t ns sóng mang t c th i c a xung b que
tuy n tính theo th i gian theo t (xem phong trinh (5)). Trong th

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Các xung quang học có tần số biến đổi theo thời gian tuy nhiên có thể tạo ra trong laser như trong cách pha bùn biến pha bên trong buồng không khí ngắt quang học (xem bài tập (8.13P))

8.10A Vật liệu hoàn thành các tín hiệu khóa mode

Bằng cách lý giải ứng dụng trên ta có các mode trong pha trong PL và tích phai (thông qua cách chế tạo) có hai mode lân cận nhau trở thành nhau vô cùng. Vì thời gian giữa 2 xung liên tiếp nhau là một quantum vô cùng. Thay vì thu cát mực thu xung hoàn thành nhau làm khoảng thời gian bùn thời gian i h t m t vòng buồng không khí chúng ta chỉ thu cát mực xung

8.11A Điều khiển khóa pha với khóa mode hài bắc 2

Nếu chúng ta giả sử tần số mode điều chỉnh theo trục bắc thay đổi khi tần số mang mode điều chỉnh theo trục khóa pha và biên bùn phau có công



Đây là điều khiển khóa pha tuân theo pha trong trình vi phân bắc hai.

$$\phi = \pi - \frac{\pi}{2} \quad (2)$$

Chúng ta có thể tìm hiểu một nguyệt cát pha trong trình (2) như là một tần số chia chia các nghiệm của phương trình thuần nhì

$$(\alpha^2 + \omega_0^2)^2 + 4\alpha^2 \sin^2 \theta = 0$$

và nghiên cứu và giải quyết nó. Vì thế chúng ta có thể tìm hiểu điều kiện để có thể tìm bằng Ansatz

$$\phi = \alpha t \quad (3)$$

Đây là điều khiển khóa pha trong trình (3) xác định bằng cách thay pha trong trình (3) vào pt(2). Chúng ta có

$$\alpha^2 t^2 + \omega_0^2 \sin^2 \theta = 0 \quad (4)$$

Vì thế $\sin \theta = 0$ Tóm lại nghiệm quát nhất của phương trình khóa pha (2) là

$$\alpha t = \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

Chú ý rằng giá trị không bị nén mà chỉ cần thuần túy và không có thay đổi pha

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

đa
ng bao ti
ng $A(t)$ trong khi ó v
i s
đch chuy n thíc h p g c th
vian | chúng ta có th
gi s
c | | Không m
t tính t
ng quá | trong các ph
n sau
chung ta | gi s
c | | vì th
t ph
ng trình (5) chúng ta thu | c

$$\varphi_l = \frac{\pi}{2} l^2 = \begin{cases} 0 \pmod{2\pi} & \text{for } l = 2r \text{ even} \\ \pi/2 \pmod{2\pi} & \text{for } l = 2r+1 \text{ odd} \end{cases} \quad (6)$$

Dùng ph
ng trình (6) | ng bao chu
xung $A(t)$ nh
trong ph
ng trình (1) có
th
ví t d
i d ng :

$$A(t) = \sum_{l=1}^{\infty} \sin(\Delta\omega_l t + \varphi_l) \quad (7)$$

ây chúng ta |



C
ng | g
a chu
xung
u ra l

$$A(t) = \sum_{l=1}^{\infty} \sin(\Delta\omega_l t + \varphi_l) \quad (8)$$

hi u v
d ng xung trong ph
ng trình (9) | chúng ta thấy r
ng | là cách c

các hàm sin hòa dao
ng nhanh | f_l | | nó th
hi b
n các peak h
p có
r
ng

nhau | | i các th
i gian | | (1, 2, 3, ...) cách nhau | | $t_m = \frac{2\pi}{\Delta\omega}$ | |

ng bao b
n thiên ch m | | N
u s mode | | mode dao
ng | | l n th

chung ta | | c
h
n phép g
n
úng | |

th | | $A(t) = \sum_{l=1}^{\infty} \sin(\Delta\omega_l t + \varphi_l)$ | | i u này ch
ng t
r
ng chu
i xung
u ra có t
n s
l p | |

b
ng hai l
n kho ng cách t
n s | | $\Delta\omega = \Delta\omega_1 \approx \pi$ | | c
a các

mode d
c theo tr
c c | | a bu
ng c
ng h
ng

**8.12A Tính toán | r
ng xung trong laser Nd:YAG khóa mode tích c
c**

i v i v ch laser | | c m
r
ng
ng u
kho ng th
i gian xung trong laser

khóa mode | | f
am quang | | c
tính g
n
úng b
ng p
h
ng t
inh (8.6.19) | | a PL

$$\Delta\omega = 0.4 \pi \text{ rad/s}$$

ây | | | | à t
n s
i u b
n v | | | | $\Delta\omega$ | | là b
ng thông laser | | i v i m t b
u ng c
ns

n
ng laser | | t
y n t
ính chí
u dai quang h
c L | | t
n s
i u b
n

c
cho b
i công

th
c
c
L | | | |

ây c
li t c
ánh sáng trong chân không | | i v i chi u d

Bài 1 | p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

bóng cung hào L=1.5m thì chúng ta có $\Delta t = \frac{L}{c} = \frac{1.5}{3 \times 10^8} = 5 \times 10^{-9}$ s. Giờ $\Delta f = \frac{1}{\Delta t} = 2 \times 10^{11}$ Hz. Khi đó $\Delta E = \hbar \Delta f = 6.626 \times 10^{-34} \times 2 \times 10^{11} = 1.3252 \times 10^{-22}$ J. Khi đó $\Delta E = \frac{1}{2} m v^2$ ta có $v = \sqrt{\frac{2 \Delta E}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.3252 \times 10^{-22}}{9.11 \times 10^{-31}}} = 1.3252 \times 10^9$ m/s.

Ngoài ra nếu ta so với khoảng thời gian xung thuần túy và không có nhiễu nhông.

8.13A Phân tích xung Gauss của khóa mode tần số

Cách lý thuyết phân tích số khóa mode tần số biến thiên (FM) giống như sau: Lý thuyết phân tích số khóa mode tần số biến biên là cách vào chi tiết trong phác họa PL. Ý nghĩa của nó là khi họa tinh khóa mode tần số xác lập, sẽ luận chuyễn của xung bền trong bóng cung hào laser sẽ có hình dạng của nó sau một vòng cách nhau một số trại hoãn pha nào đó. Nếu ta áp dụng các toán tử mô tả sự truyền xung trong môi trường linyut mát và biến đổi biến pha thì chúng ta đòi hỏi rằng

$$dA(t)/dt = A(t) \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

Đây là một bao cấp số luân chuyển xung tần số xác lập trong bóng cung hào và là số trại hoãn pha có thể có. Biểu thức của nó là $A(t) = A_0 \cos(\omega t + \phi)$. Trong trường hợp biến biến pha chúng ta có

Đây là tần số biến biến và là số trại hoãn pha. Vì vì chúng ta hiểu rằng xung tần số qua biến đổi tần số có thể là số trại hoãn pha có thể là số trại hoãn pha. Bằng cách áp dụng luật parabol gần cốt truyện thì ta có thể lý giải ứng dụng

$$dA(t)/dt = A(t) \cdot \sin(\omega t) \quad (2)$$

Đây là điều kiện cần và đủ để phân tích xung tần số qua biến đổi tần số. Nhìn chung có thể lùn về mặt tần số không tần số xung không tần số qua biến đổi tần số. Khi đó chúng ta có liên quan với tần số xung không tần số qua biến đổi tần số. Khi đó chúng ta có thể áp dụng các công thức tần số xung không tần số qua biến đổi tần số. Sau khi phân tích (F.1.13), (F.1.15) và (2) vào phác họa tinh (1) và dùng biến kí hiệu

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

phân sau

Đáp án

(3)

Nghiệm Gauss của phỏng tinh (2) với tham số xung phác có thể làm cđ

đúng:

Áp dụng (4)

ây là hằng số thi tlp không thời gian (tung và là mts thời cho đ

đ ng họ c âm không i, thi tlp s dao ngens theo thời gian của xung

Sau khi thay phỏng tinh (4) vào phỏng tinh (3), chúng ta có dàng thấy rõ

phỏng tinh (4) là nghiệm phỏng tinh (3) mà n là

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{3}$$

(5a)

(5b)

Yêu cầu là



(5a)

(5b)

Chú ý rằng, trái ngược với các xung Gauss trong khóa mode FM do ông tens theo thời gian với tham số dao động l [B] mức ánh sáng biến đổi theo thời gian xác nhận bao trùn qua các xung trong bài toán này, chúng ta thấy rằng tích bình thường thời gian Δt phỏng tinh (8.6.16) của PI chúng ta thấy rằng giá trị của không tri tiêu chuẩn là $\Delta t = 0.44$. Điều này là chúng ta có điều kiện toán học để áp dụng định lý Fourier mà thấy rằng là chúng ta có điều kiện toán học để áp dụng định lý Fourier mà

Chú ý

trong bài tập chúng ta chỉ gián tiếp xác nhận các nghiệm xung đng, các nghiệm này là hình dng của nó sau khi trùn qua một vòng, bao trùn qua khía cạnh ngang của quan trng xét trên nhánh nghiệm xung $|R|$ quan trng chia ra ràng ngaita, chứng minh rằng nghiệm xung Gauss là điều kiện phỏng tinh (4) và (5) là điều kiện để có thể chứng minh rằng bao trùn qua xung nào khi đi qua bao trùn biến vị điểm lúc nay ở l hút về phía hoặc đi qua bao trùn biến vị điểm lúc nay ở l hút về phía hoặc i học cách điều chỉnh bao trùn pha. Do đó, nó là bao trùn khử độ i vi xung

Bài 1 | p Chuyên Ngành :Quang Học Hiện

Tóm quan i m v t lý | i u này là do v i c n u tâm c a xung b i u h ng t c c i ho c l à c c t i u c a s i u b i n pha n ó s chum t s d ch chuy n t n s kh i qua b i u b i p H i u ng n áy | c trung hòa b i b ng thông xác nh c a môi tr ng | L i h n ó v ph xung h ng v tám c a v ch | I i trong mi n th gian. i u này t ng | ng v i s kh oá tám c a xung h ng v i m i u b i n pha d ng. c bi t có th ch ng t xung i u h ng ban u b h u t v phia i n d ng c a s nh i u lo n pha c ó cùng cong i u b i n pha nh cong b c l i xung ban u (xem hình (8.1)). S t n t i c a 2 b h u kh d i v i kh o mode FM t ng v i d u nh n ôi trong ph ng tinh (5b) trong thi c t nguyên nh n d a s chuy n m ch kh ng áng quan tám c a ho t ng laser gi a hai | u k i n tr ng thái c ng kh ác nhau

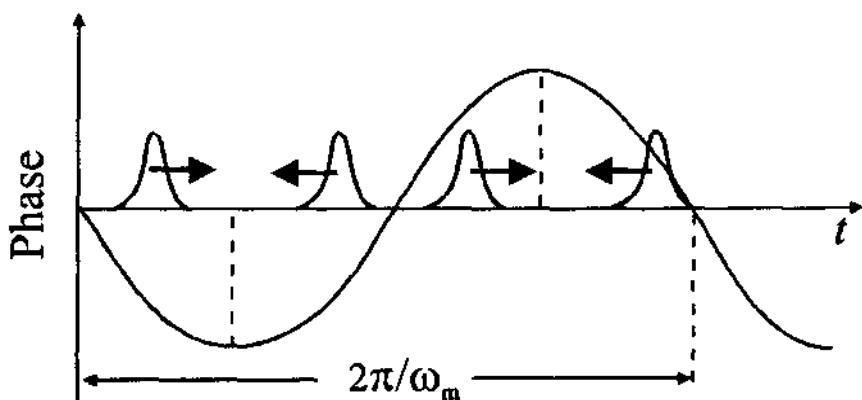


Fig.8.1 Schematic of the sinusoidal phase modulation showing the attraction of detuned optical pulses toward the stationary points of phase perturbation.

8.14A Khóa mode trong laser He|Ne

B i h i v ch l i b m r ng kh ng ng u i v i ho t ng laser tr n ng ns b o ng thông dao | ng c ó khuynh h ng bao p b ng thông | L i t ch m ph n | c bi t g i s r ng phan b Gaus | i v i b ên c a các mode b kh oá chung ta c ó th tinh toán kho ng th i gian xung t ph ng tinh (8.6.18c) a PL c là



T n s c a xung | c xác nh b ng kho ng t n s c a các mode d g theo tr c pu ng c ng h ng | c cho b i công th c



8.15A Khóa mode hài c a m t laser trong bu ng c ng h ng tuy n tinh

M t câu tr l | cho bài t p này có th c rút ra b ng cách | xét b i c nh mi n h i gian c a s kh oá mode trong laser (xem ph n (8.6.2) c a PL | i u k i n c thi t i v i m t xung truy n b ên trong bu ng c ng h ng laser thíc h p v i s

Bài 1 | p Chuyên Ngành :Quang Học Hiện

i u b i n m t m á t bên trong là xung i qua b i u b i n ng i ng v i c c t i u s
i u b i n m t m á t N u m t xung i qua b i u b i n t i th i i m || sau khi ph i
x t g i ng u ra n ó l i i qua b i u b i n th i gian $t' = t + (2d/c)$ || ây d l
kho ng cách quang h c gi i các b i u b i n || ây gi s r ng cho i n g i n
n u p qua day) và g ng u ra và c là v n t c ánh sáng trong chán khong
cho phù h p chúng ta b i h i r ng th i gian chuy n t i p 2d/c là m t s nguyen
l n c a chu k i u b i n || i u này cho chúng ta p m || v
 $m=1,2,3...$ N u l à m t cái ph n nguyen c a chi u c à p u ng c ng h ng L, t
 $d=L/N$ cùi cùng chúng ta thu c:



ây c m v à N l à l nguyen. Giá tr c c t i u c a s i u b i n m t m á t bu ng
c ng h ng òi h i t c kh oá mode laser i ng i ng v n=1 t c l
N) i v i N=4 và L=2m chúng ta thu c h 300 MHz Trong
tr ng h p t n s i u b i n b ng 2 l n giá tr c c t i u n ày trong th i gian chuy n
t i p t -t thì có hai c c t i u c a s m t m á t i u b i n áo cò th gán cho hai xung
riêng b t K t qu à t ng t n s c a chu i xung kh oá mode hai l n

Chú ý

Chú ý r ng t b ào âm quang phi i c i u khi n t n s b ng n a t n s i u
bi n c n thi t (xem th o l u n trang 341 c a PL)

8.16A | Tính toán n ng l ng xung và công su t peak trong laser

Nd:YAG kh oá mode th ng

Trong laser kh oá mode th ng v i v i ch l i ng nh i p h p th b i h o h o
nhanh và biên xung tr ng thái xác l p c mô t b i h o Sechant hyperbolic
cho công su t xung u ra có th c vi t là



ây l à công su t Peak xung v i có liên quan n kho ng th i gian xung
N l a c ng xung b i công th c t (1.76 N ng l ng xung E v)
công su t quang h c trung bình c a chu i xung n n nh ên là



ây l à t n s c a kho ng th i gian xung E ng cách th || và tính

Section 1.2

(4)

Tùy phong trình (2) và (3), ta có thể dàng thu được

$$\frac{E}{P} = \frac{\pi^2}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sin^2(\theta)} \quad (5)$$

$$R = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sin^2(\theta)} \quad (6)$$

Đây là $A = \frac{\pi^2}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{\sin^2(\theta)}$ và $P_s = 500mW$ [1] phong trình (6) chúng ta có

dàng thu công suất $442.5W$ và vì thế phong trình (4) $E = \pi^2$

8.17A Khoảng thời gian xung trong mode laser Ti:sapphire cung cấp mode thu kính Kerr lý tưởng

Trong trường hợp khóa mode thường bao gồm bao hòa nhanh, khoảng thời gian xung có tính chất ứng dụng phong trình (8.6.22) của PL



Đây là cách thông thường là lấy lát cắt bao hòa mà tần số truyền qua là sợi mờ mát mà tần số truyền qua là tần số của bao hòa và là công suất Peak của xung. Trong trường hợp khóa mode thu kính Kerr, họ tăng tần số ngang qua các bao hòa và là công suất Peak của xung. Trong trường hợp nhanh, cung cấp một số tần số mát phi truyền phát cho công suất Peak vào tần số khai bên trong buồng cung bằng cách điều chỉnh nhích một tần số mát phi thu cung vào công suất trên mà tần số truyền qua là

(2) (2)

Đây là số tần số mát tuy nhiên với là hở số tần số mát phi tuy nhiên thu được bị ủi thay đổi áp dụng cho tần số ngang của chúng ta. Đầu tiên chúng ta chú ý rằng đây là bao hòa chúng ta có thể viết (xem phong trình (8.6.20) của PL).



Số tần số mát phong trình (2) và (3) dần dần tăng theo thời gian sau đây giữa các thanh sáp dính cho hai trục ngang

(4)

Tuy phỏng trình (1) và (4) chúng ta thu được

$$\Delta t_p = \frac{0.79}{\Delta v_p} \quad (5)$$

thì t1 p m i quan h g a kho ng th i gian xung Δt_1 vi n ng a ng xung E thay vì công suât Peak c a nô E t u tiên chúng ta th y r ng t i v i xung se hanh hyperbolic chúng ta có (xem bài 1 p 8.16P):

$$E = \frac{1.13}{t_1} \quad (6)$$

Th b i u th c c a E c cho b i phỏng trình (6) vào phỏng trình (5) d n ra
bi u th c sau t i v i kho ng th i gian xung

$$\Delta t_p = \frac{1.13}{E} \quad (7)$$

Th vào phỏng trình (7) các giá trị b ng s c a b i t
 $E=40nJ$, $t_1=0.$, $\Delta v_p=100THz$ và $t_1=10^{-16}s$ chúng ta thu
 $\Delta t_p=8.5fs$

3.18A Kho ng th i gian xung trong m t laser khóa mode Ti:sapphire t o i isoliton

Kho ng th i gian khóa mode lo isoliton c cho b i phỏng trình (8.6.41) có
PL có công

$$\Delta t_p = \frac{3.5}{E} \quad (8)$$

Bài 1 | p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

ây E là nòng 1 ng xung bên trong buồng công hưởng và là súng tán súng nhóm toàn phần trên mảng truy cập qua trong buồng công hưởng và đổi chuyền phản ứng trong môi trường Kerr tiên mảng truy cập qua buồng công hưởng và trên mảng truy cập công suất quang học. Ở đây ghép u ra nhau ng lăng xung bên trong buồng công hưởng E hiện h và công suất u ra trung bình ở dưới sau:



Đây T_1 là thời gian nghỉ tím (vòng buồng công hưởng và T là hằng số truy cập) của bệ ghép u ra với $L=1.5m$ và $t_{\text{th}}=10\text{ns}$ và do đó $\Delta t = 500\text{mW}$ và $T=0.05$. Phóng trình (2) cho chúng ta $E=10\text{nJ}$. Thì giá trị này cần phải là $E=800\text{nJ}$ và $t_{\text{th}}=10^{-10}\text{W}$. Chúng ta thử $c/\Delta t = 14.3$ và tính công suất trung bình xung chung ta nhận là $I_{\text{trung}} = 14.3 \times 10^{-10} \text{W}$. Chúng ta thử $c/\Delta t = 14.3$ và tính công suất trung bình xung có liên hệ với công suất xung E và không thay đổi theo xung Δt , bài toán (xem bài 8.16P):



T phỏng trình (3) với $\Delta t = 14.3$ và $E=100\text{nJ}$ chúng ta thu được $P=10\text{MW}$

8.19P | Sóng xung trong bùn thạch anh

Xung Gauss truy cập bên trong môi trường tán súng có tán súng có tần số không đổi nguyên hình dạng của nó. Nhờ đó không thay đổi theo thời gian theo quá trình truy cập, các biến không thay đổi theo thời gian xung có liên hệ với công suất xung E và không thay đổi theo thời gian tím trong quá trình truy cập môi trường tán súng. Vì vậy môi trường có chỉ số n không thay đổi theo thời gian xung và qua bài toán (G.15) có PL:



Đây $L_p=1.13A$ là chỉ số dài tím của công suất xung trong môi trường. Biết Δt là FWHM của biên công suất xung Gauss Δt có quan hệ với quãng Δz là $\Delta z = \Delta t \cdot c$ và $\Delta t = 10\text{fs}$ và $c=300,000 \text{mm/ns}$ chúng ta có $\Delta z = 3,000 \text{mm}$. Nếu chúng ta bài toán (2) phỏng trình (1) chúng ta thu được:



Chỉ số cài đặt c là phép cài đặt ng tính thời gian khung Δt [ms] \rightarrow $c = \frac{1}{\Delta t}$

8.20P Sóng tần số nhích chuỗi xung khóa mode

Tín hiệu $E(t)$ là tín hiệu xung khóa mode với tần số f và vào môi trường tán xạ có thể coi là sóng chung của các mode khóa pha với khoảng cách tần số Δf với biên pha E_0 và c_0 :

$$E(t) = E_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \sum_{n=1}^N \delta(t - nT_f)$$

(1)

Đây là tần số mang quang học và mode $f=0$. Mở thành phần tần số tần số truyền trong môi trường tán xạ và tần số truyề ω_0 là $\omega_0 = 2\pi f$. Đây là tần số mang quang học và tần số không cách nhau vào môi trường ω_0 và $\omega_0 = 2\pi f$.

$$E(t) = E_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \sum_{n=1}^N \delta(t - nT_f)$$

(2)

Đây là tần số mang quang học và tần số không (GVD) ω_0 có thể tính gần đúng bằng cách luft parabolic là:

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{4\pi^2}{L^2} n^2}$$

(3)

Đây là tần số mang quang học và tần số không (GVD) ω_0 là tham số GVD. Dùng phương trình (3) phương trình (2) có thể viết dưới dạng

$$E(t) = E_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \sum_{n=1}^N \delta(t - nT_f)$$

(4)

Vì c xem xét phong tinh (4) cho thấy không cách truyền là b_i là chỉ số cài đặt $b_i = \frac{1}{c_i}$ là tần số $f_i = \frac{1}{T_i}$ ($i = 1, 2, 3, \dots$) pha classing exp trong song cuong caphong tinh (4) là một bonguyen linc a b_i là tần số f_i giá trị cách mode b_i và chúng ta có:

$$E(t) = E_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \sum_{i=1}^N \delta(t - iT_f)$$

(5)

Đây là $E(t) = E_0 \cos(\omega_0 t + \phi_0) \sum_{i=1}^N \delta(t - iT_f)$ là s hàm pha hàng số. So sánh phong tinh (5) với phong tinh (1) cho thấy rằng không cách truyền là chuỗi xung tần số f_i ứng hinh dung của nó cũng và pha ngoi trai và thời gian không đổi thì t và trì hoãn pha. Chú ý rằng tinh chất này là ứng bột giá trị cách mode b_i và biên mode E_0 .

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

còn là nó không phản thu c vào hình dòng xung khóa mode. Còn chia ra rằng sẽ có nhì cách
chuỗi xung ban và hày làm m t tác d ng c a hi u ng tán s c m r ng m i xung khóa
mode. Tuy nhiên hi u ng này đòi hỏi chuỗi xung tu n hoàn tr i r ng t = -∞ n = ∞
Trong th c t n ó s l ct o l i t t b i m t chuỗi xác nh các xung m h là s xung l n
Tính ch t t t o nh này đ ng s có giá tr n u d ng sóng ban u không tu n hoàn

Chú ý

Hình t ng t t o nh mà qua ó m t tr ng tu n hoàn truy n trong m t môi tr ng tán s c
t o l i d ng ban u c a n ó m t kho ng cách thích l p gi ng nh hi u ng Talbot c
quang nh u x b i v k t cu i th k 18 s ng này c gi i thích trong s n
ng v m t linh th c gi h s truy n xung trong môi tr ng tán s c b c hai v à s nh i u x
không gian c a tr ng sóng vô h ng.

Chương 9: Các laser tr ng thái r n, laser thu c nhu m và laser bán d n

Các bài t p

9.1P: H s góc ng cong hi u su t trong laser Ti:Al₂O₃

Laser Ti:Al₂O₃ được bơm dọc bởi một chùm điều tiêu của laser Ar⁺ ở bước sóng b m $\lambda_p = 514nm$. Một bộ i u chỉnh bước sóng được chèn vào trong bu ng cộng hưởng làm cho laser dao động ở bước sóng 850nm. Giả sử rằng độ mất mát trên một lần truy n qua bu ng cộng hưởng $\gamma_r = 10\%$, hệ số phản xạ gương đầu ra R = 95% và hiệu suất b m $\mu_p = 30\%$, gi s r ng laser ho t ng d i iêu ki n t i u. Tính h s góc ng cong hi u su t c a laser.

9.2P: Công su t u ra c a laser Nd:YAG

Laser Nd:YAG c b m ngang b c sóng 808 nm. Mode laser có kích th c v W₀ = 1.4mm, t i t di n phát x c m ns [math]P_0 = 10^{12}W và th i gian s ng m c triều t = 10 μs. Gi s r ng b ghép u ra v i h s truy n qua T= 12% c d ụng và ng ng l m là P₀ = 48.8W. Tính toán công su t b m c n thi t thu c công su t u ra P₀ = 45W laser này.

9.3 P: laser Nd:YVO₄ trong s ng mù

M t công ty laser ch cho nh ng n i mua m n ng hinh n ng c a laser Nd:YVO₄ m i ngoài tr i. Laser này n ó có công su t b m ng ng P₀ = 1W công su t b m ng P₀ = 1W công su t u ra P₀ = 1W. Thình lình m t 1 ng s ng mù dày c r i vào trong d n tích phô ra; do s m t m át t ng bên trong bu ng c ng h ng laser công su t b m ng ng t ng g p 2 l n. Tính toán công su t u ra c a laser này trong n l ng i u ki n nh th kh công su t b m t ng cho en g i n, gi s r ng s h i n d i n c a s ng mù bên trong bu ng c ng l ng laser khong nh l ng n h i u su t b m.

9.4P: Laser tr ng thái r n n àu xanh

Laser tr ng thái r n n àu xanh dùng m t môi tr ng ho t tính à Nd:YAG, d a t l n s chuy i i sóng h ài b c hai bên trong bu ng c ng h ng c a b c x laser tinh th h ài b c hai c chèn g n g ng u ra. H s truy n qua c a b ghép u ra là T = 99% t i 532nm

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

và $T_p = 0.01\%$ ở 1064 nm, thanh ura c b m d c b c sóng 808 nm. Giờ xét ng hi u su t l m là $\approx 45\%$ c ng bao hòa i v i Nd:YAG II $[2.9 \cdot 10^{-10} \text{ W}]$; kích th c v t mode bên trong thanh là $W_0 = 120 \mu\text{m}$; laser bao tông d i i u ki n b m t u và h s m t mát t ên m t l n truy n qua II $= 3\%$; b c sóng 1064 nm, khi khôn g có phát sóng hai b c hai. S chuy n i công su t trong tinh th phi tuy n có th b i u di n l p cm^2/W ; đây là công su t b c sóng 1064 nm i vào tinh th; t à công su t 532 nm phát ra t tinh th $= 10^{-3}$; và h s chuy n i. Tính toán công su t b m c n thi t trong laser này công su t b m ura $P_{\text{out}} = 1\text{W}$; b c sóng 1064 nm (M_c khô l n h n trung bình).

9.5P: Laser Yb:YAG và laser Nd:YAG

Hai công ty sản xuất laser l n l à các i th c nh tranh m nh trong th truy n laser trung thai rìn. Công ty A chế t o laser Nd:YAG và vài tháng sau công ty B chế t o laser Yb:YAG. Hai laser c b m d c d i i u ki n b m t u; kích th c v t mode trong thanh Yb:YAG nh h n 5 l n trong thanh Nd:YAG. H n n a các hi u su t h m trong 2 laser là nh nhau. Công ty A phát b i u r ng laser Nd:YAG có ng b m l m ≈ 3.0 n c a laser Yb:YAG c a B. Giờ xét ng s m t mát t ên m t l n truy n qua II $= 5\%$ trong 2 laser, tính toán chí u dài c a thanh Yb:YAG, dùng các giá t b ng s c báo cáo trong b ng sau.

	Nd:YAG (1% at. w.)	Yb:YAG (6.5% at. w.)
$N_t (10^{20} \text{ cm}^{-3})$	1.38	8.97
$\tau (\text{ms})$	0.23	1.16
$\sigma_e (10^{-20} \text{ cm}^2)$	28	1.8
$\sigma_a (10^{-20} \text{ cm}^2)$	-	0.12
$\lambda (\text{nm})$	1064	1030
$\lambda_p (\text{nm})$	808	941

Đây là m t c a các m p ho t tính trong môi ti ng ià th i gian s ng m c laser trên II là t i t di n phát x c m ng hi u d ng b c sóng laser II là t i t di n phát x c m ng hi u d ng b c sóng laser II là b c sóng b m

9.6P: Sản h ng trong thanh laser Cr:LiSAF

M t ngh iên c u sinh chèn m t thanh laser Cr:LiSAF bên trong bu ng c ng h ng laser. Thanh có m t $\approx 10^2 \text{ Cr}^{3+}/\text{ion}/\text{cm}^3$; c b m d c b c sóng 670 nm; ch ium b m c phân c c theo l ng th ng ng. M t b i u ch nh làm cho laser dao ng b c sóng 850 nm và ch ch n s phân c c th ng ng hó trùng v i h ng v i tr c quang h c Cr:LiSAF Nghiên c u sinh phát b i u r ng do kính d h ng c a Cr:LiSAF ng ng b m ng 3 l n khi quay thanh 90 quanh tr c quang h c Tính toán chí u dài thanh các giá t b ng s c báo cáo trong b ng sau

<i>Cr:LiSAF</i>	Direction //	Direction \perp
$\sigma_e (10^{-20} \text{ cm}^2)$	5	1.8
$\sigma_p (10^{-20} \text{ cm}^2)$	5	2.3

âu là tần số phát xung của nòng laser, τ là tần số phát huy động; các kí hiệu song song và vuông góc chỉ hướng của tia quang học Cr:LiSAF và lý thuyết phân cực ánh sáng không ngang. Hỗn độ trung lập này đòi hỏi các nòng laser và kính mờ gián tiếp cần phong trình phi tuyến.

9.7P: công suất tia laser trong bùm đặc

óng góp tia laser có biến và kích thích chí tia laser thu nhỏ mờ bùm đặc của công suất tia laser không ngang có ảnh hưởng đến tia laser mờ tia laser qua và huy động tia laser không ngang. So sánh các kết quả của phong trình (6.3.20) với PLI

9.8P: Công suất bùm tia laser hóa màu

Thời gian sử dụng tia laser hóa màu là 100ms và với 80% công suất bùm tia laser trong dòng tia hóa màu, công suất súng ghép màu là 3% so với mờ tia laser trên 1ms. Tính toán thời gian súng tia laser này không có quá trình truy cập qua. Bây giờ, hãy so sánh nó với kết quả của bài 9.7

9.9P: Hỗn số góc cong hiếu suất trong laser hóa màu

Xét 1 laser 6G rhodamine dao động bằng tia sóng 580nm và tia bùm 514nm bùm laser A. Giả sử iu kinh lát m tia và vui kích thước của mờ là 100μm và với 80% công suất bùm tia laser trong dòng tia hóa màu, công suất súng ghép màu là 3% so với mờ tia laser trên 1ms. Tính toán thời gian súng tia laser này không có quá trình truy cập qua. Bây giờ, hãy so sánh nó với kết quả của bài 9.7

điều kiện: $\tau = 10^{-16} \text{ s}$, $\tau_{\text{tia}} = 10^{-16} \text{ s}$ và thời gian súng bùm là 10^{-16} s . Tính toán hỗn số góc cong hiếu suất bùm tia laser A là 13% và so sánh nó với kết quả của bài 9.8 (trong bài 9.8 trả lời khi giải bài 9.8).

9.10P: Laser nhiệt ứng

Xét một thùng laser có tia laser súng ghép tia 3 laser mờ tia laser phát bùm tia sóng 500nm bùm mờ tia laser $Ti:Al_2O_5$ bùm mờ tia laser Nd:YAG. Giả sử rằng laser xanh có công suất súng $P_x = 100 \text{ W}$ và hỗn số góc cong hiếu suất $\eta_x = 13\%$. Laser $Ti:Al_2O_5$ có công suất súng $P_t = 100 \text{ W}$ và hỗn số góc cong hiếu suất $\eta_t = 15\%$ và laser Nd:YAG có công suất súng $P_n = 100 \text{ W}$ và hỗn số góc cong hiếu suất $\eta_n = 12\%$. Tính

Bài tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

toán công suất ngang của laser xanh

c công suất ra $P = 10^{-3} W$ của laser

Nd:YAG.

9.11F Các mode của trong laser bán dẫn

Xét laser bán dẫn với chí số ánh sáng là $n=3.5$, $L=350\mu m$. Giả sử rằng, với cách mạng thông tin $\Delta\nu=880GHz$ và chất suất nhóm của bán dẫn là $n_2=3.0$. Tính toán số mode dọc đi vào trong mạch này.

Bạn có thể tính laser phát ra bao nhiêu tần số dao động trong mode dọc?

9.12F Sóng lồng nhau trong laser bán dẫn

Giả sử rằng một tia laser bán dẫn thay đổi không gian. Giả sử rằng phân bố trung ngang được theo hình song song với vuông góc với tia tinh xúc có biên dạng Gauss với kích thước W_0 và W_1 . Công suất tia tinh hai phân bố trung, và tia tinh có chùm xu hướng là W_0 . Ví dụ, nếu kén cho tia này, rút ra biến thuỷ cung cách truyền chùm thành tròn. Chia W_0 là $2.5\mu m$, W_1 là $0.5\mu m$, tia tinh, tính toán giá trị của khoảng cách này là $\lambda = 850nm$.

9.13F Hướng dòng trong laser GaAs/AlGaAs

Xét laser bán dẫn trúc kếp bao gồm lớp phototinh GaAs giữa hai lớp phôtinh AlGaAs phát bài tần số $\nu=840nm$. Giả sử rằng khi trong suốt $n=10^{18} cm^{-3}$ và chiều dài bung cung $L=1mm$, tần số vi phân $\Delta\nu=10^{16} Hz$, thời gian sống của các electron $t=1ns$, chiều dài của lớp phototinh $\theta=100nm$, tần số suy tuong tia bên trong là $\nu=0.95$ và số lượng mặt toàn phần trên một tia truyền qua là $\eta=1.43$. Giả sử rằng chất suất của lớp phototinh và các lớp phôtinh là $n=3.0$ và $n=3.4$. Tính toán mật độ dòng ngang cần thiết trong laser này.

9.14P Hỗn hợp cong hiếu suất trong laser GaAs/AlGaAs

Bìa thuỷ cung công suất ra $P=10^{-3} W$ của laser bán dẫn là (xem phương trình (9.4.14) của PL)



Đây là dòng học trong một dòng ngang là huy sai tia trong là tia laser Rutherford phản xạ các giao diện phản xạ là huy sai tia mặt bên trong, L là chiều dài bung cung L, B là tia phản xạ tinh này rút ra biến thuỷ cung huy sai cong hiếu suất của laser. Sau đó tính toán huy sai góc cong hiếu suất laser GaAs/AlGaAs với áp lực vào $V=1.8V$. Giả sử chí số ánh sáng là $n=3.0$, $L=300\mu m$. Huy sai tia bên trong là $\eta=0.95$, số phản xạ hai mặt cuộn là $R=32\%$, số mặt phản xạ là $1/cm$, và bao bì sóng phôtinh $\lambda=850nm$.

9.15F Phản hồi phân bố trong laser bán dẫn

Nói chung các laser bán dẫn loại Fabry-perot dao động vài mode dọc, tia tinh có mode đứng và tia tinh có cấu trúc phân bố. Xét laser phản hồi phân bố

Bài 1 - p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

c bi u d i n trong hình 9.29b c a PL.Tính toán chu k c a s i u b i n chi t su t gi s laser ho t ng n mode b c sóng $\lambda = 1550\text{nm}$ và chi t su t trung h nh trong bán d linh là 3.4

9.16) N g n g dòng trong laser gi ng t ng t

Xét laser vi ng l ng t bao g m l p ho t tính GaAs v i chi u dày $d=10\text{nm}$ gi a hai l ph AlGaAs phát ra b c x b c sóng 840nm Gi s m t h tt i i n khi trong su $N_d = 10^{16}\text{cm}^{-3}$ chi u dài bu ng c ng h ng $L=1\text{cm}$ l i vi phân $\sigma = 10^{-16}\text{cm}^2$ th i gian s ng b c x $\tau = 4\text{ns}$ hi u su t n g t l ien trong $n = 0.9$ m t mát toan ph n trên m t n truy n qua $\beta = 1.43$ và h s giam c n $C = 10^3$. Tính toán m t dòng n g n thi t c a laser này So sánh k t qu này v i k t qu thu c c a laser bán d nd c t rúc kép c xét trong bài 9.15

9.17) M t h tt i i n trong laser phát x m t bu ng c ng h ng th ng ng

Xét laser phát x m t bu ng c ng h ng th ng ng (VCSEL) bao g m m t l p ho t tính k p gi a hai b ph n x Bragg.Gi s k ng l p ho t tính bao g m nhi u c u t rúc gi ng t v i chi u dài hi u d ng $d=30\text{nm}$; chi u dài bu ng c ng h ng (bao g m các l cách t u nhau $\Delta L = 1\text{m}$) q s ph n x c a hai g ng $L=99\%$ H s m t m á $\lambda = 8\text{cm}^{-1}$ l i vi phân $\sigma = 10^{-16}\text{cm}^2$ và m t h tt i i n khi trong su $\beta = 10^8$ h tt i i n μJ . Tính toán m t h tt i i n t ng ng trong laser này

Tr L

9.1A) H s g c ng cong hi u su t trong laser Ti:AlC

H s g c ng cong hi u su t c a laser b n m c có th c vi t h (xem ph n trình (7.3.12) c a PL)



ây n à hi u su t b m à m t mát m t l n truy n qua à s m t mát b gheo u ra ; Rens phát laser à t ns t m A là di n tích m t c t c a môi ti ng ho t tính à di n tích m t c t c a mode laser iv is b m d c d i các i u ki i i u kích th c y t mode và kích th c v c a chün o m b ng nhau v i th A A i n h toán h s g c ng cong hi u su t chúng ta có th gi s 2 0.1 s m t m á c a b ghép u ra có th c tính à 0.05 à y và h s truy n qua v i h s ph n x c a g ng u ra (xem ph n trình (7.2.6) c a PL). Thị các giá tr b ng s c cho bi t p vào ph n trình (1) chúng ta c n 91%

9.2A) Công su t u ra c a laser Nd:YAG

Công su t u ra c a laser 4 m c có th c bi u d i n là (xem ph n trình (7.3.9) c a PL)



(1)

ây là diện tích mà tia laser có mode laser, S là mảng bám ghép u ra và công suất bám và công suất tia laser P , η là hiệu suất công bao hòa của hệ thống (xem phần trình (2.8.24) của PL). S là mảng bám ghép u ra có thể xác định là $\eta = \frac{P_1}{P}$. Vậy là h s truy n qua c a g ng u ra. Dùng giá trị b ng s c cho trong bài t p ph ng trình (1) có th c vi t là



(2)

T ph ng trình (2) chúng ta có thể dễ dàng tính được công suất u ra $P_1 = 45W$ và $P_2 = 253.7W$.

9.3 P: Laser Nd YVO4 trong s ng mù

N u chúng ta xét công suất bám và công suất tia laser 4 nm (xem phần trình (6.3.20) của PL). Chúng ta thấy rằng chúng ta luôn luôn t l v i h s m t m t m t n tuy nh qua trong bu ng c ng h ng laser B t k thanh laser c b m theo l ng d c hay n ng ngang h n n a theo bài t p s hi n d i n c a s ng m t trong bu ng c ng h ng không nh h ng n hi u su t b m, chúng ta c ng có th gi s r ng c hai t i t d i n m c t c a môi tr ng ho t tinh A và c a mode laser không thay i do s hi d i n c a s ng m t . V các lý do này s nh n o L c quan sát ng ng v i s nh n o i c a Bây gi xet bi u th c i v i h s g c ng cong hi u su t trong laser 4 nm (xem phần trình (7.3.14) của PL)



(1)

ây là hiệu suất bám và công suất ghép u ra là hiệu suất s ng t laser và $\eta = \frac{P_1}{P_2}$ là hiệu suất ngang. Trong ph ng trình (1), n ch thay i kh s m t m t bu ng c ng h ng t ng T th o lu n ph n tr c chúng ta thấy rằng t ng g p ôi th gi m b ng m t n a giá tr ban u c a n o, t tinh toán giá tr ban u c a n chúng ta có th dùng l th c :

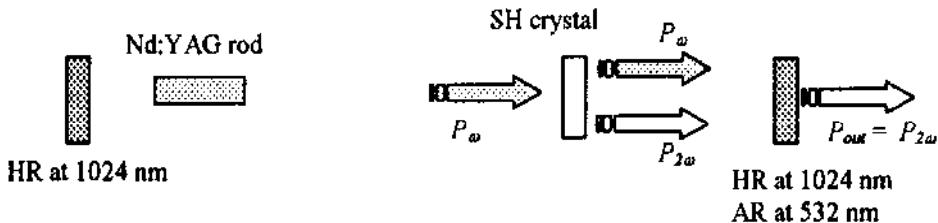


(2)

ây P là và là công suất laser u ra công suất bám và công suất bám t ng. Th các giá tr b ng s c cho trong bài t p vào ph ng trình (2) chúng ta có $\eta = 16.7\%$ c a giá tr ban u c a n s g c ng cong hi u su t Sau khi s ng m t xu t hi n chúng ta có $\eta = 8.3\%$. Trong tr ng h p này công suất bám

Bài 1 | p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

ng ng t ng g p ôi , v l th R W . V i th các giá tr m i nuy vào ph ng trình (2) chúng ta thu c công su t u ra m i R W .
9.4P | Laser tr ng thái r n màu xanh
 Laser c mô t trong ph n sau v i s h tr c a h ình (9.1)



Hình 9.1 s bu ng c ng h ình

cho n g n chung ta s gi s r ng b ghép u ra có h s ph n x 100% b c sóng 1064nm và h s truy n qua 100% b c sóng 532nm H n n a chung ta gi s ng h ài b c hai c t o b i chum laser i vào bên trong tinh th phi tu n t bên ph sang bên trái s hoán toàn b h p th b i thanh Nd:YAG cho khong có m t mát nh khác ngo i tr m t mát do s ghép u ra v i m t mát bên trong D a trên c s c a gi thi t nay và xét m i quan h c a công su t b c sóng 1064nm và công su t h ài b c hai c t o ra trong tinh th s m t mát u ra có th c vi t k

ây là h s truy n qua h i u d ng c a b ghép u ra m t khác công su t u ra m t công su t h ài b c hai c t o ra trong tinh th s m t mát u ra có th c vi t k



ây là di n tích m t c t c a mode laser là h s m t mát c a b ghép u ra và là công su t b m và công su t b m ng ng t ng ng h i t là c ng b i o hòa i v i h b n m c (xem ph ng tinh (8.2,9.4) c a PL) Công su t b m ng ng d j c các i u ki n b m tó u có th c vi t là (xem ph ng tinh (7.3,12) c a PL);



ây là h i u su t b m là t n s b m A là di n tích m t c t c a m b i tr ng ho lính là h s m t mát m t l n truy n qua. Chú y r ng i v i b m d c trong i u ki n i j u kích th c v t mode v à kích th c v c a chum b m l ng nhau v i th A A

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Chúng ta có thể viết lại phác trình (1) và (2) thành cách chuyên nghiệp trong tinh th:



Hình ảnh示意 tia激光 qua mảng phản quang và mảng phản xạ là:



Thay phác trình (3) vào phác trình (2) và dùng phác trình cuối cùng để minh họa:



Đo phác trình (5) thu được như sau mà hàm theo dõi chúng ta sẽ thu được:



Thay các giá trị bằng số cho trong bài tập vào phác trình (6), chúng ta thu được:

9.5P: Laser Yb:YAG và laser Nd:YAG

Công suất bơm lasing trong laser 4 m có điều kiện ban đầu có thể xác định (xem phác trình (7.3.12) của PL):



Ây là bài tập mà là tia laser, A là diện tích mặt tia môi trường lasing, là thời gian sống của laser tiên, là tần số phát xung, là tần số lasing. Biết được điều này có thể sử dụng tia laser Nd:YAG để tạo ra công suất bơm lasing như sau: Yb:YAG là laser có 3 mức. Công suất bơm lasing là:



Bài 1 | p Chuyên Ngành : Quang H c H i n

ây; là t di n h p th hi u d ng là chí u dài thanh Yb:YAG làm t toàn ph n trong môi tr ng. Theo bài t p s gi a c a các công su t ng ng Nd:YAG và Yb:YAG b ng 3.6. Dùng ph ng tinh (2-3) và gi s s m t mát và hi u su t b m gi ng nhau trong c hai laser chúng ta thu c



ây các tham s v t li u i v i c hai laser c kí hi u b i các ch s Nd và Yb, o ph ng trinh (3) nh n c chí u dài thanh Yb:YAG nh m t hêm theo các i l ng khác chúng ta thu c



ây là b c sóng l m. Theo bài t p, kích th c v c a mode trong thanh Nd:YAG l n h n 5 l n Yb:YAG, vì th A 25. Tí nh ng giá t c cho trong bài t p vào ph ng trinh (4) chúng ta thu c chí u dài thanh (mm)

9.6P: S d h ng trong thanh laser Cr:LiSAF

Công su t b m ng trong laser 4 m c d i i u k i n b m g u có th c vi t (xem ph ng tinh (7.3.12) c a PL)



ây là hi u su t b m, t n s b m; A là d n tích m t c t c a môi tr ng no tinh, à h s m t mát m t n truy n qua, à th gian, ng c a m c laser trên và à t di n phát x c m ng hi u d ng. Do s b t ng h ng c a thanh Cr:LiSAF tì di n phát x c m ng và s h p th b m bên trong môi tr ng ho t tính thay i khi sinh viên quay thanh. Vì lý do này hi u su t b m c ng thay i khi thanh c quay. Trong nh ng ph n sau chúng ta ch gi s r ng s quay c a thanh không thay i ho c l s m mát không thay i c m t mát c bu ng c ng l ng v kich th c v c a mode. Theo bài t p và dùng ph ng tinh (1) t s gi a công su t b m và ng ng có th c vi t là



ây các kí hi u và c ch h ng c a tr c quang h c Cr:LiSAF song song và vuông góc y i h ng phân c c ánh sáng tinh hi u su t b m, chúng ta nh l i r ng c choi (xem ph ng tinh (6.2.5) c a PL)

ây là bài sử dụng cách chuyển đổi (3) là bài sử dụng
thì, đây là bài sử dụng cách chuyển đổi (3) là bài sử dụng
cách chuyển đổi (3) là bài sử dụng cách chuyển đổi (3) là
ngày Giờ các i không thay đổi sau khi quay
thanh chúng ta có thể viết tiếp theo (2) để chỉ rõ cách
tính hằng số p theo chúng ta có thể dùng hằng số :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{n - n_0}{\lambda_0}$$

(4)

tính hằng số p theo chúng ta có thể dùng hằng số :

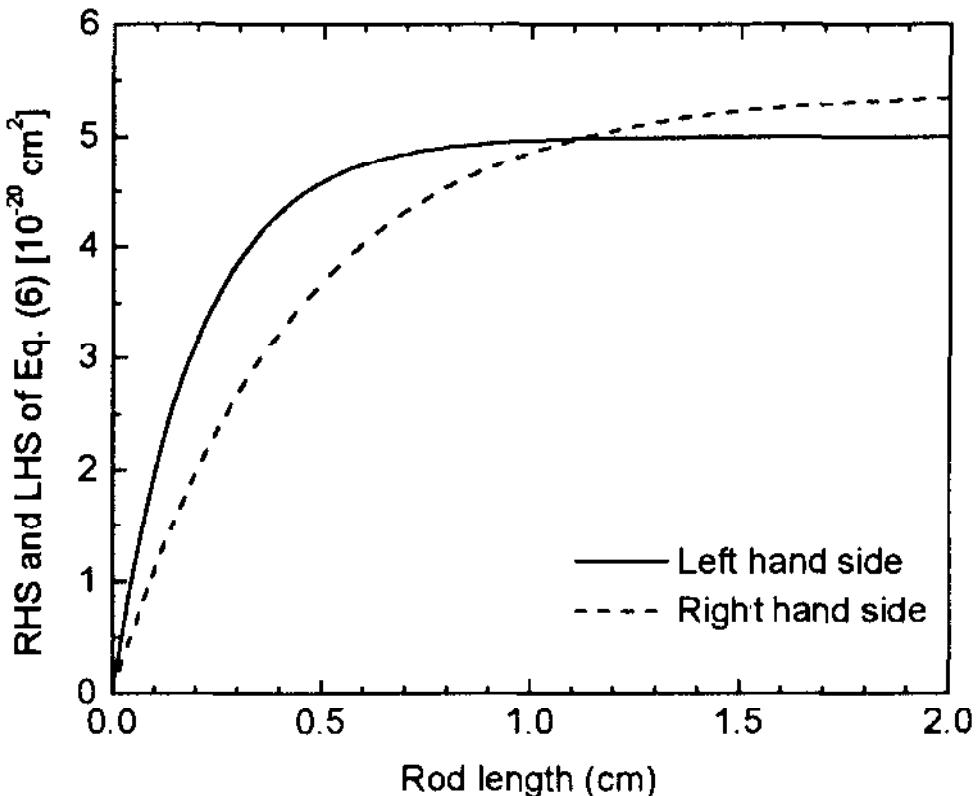
$$n = n_0 + \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda_0}$$

(5)

ây là tia tia nhanh p theo c sóng bao gồm và là một phần của các ion Cr⁺ trong thanh Cr:LiSAF. Chu kỳ r�ng trong pha (5), chúng ta giờ cũng sẽ p theo môi trường hòa tan không bao hòa. Để chỉ rõ cách tính (5) là
chúng ta có thể viết tiếp theo (4) là

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0} + \frac{n - n_0}{\lambda_0}$$

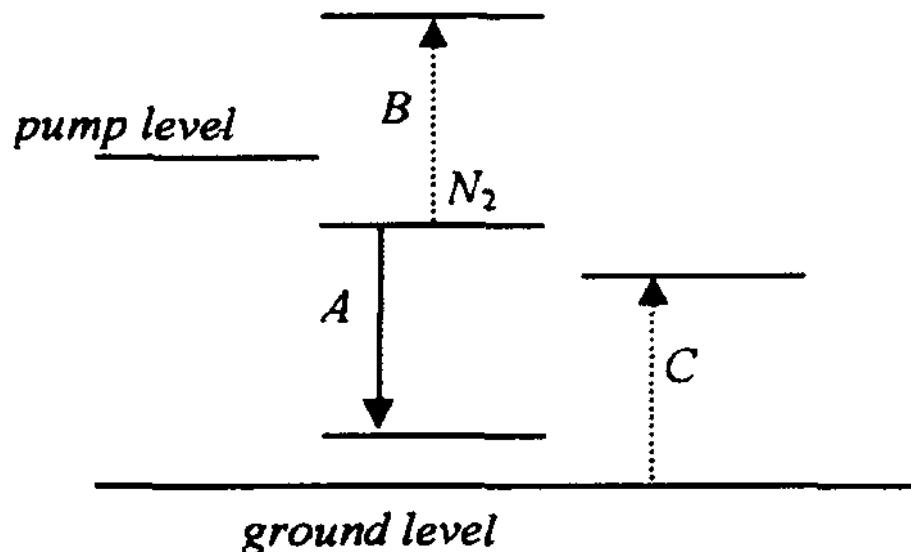
(6)

**Fig. 9.2** Graphical solution of Eq. (6)

Bí u th c iày là ph ng tinh phi tuy n theo bi i. Nghi m có th thu c b ng ph ng pháp th và ph ng pháp s . tìm nghi m b ng ph ng pháp th chung ta v th trong hinh (9.2) vi v ph i và v trái c a pl ng trình (6) nh m t hàm theo v và sau ó chung ta lim giao i m c a hai ng cong. Dùng các giá tr b ng s cho trong bài t p chung ta tìm c giao m $I=1.1 \text{ cm}$ ỏi u di n nghi m c a hai t p. Chú ý r ng nghi m t ng v i giao i m $I=0 \text{ cm}$ khong có ý nghĩa v t lý v i có th b qua C n chú ý r ng khong có giao i m khác gi a hai ng cong.

9.7A Công su t ng ng b m trong b m d c; óng gop tr ng thái c h n và kich thich

Chung ta hãy xét s các m c n ng l ng trong môi tr ng ho t lính c bi u di trong hinh 9.3. Ay d ch chuy n A ch các c ch chuy n c m ng trong khi c ch chuy n B và C ch các quá trình hấp th t các m c laser t n và các m c laser c b n.



Hình 9.3: Hình ảnh các mức năng lượng

Khi có họa tinh laser di chuyển nhanh vĩnh viễn qua B và C, ta sẽ thấy chúng ta cần thiết phải biến đổi trạng thái của ánh sáng laser. Trong mức laser tiên, ánh sáng này có thể có tính chất giắc súng khi laser di chuyển. Khi trên mức truy nhanh qua bao giờ vĩnh viễn mà trong buồng cung họng iúki này có thể có vi tia:



Đây là tần số phát xung mà ta cần phải thay đổi chuyển laser A sang là tần số phát xung iúki để chuyển laser B. Là hổn loạn ánh sáng do bùn cung họng và là hổn loạn ánh sáng do hổn loạn thái độ biến đổi (chuyển C). Tuy nhiên, chúng ta thu được:



Tuy nhiên, ta xác nhận rằng tất cả các mức kích thích phân nhau qua phát xung phát tia ngang (xem phác họa tinh (6.3.18) của PL).



Đây là thời gian sống của laser tiên. Trong câu hình hổn loạn có liên hệ với công suất hổn loạn (xem phác họa tinh).

(6.3.12) của PL)



âyn, à hi u su t b m; à n s b m; à chí u dài môi tr ng ho t tính W, kí th c v c a mode v à kí th c v t b m. V i s h tr c a ph ng trình (3) và (4) công su t b m ng ng có th c bi u d nlà

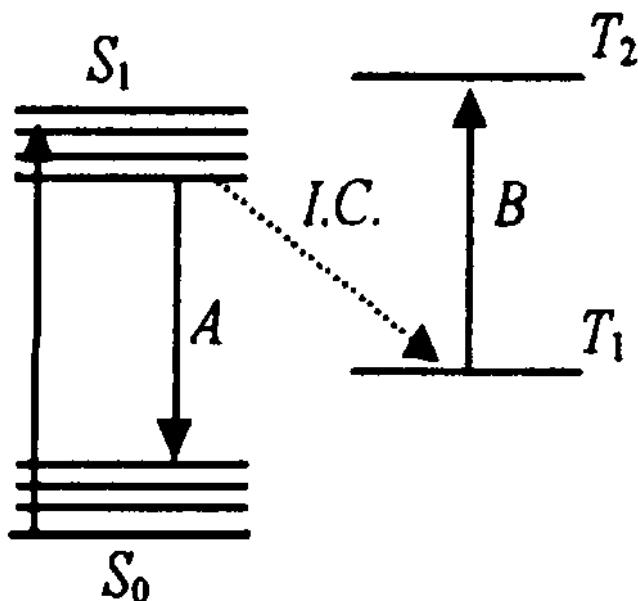


So sánh k t qu này v i ph ng trình (3.6.20) của PL cho th y r ng công su t b m ng ng t ng i v i m t laser lý ng vì hai lý do:

- (a) S t ng m t mát trên m t l n truy n qua t
- (b) S gi m h s l i t iên m t l n truy n qua t

9.8P Công su t b m ng ng trong laser hóa màu óng góp b i ba-b i ba

Chúng ta hãy xét s các m c n ng l ng trong phân thu như m c bi u d trong hình 9.4(xem hình 9.3 của PL):



Hình 9.3: các m c n ng l ng trong thu c nhu m

Đ ch chuy n laser x y ra gi a các m c dao ng th p nh t c a tr ng thái kích thích. Khi p h p các m c dao ng tr ng thái c b i S, C, b, và C g i h các trạng thái i b i jì vì trong nh ng tr ng thái này spin i h t toàn ph n trong phân t thu c nhu m b ng. Q S t o ra các trạng thái kích thích b ng l ng tác i n t v spin #0 l c m do spin tr ng thá c b n b ng 0 và spin l c b o t dn trong các kích thích c g m ng quang. Tuy

Bài 1 | 1p Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

nhiều m t s m t có th tích l y trên t ng thái có spin khác 0 tr ng thái b i ba [1] trong hình (4) do d ch chuy n không b c x , c th là quá trình truy n qua (I.C) t m [1]. Các tr ng thái, và [1] c g i là các tr ng thái b i ba b i v spin, i n t goàn ph i n trong phân t thu c nhu m b ng m t Tr ng thái b i ba [7] có th h p th b c x t i b c sóng laser t o ra các tr ng thái b i ba v i n ng [ng cao] trong hình (4). C ch h p th này c nh tranh v h o t ng laser xác nh nh h ng c a h p th b i ba b i ba t ên công su t b m ng ng c a laser thu c nhu m, l u tiên chúng ta ph i tính toán m t b i ba [W] c t o ra do quá trình truy n qua t ch ho t ng liên t c, t c o b i ba b i quá t ình truy n qua b ng v i t c phân r i p b p a i j u k y có th c bi u di n là:

$$k_1 N_1 = \frac{N_2}{E_2}$$

ây [1] là m t m c laser ti n [1] c quá tinh truy n qua và [1] là t c quá tinh truy n qua và [1] là th i gian s ng b i ba

T ph ng trình (1) chúng ta có

$$N_1 k_1 N_2 \quad (2)$$

thu c công su t l m ng ng chúng ta ph i xác nh m t t i h i [1] trong m c laser trên, i l ng nay có th c tính gi s r ng khi laser ng ng l i trên m t truy n qua b ng m t mát trong bu ng c ng l c ng c i u k i n nay có th c vi à

$$S = N_1 k_1 N_2 \quad (3)$$

ây [1] là t i t d i n ph t x c m ng i v i d ch chuy n laser A [1] c là t i t d i n h p th i v i d ch chuy n b i ba b i ba [B] [1] là h s m t mát ti ên m t l n truy n qua trong bu ng c ng l c ng ; [1] là ch u dài môi tr ng ho t tinh V i s h tr c a ph ng trình (2) có th vi t l i p l ng trình (3) là

$$N_1 k_1 N_2 \quad (4)$$

T c b m t i h i [1] ây gi c thi t l p b ng cách gi s r ng t t c các m t kich thich phân r i ng ng qua ph t x t ph t ho c qua quá tinh truy n qua (xem ph ng trình (6.3.18) c a PL). V i th

$$N_1 k_1 N_2 \quad (5)$$

ây [1] là th i gian s ng m c laser trên. Chú ý r ng h ng s th i gian phân r i ng cho b i s k t h p c a ph n i b c x và c a ph n i do quá tinh truy n qua theo h th c

ây, là thời gian sống của χ .
Trong cấu hình bandedit có bám có liên hệ với công suất bám (xem phần tính toán (6.3.2) của PL):



ây, là hiệu suất bám, là tنس bám, công suất bám, là chiều dài môi trường tính, là kích thước của mode, là kích thước của chùm bám. Vì thế, cách pha trong tính (5) và (6) công suất bám có thể viết lại:



So sánh kết quả này với kết quả cách pha trong tính (6.3.20) của PL cho thời gian công suất bám bằng cách tính vinkel laser lý thuyết. Tính chất này là do sự gián đoạn toàn bộ thời gian truyền qua do hấp thụ bám-bám và có thể xem là số thay đổi của ánh sáng sang số. Chú ý rằng mức độ đặc của quá trình truyền qua nh, số thay đổi nên có thể hoàn toàn linh động thời gian sống bám dài đóng góp nhiều vào thời gian sống bám, do quá trình truyền qua

9.9A **Hỗn** góc **ng cong hieu su t trong laser hóa** **m** **đ**
tính toán hỗn góc **ng cong hieu su t chung ta** xét biến thay đổi công suất ra laser



ây, A , là diện tích mặt cắt của mode laser, là số lượng tia mặt bám ghép vào và là công suất bám và công suất ngang tia ngang. A , là công suất bám và công suất ngang tia ngang (2.8.24) của PL. Vì thế, cách pha trong tính (1) hỗn góc **ng cong hieu su t** có thể viết lại (xem phần tính (7.3.10) của PL):



Trong trường hợp laser thu c như m công suất bám, ta có trong cấu hình bandedit có

hình ảnh viền (xem tệp 1 i 9.8)



(c)

Đây là lỗ súng mát mìn truy cập trong buồng công nghệ; nó là hiệu suất mìn là nòng bắn và thời gian sống mìn laser trên; Vô kích thước cung cấp mode W và kích thước cung cấp chùm bắn và độ tin phát xung cung ứng với dịch chuyển laser; B và tần số định hình cách chuyền bài bắn bắn là tốc độ quá trình truy cập qua và thời gian sống bài bắn. Chú ý rằng: đây là kính bắn, sau đó chúng ta có W = M.

Thường trình (3) vào thường trình (2), chúng ta thu được kết quả sau:

$$\frac{W}{M} = \frac{B^2}{2A} \quad (4)$$

(4)

Chúng ta có thể viết tiếp trình (4) là:

$$W = M \cdot B^2 / 2A$$

(5)

Đây là hiệu suất bắn mà chúng ta gọi là hiệu suất ghép súng. Khi đó, hiệu suất bắn là hiệu suất diệt tích và nó là:

Chú ý rằng có thể c xem hiệu suất I cho chúng ta bằng tần số giá trị I để thay thế cho khi không có hợp thành bài trình (5). Khi không có hợp thành bài trình (5), chúng ta thấy rằng hổn độ góc cong hiệu suất khi không có quá trình truy cập qua súng là 3% do quá trình truy cập qua giá trị này giảm xuống còn 29%.

9.10 A. Laser nhiệt ứng

Bí ẩn của công suýt súng là ura-ura là công laser và cho bài công thức:



(a)

Đây là góc cong công suýt bám và công suýt bám trong trình (1) công suýt súng là laser Nd:YAG là:



(b)

Đây là góc cong công suýt bám và công suýt bám trong laser Nd:YAG là công suýt bám và công suýt bám trong laser Ti:Sapphire. Phù hợp trình (2) có thể viết tiếp cùng với trình (1) bài diễn công suýt súng

Laser Ti:Sapphire



(3)

ây là h s góc ng cong hi u su t c a laser laser Ti:Sapphire. E_L là công su t b n trong ng g a laser Ti:Sapphire. E_L là công su t l m c cung c p b i laser xanh. Ph ng trinh (3) có th c vi t l i cung ph ng tinh (1) bi u di n công su t u re a laser xanh.



(4)

ây là h s góc ng cong hi u su t c a laser xanh. E_L là công su t b m g ng n trong laser xanh. E_L là công su t b m i n c cung c p b i laser xanh. Chúng ta có th gi i ph ng trinh (4) thu c nh m thàm theo các b n còn l i



(5)

Dùng ph ng tinh (5) các giá t b ng s c cho trong bài t p chúng ta thu đ $E_L=385.6W$

9.11A Các mode d c trong laser bán d

T n s c ng H ng c a các mode có th c vi t g n úng l v lc n i ây là m s nguyên j t là v n t c ánh sáng trong chân không; n là chia t su c a bán d n L là chí u dài bu ng l ng T bi u th c tu c ây, chúng ta có th d d ng ph n c nv=l(c/2L). T bi u th c ny, p i vì n là hàm c a v, c là: $n=n(v)$ thay i t n s $\Delta n = n - n_0$ ng v i s thay i $\Delta = \frac{\Delta n}{n}$ có th c tính g n úng t ph ng tinh $\Delta = \frac{\Delta n}{n} = \frac{c}{2L}$ T ph ng trinh này vi t g n úng $\Delta = \frac{c}{2L}$ chúng ta nh n

C

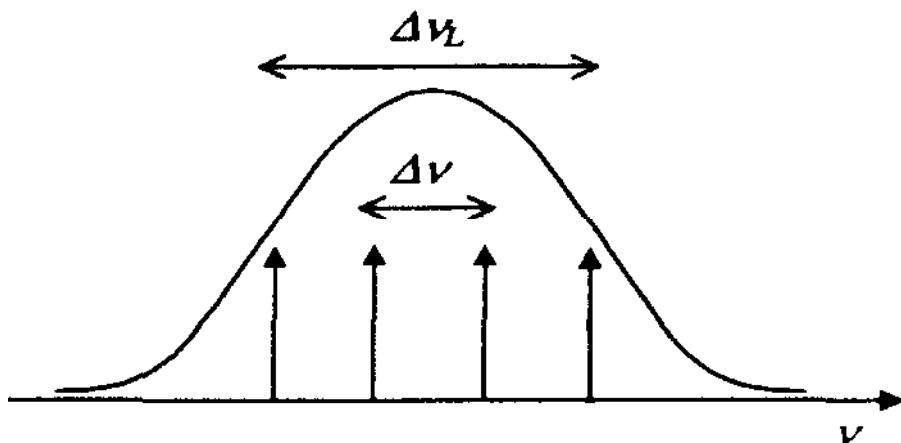
$$\Delta = \frac{c}{2nL}$$

v ày

$$\Delta = \frac{c}{2nL} = \frac{n}{\lambda}$$

2

Là ch s nhóm v t li u N u ng v ch l i c a ch t bán d n là A-s mode i i vào trong v r ng v ch này có th c tính g n úng là (xem hình 9.5)



Hình 9.5 Vị trí và các mode dao động

Dùng các giá trị bảng số cho trong bài tập chúng ta thu được $n=4$, thu c dao động n mode thì chúng ta phải có $\Delta\nu = \frac{\Delta\nu_L}{4}$. Theo phong trinh (1) iu này tinh vong v bu ng cung hong $\theta_{\text{c}} = \pi/2$.

9.12A. Sóng lồng nhau chùm trong laser bán dẫn

Kích thước cung W_c của chùm Gauss có thể biểu diễn như hàm theo khoảng cách truyền theo hình sau:



Đây W_c là kích thước cung bán kính c của chùm và là báu c sóng c chùm (xem phong trinh (4.7.16-17) c a PL). Giai tich a phoi tuong vong vi c chum. M t chum Gauss lồng nhau phát ra từ laser bán dẫn có thể có thể chia thành hai kích thước cung $W_c(1)$ và $W_c(2)$ song song và hong vuong goc voi 1 pti p xuc diode.

Theo phong trinh (1), hai kích thước này có thể coi là:

$$W_c(1) = W_c(0) \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_w}\right)^2} \quad (2a)$$

$$W_c(2) = W_c(0) \sqrt{1 + \left(\frac{z}{z_w}\right)^2} \quad (2b)$$

Đây $W_c(1)$ và $W_c(2)$ là các kích thước cung c của chùm i vi i hai lóng tinh toán tia c a ma. Ở chum là tròn chúng ta có thể cho hai kích thước cung tống nhau v tr

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

Dùng phỏng tinh (2a) và (2b) trong phỏng tinh (3) chúng ta thu được



Tuy nhiên có thể thu được là



Thì các giá trị c cho trong bài tập vào phỏng tinh (5) chúng ta thu được

9.13A. Nguồn dòng trong laser GaAs/AlGaAs

Một dòng điện ngang trong laser bán dẫn có liên quan đến một hiện tượng qua hố sau (xem phỏng tinh (9.3.4) của PL)



Đây là một ài iết electron là chi u dài của ánh sáng tia bên trong là ph n c a các h tti i k th p b cx trong ánh sáng tia là th gian tái hấp b cx tính toán chúng ta cần thi t l pm t h tti i n ng T s cân b ng gi a l i v g m t mát trongapan d n rút ra t u th c sau i v i w (xem ví 9.1 c a PL)



Đây là m t mát trên m t l n truy n qua ; là I i vi phân là chi u dài của một tr ng ho t tính ; à h s giam c m chùm hó bi u di n m ph n c a công su t chùm th s trong ánh sáng tia i v i m t h c sóng laser nh t nh s giam c m chùm c hính n u chí t su t c a các ánh sáng tia và các p ph (p) à bi t th c hi n m c ích này chúng ta có thể dùng l th c g n úng (xem ví d 9.1 c a PL);



Đây



Và b h tr c a phỏng tinh (1) và (2) m t dòng điện ngang có thể c vi t h

Thì các giá trị λ cho trong bài tập vào phương trình (4) chúng ta có $D=0.885$; λ là các giá trị này trong phương trình (3) cho chúng ta giá trị $\lambda=0.2814$. Thì các giá trị này trong phương trình (5) cùng với các điều kiện cho trong bài tập chúng ta thu được $L=0.144 cm$.

9.14A Hỗn góc cong hieu suất trong laser GaAs/AlGaAs

Công suất I của laser bán dẫn có thể bị điều chỉnh $P=VI$ (với V là điện áp hoạt động qua diode laser và I là dòng điện chạy bên trong) và với g là tần số ánh sáng có thể xem là không đổi trên một khoảng rộng, vì thế hỗn góc cong hieu suất của diode laser có thể xác định là:

$$\frac{dP}{dV} = \frac{I^2}{D^2 g} \quad (1)$$

Đây là công suất của laser bị điều chỉnh I cho trong bài tập và với V là giá trị của phascaphongtrinh (1) chúng ta thu được

$$\frac{dP}{dV} = \frac{I^2}{D^2 g} \quad (2)$$

Thì các giá trị b là λ cho trong bài tập chúng ta nhận được $b=61\%$.

9.15A Phản hồi phân bao trong laser bán dẫn

Laser phản hồi phân bao gồm môi trường hoạt tính trong ống bao天堂娱乐城官网. Điều này hoàn toàn có thể xảy ra một trong các lỗ bao, hình thành nên phản dicroic. Do cấu trúc này dao động mode trong laser chum tia tia biến đổi chất su thi u dung (1) và (2) theo

hình truy nã. Số biến iu này có thể bị sử dụng để



Đây là bài toán thay đổi chi tiêu tuân hoán số biến phản su tia mảng s tia xung c a mode laser theo các h ng tri c và sau Theo lý thuyết nhiễu xung Bragg giao thoa tia mảng s tia xung c ng hình thành g a các tia mảng s tia xung c sau tia mảng s tia xung c

$$\lambda_1 - \lambda_2 = \Delta \quad (2)$$

Đây là bài toán sóng mode của bài toán sóng Bragg (λ_1) là giá trị trung bình của chất su tia bên trong buồng cung điện laser. Vì vậy tracaphongtrinh (1), chúng ta có thể viết

$$\Delta = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \quad (3)$$

Thì các giá trị b là λ cho trong bài tập chúng ta thu được $\Delta = 221.5 nm$

Bài Tập Chuyên Ngành : Quang Học Hiện

9.16P | **Nguồn dòng trong laser giáng tia**

Nhà sản xuất rút ra trong bài tập 9.13, một dòng ngang ngang trong laser bán dẫn có ph

c vị trí (xem phác họa tinh (9.4.13) của PL):



Đây là i n tích electron là chí u dài c al p ho t tính là h i su t l ng t bên trong, nó là m t ph n h tt i n k th p b c x trong l p ho t tính là th i gian tái b c x là h s m t mát trên m t l n truy n qua toán ph n ; là h s i vi phân chí u dài môi tr ng ho t tính ; là h s giam c m ch l m nó bi u di n ph n công su t chum th t s trong l p ho t tính ; Th các giá tr ã cho trong bài t p chúng ta thu c

$I = 1 \text{ cm}$

So sánh l t qu i k y v i k t q thu c trong bài gi i 9.13 chúng ta th y n t dòng ng ng trong laser g ng l ng nh h n ba n trong laser d c u trúc kép thông th ng

Nguyên nhân của các k t qu này là nh sau :

(a) S g i m chí u dài l p ho t tính m t b c v l i

(b) S t ng l i vi phân trong u trúc gi ng ng t do s giam c m electron v tr ng n o c bù m t ph n t s g i m h s giam c m ch l m (xem ph n (3.3.5) c a PL)

9.17P | **M t h tt i n trong laser phát x m t bu ng c ng l ng th ng ng**

Bì u th c m t h tt i g i n ng ng N, có th c rút ra t vi c cho l i v g m

mát b ng nhau trong bán d n theo bì u th c san (xem phác họa tinh (9.4.9) của PL):



Đây là h s m t mát trên m t l n truy n qua ; là h s i vi phân là chí u dài c al p ho t tính ; là h s giam c m ch l m nó bi u di n ph n công su t chum th s trong l p ho t tính ; Trong laser VCSEL là h s giam c m ch l m có th c gi s l u do c u trúc c a bu ng c ng h ng tinh toán h s m t mát trên m t l n truy n qua chúng ta có h dùng h th c (xem ví d 9.4 c a PL):



