**BÀI TẬP**

**Chương 1. Bộ thu quang**

Câu 1: Hệ số nhiễu quá *FA* của một photodiode APD là *Mx* trong phương trình:

(\*)

Tìm M để phương trình (\*) trên có thể xấp xỉ giữa 10% bởi FA(M) = Mx bằng cách chọn tỉ lệ:

và

Câu 2: Đạo hàm phương trình:

Qua giá trị *KA*­ = [0;1] trên máy tính bảng nếu RL = 1kΩ, Fn = 2, R = 1A/w,

Pin = 1W, và Id = 2nA,T =27 (q = e = 1.6x 10-19C, K**B** = 1.38x10-23J/K.

Câu 2bis) Hệ số nhân *M* của một photodiode thác lũ APD được tối ưu hóa cho độ nhạy thu bởi quan hệ theo phương trình sau:

(\*)

1. Lấy năm giá trị của *KA*­  nằm trong đoạn [0;1], tính toán giá trị tối ưu của M trong các trường hợp này và vẽ đồ thị phụ thuộc hàm của *Mopt* theo *KA* với các trường hợp này.
2. Từ năm giá trị của câu a) tính giá trị của độ nhạy thu của APD ứng với 5 trường hợp trên nếu biết băng thông bộ lọc quang Δ*νopt* = 2nm, băng thông nhiễu Δ*f* = 10 GHz và bước sóng hoạt động là λ= 1,55µm.

Cho biết các tham số *RL* = 1kΩ, *Fn* = 2, *R* = 1A/w, *Pin* = 1W, dòng tối là *Id*= 2nA, nhiệt độ bộ thu là 27*, q=e* = 1.6×10-19C, *K****B*** = 1.38×10-23J/K.

Lời giải:

1. Cho KA lần lượt là 0; 0,25 ; 0,5 ; 0,75 và 1. Sau đó giải phương trình bậc ba (\*) trên máy bảng CASIO để tính nghiệm thực hợp lý Mopt>=1, rồi vẽ đồ thị theo hàm trục hoành là KA, trục tung là Mopt.
2. Tương tự tính độ nhạy thu theo công thức

Sau đó ta vẽ Prec = hàm số của KA là xong

Câu 3: Phương trình (2) hãy rút gọn vè dạng phương trình:

x3 + ax + b = 0

Câu 4: =

Bộ thu APD. Tìm điều kiện để SNR lớn nhất cho Mopt sử dụng

=

Câu 5: Chứng minh rằng BER trong phương trình:

là nhỏ nhất khi ngưỡng quyết định ID cho bởi phương trình:

Câu 6: Một bộ thu số hoạt động tại B = 100Mb/s và có băng thông nhiễu hiệu dụng *Δf* = 60Mhz. Bộ thu *p-i-n* (PIN)bỏ qua dòng tối *Id* và có hiệu suất hợp tử 90%. Trở kháng tải 100Ω và hệ số nhiễu khuếch đại Fn = 3dB (= 2). Tính độ nhạy thu tương ứng BER = 10-9 (Q=6). Độ nhạy thu thay đổi thế nào nếu BER = 10-12 (*Q* = 7) và BER = 10-7 (*Q*= 5).

Câu 7: Tính toán độ nhạy thu tại BER = 10-9 ( Q = 6) cho bộ thu trong phương trình bài 6. Trong điều kiện chỉ giới hạn bởi nhiễu nổ và nhiễu nhiệt, bao nhiêu photon biến đổi thành bit 1 nếu xung quang (Ain là biên độ quang).

**Solution 6,7:**

Bộ thu PIN thì tối ưu SNR qua BER:

Bỏ qua Id, mà BER =

Q = =

Câu 8: Đạo hàm biểu thức cho Mopt của APD để tối đa hóa độ nhạy thu nếu hệ số nhiễu quá FA = Vẽ Mopt là hàm của x cho vài giá trị x trong đoạn [0;1] với = 0.2mA, Δf = 1GHz. Tính giá trị của nó cho APD loại InGaAs nếu x = 0,7.

Câu 9: Xét bộ thu p-i-n ở bước sóng 0.85μm. Giả sử băng thông nhiễu hiệu dụng điện là Δf = 20MHz, 𝜂 = 65%, Id = 1mA, CT = 8pF và Fn = 3dB.

Xác định phương sai trung bình bình phương (RMS – Root Mean Square) do nhiễu nổ, nhiễu nhiệt và nhiễu khuếch đại. Tính toán SNR.

Câu 10: Vẽ đồ thị tổn thất công suất (Power penalty) là hàm của có liên quan đến nhiễu cường độ tương đối RIN (Relative Intensity Noise), RIN(W)

→ Vẽ đồ thị.

Câu 11: Cho hệ thống thu p-i-n có BER = 10-12(Q = 7). Tính hệ số triệt tiêu nếu = -28dBm , 𝜂 = 0,8, T = 27, = 600MHz, RL= 1KΩ, R = 1A/W, Fn = 3dB ( = 2), Id =2nA, lấy Pin = + 1(dBm). Tính bài toán cho trường hợp bộ thu APD với InGaAs, FA = Mx, x = 0.7, M = 10. Tính penalty cho bộ pin.

**Solution:**

1. Q =

= ,

=

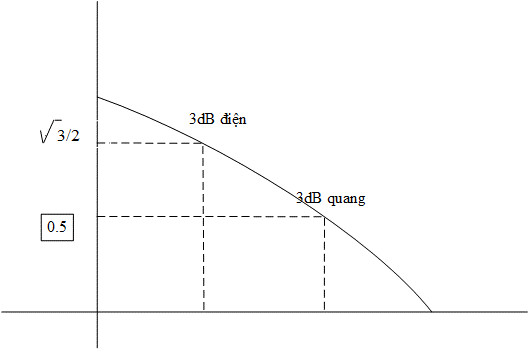
1. Tương tự cho PAD.
2. Penalty:

Sau khi tính thì tính theo công thức trên.

**Chương II: Laser và bộ phát quang**

Câu 1: Chứng minh rằng 3dB bandwidth quang của 1LED liên quan đến 3dB bandwidth điện bởi quang hệ (điện).

**Solution**



Câu 2: Tính toán hiệu suất lượng tử của 1 LED phẳng

Với n là hệ số chiết suất cho bán dẫn pha InGaAs nế n = 3,4.

Câu 3: Tìm tổng hợp hợp kim bậc 4 của InGaAsP để tạo ra laser hoạt động cho bước sóng 1.3μm và 1.55μm. Biết quan hệ bắt buộc của tỷ lệ pha tạp là *x/y* =0,45.

**Solution:**

Nhân tỉ lệ x →Eg(x) = 1.424 + 1.24x (0 < x < 0.48 eV).

y → Eg(y) = 1.35 =0.72y + 0.12y2.

Tìm 0 ≤ y ≤ 1 để Eg(y) =

Từ các y tìm được thoải mãn nằm trong đoạn [0,1] ta tính ra x=0,45y

Câu 3bis) Tìm tổng hợp hợp kim bậc 4 của In*1-x*Ga*x*As*y*P*1-y* để tạo ra laser hoạt động cho bước sóng 1,31 μm; 1,625μm và 1,55μm biết quan hệ bắt buộc của tỷ lệ pha tạp là *x/y* =0,45.

Lời giải tương tự trên cho 3 bước sóng

Câu 4: Tính hiệu suất ghép với sợi laser của

Trong đó NA là khẩu độ số.

Rf là Reflectivity (sự phản xạ) tại cuối mặt trước sợi cho

Câu 5: Một laser InGaAsP dài 250μm có độ suy hoa trong 40 cm-1, hoạt động tại 1.55μm trong chế độ đơn mode, hệ số mode (*mode index* hay *effective index*) là 3,3 và hệ số nhóm 3,4. Tính thời gian sống của photon và 3dB của băng tần quang. Giá trị ngưỡng của đảo mật độ là gì nếu biết rằng tăng ích thay đổi là:G = GN(N – N0) với GN = 6x103 s-1 và N0 = 108, τc = 2ns.

**Solution**:

1. Buồng cộng hưởng có 1 mode với .

Điều kiện cộng hưởng trong buồng cộng hưởng là:

= (1)

Trong đó: là suy hao nội trong buồng cộng hưởng do môi trường hoạt tính.

là suy hao do gương của buồng cộng hưởng.

Do buồng cộng hưởng có 1 gương phản xạ toàn phần R1 = 1 và 1 gương phản xạ R2 = R = với n là chiết suất mode.

Do vậỵ, thay (2) vào (1) ta được:

Thời gian sống của photon Tp được tính theo biểu thức:

Với vg  là vận tốc nhóm, có quan hệ với hệ số nhóm ng  là vg  = 1/ng.

Mặt khác, do điều kiện cộng hưởng của đơn mode: 2kL = 2m

(3)

Vậy (4)

Thay

L = 250μm = 250.10-6m, = 3.4, n = 3.3.

Từ (3) rút ra =

Thay vào (4) ta có: τ*p*-1 =

1. Giá trị ngưỡng của dòng bơm để có đảo nồng độ là:

(5)

Do q = e = 1,6 x 10-19C, Tc = 2ns, N0 = 108..

Tp tính theo (4): GN = 6. 103 s-1.

Vậy tính ra được Ith.

3 dB băng thông được tính là:

Câu 6: Dòng ngưỡng của 1laser bán dẫn gấp 2 lớp khi hoạt động với nhiệt độ tăng 50. Đặc tính nhiệt độ của laser là gì?

**Solution:**

Dòng ngưỡng Ith tính theo sự phụ thuộc nhiệt độ là:

Tại T1 ngưỡng Ith1, T2 ngưỡng Ith2

→ = 2

→ → T0 = .

Câu 7: Xác định bao nhiêu công suất phát ra từ bài 5 nếu laser hoạt động gấp 2 lần trên ngưỡng.

**Solution:**

Ta có:

Nth là số hạt photon ở ngưỡng.

Số photon sinh ra tại dòng I > Ith là P =

Công suất phát photon khỏi cạnh laser là

Với I = 2Ith, thay vào (7) ta tìm được Pe.

Câu 8: Xét bài 5 với I = 2Ith. Tính hiệu suất lượng tử vi sai và hiệu suất lượng tử ngoài cho laser trên. Hiệu suất lượng tử thiết bị là bao nhiêu nếu điện áp ngoài là 1,5V. Giả sử rằng hiệu suất trong là 90%.

Giải bài 8.

Hiệu suất lượng tử vi sai

=>

Lại có =

Mà I = 2Ith

ηnet = vg­αmin(Ith)

Ith đã tính từ bài 5 => ηnet

Hiệu suất thiết bị tổng cộng

ηtot ≈ ηext

Eg là bandgap = h , =

Câu 9: Xác định 3dB bandwidth quang của bài 8 cho laser phân cực gấp 2 lần dòng gưỡng. Tìm 3dB bandwidth điện.

Giải bài 9.

Ta có 3dB băng thông quang là:

f3dB ≈ ≈ 1/2 =

mà Ib = 2Ith ; Ith đã biết

GN = 6.10-3 s

f3dB =

là tần số của dao động nghỉ ngơi

Pd công suất dòng nhân lực

3dB băng thông điện là (2𝝅𝞃c)-1

Câu 10: Tính 3dB bandwidth điều chế quang nếu tăng cùng cho bởi sự phụ thuộc vào N và P là: G (N,P) = GN (N – N0).( 1 + -1/2 .Ps  là số photon bão hõa và P là số photon ứng với dòng điện định thiên I. Viết biểu thức 3dB bandwidth biết *Ps* = 2P*th* ; GN = 6x103 s-1 và N0 = 108, τc = 2ns.

f3dB ≈ ≈

G = G (N,P)

Câu 11: Một laser InGaAsP có chiều dài khoảng cộng hưởng hoạt động ở bước sóng 1,31μm có suy hao nội αint = 20 . Mỗi gương 2 đầu có hệ số phản xạ R1 = 0,3 và R2=0,9. Và hệ số chiết suất nhóm là 3,4. Giả sử rằng các hệ số khuếch đại biến đổi theo hàm: G = GN (N – N0), GN = 6.10-3 s-1, N0=108 và thời gian sống của các hạt tải τc= 2ns.

a. Xác định dòng định thiên I và công suất Pe để độ rộng băng tần f3dB = 4GMz. Trong đó giả thiết rằng ta bỏ qua tốc độ tắt dần và hiệu suất lượng tử nội đạt 100%.

b. Các kết quả câu a thay đổi thế nào nếu ηint = 90% (hiệu suất lượng tử nội)

Giải

Tính tương tự bài 5 nếu bỏ qua dao động tắt dần

f3dB ≈ Ib – Ith)]1/2 = 10GN

Câu 12: Cho laser mô tả như trong bài 11 hoạt động tại dòng I = 1,7.Ith

Hãy tính tần số của dao động phục hồi của LD (laser diode) với giả thiết

GP = - 4.104 s-1 là đạo hàm của G theo P và RSP =

Tính f3dB quang và f3dB điện.

Giải

a.Tần số dao động phục hồi (*relaxation oscillation*)

ΩR =

f3dB = =

=> ΩR = Ib ứng = 1,7 Ith

=> Pb = (Ib – Ith)

G = G (N,P) = GN(N – N0)(1 – NPP)

=>GP= - GN(N – N0)NP  = -4.104 s-1 = GP

Rút ra G (N,P) và do vậy tính ra ΩR

b. Tự tính theo công thức f3dB quang

Chú ý: RSP = ηSP.G là thừa giả thiết câu a

Câu 13: Xác định các đại lượng của laser InGaAs với kích thước và các tham số vật lý cho bởi hình.

2d = 0.5 µm

N=3.58

α = 100

W

W = 4µm

L

Vùng hoạt tính

bức xạ laze

1. Thời gian trễ bật tại
2. Chiều dài hộp cộng hưởng laze
3. Mật độ hạt tải ngưỡng
4. Dòng ngưỡng
5. Quan hệ giữa công suất xạ và dòng bơm.

Câu 14. Một bộ phát LED có độ rộng 3Db LÀ 80MHz. Độ dốc đường đặc tính LED bằng 0.1 mV/mA .Dòng kích thích LED gồm thành phần DC 50 mA và thành phần AC 40MHz có dạng đỉnh -đỉnh (peak - peak) là 60mA.

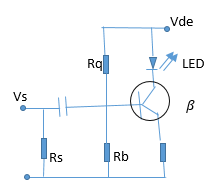
a) Xác định độ sâu điều biến với dòng đầu vào dạng công suất quảng biến thiên đầu ra

b) Tính câu a) khi tần số điều biến lên tới 80MHz

Độ dốc đặc tính LED: (relation)

Giải

Dòng điều biến



I(t) = +

m = là độ sâu điều biến

m’ = là độ sâu điều biến quang

Câu 15: Hãy xác định biểu thức ghép công suất giữa nguồn và sợi SI khi biết mẫu phát xạ có B() = đối với trường

*Giải*:

Hiệu suất ghép: khi

khi

Biểu thức

Câu 16: Cho LED phát mặt với chiết suất bd In GaAs là n = 3.48. Tính hiệu suất lượng tử ngoài.

Câu 17: Mật độ lượng tử trong trạng thái bền vững của LED là bao nhiêu nếu dùng ổn định trong vùng tích cực biết bề dày vùng tái hợp bán dẫn là d =200µm, mật độ dòng điện là thời gian sống τ= 3ns

**Giải**

Ta có khi cân bằng bền vững mật độ điện tử:

(cm-3) với q = 1,6.

Câu 18: Tính hiệu suất lượng tử của LED GaAsP, có điện áp hoạt động phân cực V0=1.5V. Hiệu suất lượng tử trong là 90% và chiết suất bd n=3.5. Bước sóng là 1.31µm

**Giải**

=

= 0,9,

Câu 19: Tính hiệ suất ghép nối LED và sợi quang nếu sợi có d = 2a=9.2µm, sợi là SI và LED có hệ số chiết suất tiếp giáp bán dẫn và sợi là

**Giải**

Hiệu suất ghép nối LED và sợi quang

=(1+)N

Với NA là khẩu độ số sợi

là hệ số phản xạ tại cuối trước sợi

NA tùy theo công thức sợi là:

NA = ,

Câu 20: Một laser InGaAsP có chiều dài khoảng cộng hưởng 300 µm hoạt động ở bước sóng 1,31μm có suy hao nội *αint* = 20 cm-1. 2 gương có hệ số phản xạ: *R1* = 0,3 và *R2* = 0,9. Và hệ esố chiết suất nhóm là 3,4. Giả sử các hệ số khuếch đại biến đổi hàm: *G* = *GN* (*N – N*0)(1+*P*/*Ps*)-1/2, *GN* = 6.103 s-1, *GP* = -4.104 s-1 *N*0=108, *Ps* = 2,5×105 là số photon bão hòa, *P* là số photon ứng với dòng định thiên *I* và dòng ngưỡng *Ith* theo quan hệ với thời gian sống của các hạt tải *τc*= 2ns.

a) Tính dòng ngưỡng và xác định dòng *I* cùng công suất phát *Pe* để độ rộng băng tần *f3dB* = 4GMz. Trong đó giả thiết rằng ta bỏ qua tốc độ tắt dần và hiệu suất lượng tử nội đạt 100%.

b) Các kết quả câu a) thay đổi thế nào nếu *ηint* = 90% (hiệu suất lượng tử nội)

**Chương III. Khuếch đại quang và tính toàn đường quang**

Câu 1: Một bộ KĐ Raman được bơm trong hướng ngược sử dụng công suất bơm *Ppump*= 1W của bơm. Tính công suất đầu ra khi 1µw tín hiệu được đưa vào bộ KĐ với 5km chiều dài. Giả sử suy hao 0,2 và 0,25 dB/km lần lượt tại các bước sóng tín hiệu và bơm. Diện tích hiệu dụng . Bỏ qua bão hòa tăng ích.

**Giải**

Công suất khuếch đại

Câu 2: Tính toán SNR quang tại đầu ra cuối của hệ thống 4000km sử dụng 50 EDFA với của hệ số tạp nhiễu (*Noise figure*). Giả sử suy hao sợi là 0,25dB/km ở bước sóng hoạt động 1,55µm. một bộ lọc quang 2nm được chèn sau mỗi chặng khuếch đại để giảm nhiễu do khuếch đại. Giả sử công suất quang thu cuối -23dBm.

Giải

SNR quang được tính bởi

OSNR = (1)

Mà: P*sp* = -2nsp h NA (G – 1) (2)

NA: là số chặng khuếch đại = 50

G: tăng ích của KĐ EDFA

= 2nm băng thông bộ lọc quang

KĐ EDFA được tính toán để bù suy hao sợi do vậy

NA GdB = αf L

GdB = αf L / NA = (0,25.4000)/ 50 = 20dB

* G = 10G/10 =102 =100

Mặt khác ta có: Fn = 2nsp (G-1)/G

* nsp = GFn / (2(G-1)) (3)

(2), (3) thay vào (1) ta được

OSNR = Pin / Psp =

OSNR =

Câu 3: Tính toán độ nhạy thu của BER tại 10-9 và 10-12 giả thiết bộ thu hoạt động tại Fn=4dB, 1nm băng thong bộ lọc quang được thiết lập đểtiền khuếch đại và =1,55mn

Và 3GHz bandwidth

Giải:

Sử dụng công thức :

BER=1 => Q=6, BER=1 => Q=7

ứng với 1nm ở =>

là bộ thu điện của photodiode = Băng thông quang của phôto diode = 3 GHz.

**Chương IV. Bài tập về sợi và ghép nối**

Bài 1. Hệ thống thông tin quang sử dụng sợi đơn mode chuẩn chiều dài 100Km, hoạt động tại bước sóng 1550nm có suy hao sợi là 0,2dB/ Km và tán sắc D =17ps/Km.nm . Biết công suất phát quang 1mW, Xác định công suất tại bộ thu nếu giả thiết 5Km có một măng xông với suy hao là 0,1dB/măng xông. Giả sử hệ thống truyền 10 Gb/s mã NRZ, hãy xác định độ rộng phổ cho phép lớn nhất của nguồn quang để độ dãn xung do tán sắc không vượt quá chu kỳ bit.

Giải

Công suất máy thu:

Pin = Pout – αL/10 - x N;

Giới hạn truyền cho tán sắc của mã NRZ là

B.

Mà =.L.

* B..L. <1

Vậy độ rộng phổ =0,06 nm.

Bài 2. Hệ thống đơn kênh hoạt động ở tốc độ bit B = 40 Gb/s sử dụng mã NRZ tại với độ rộng phổ . Hệ thống hoạt động trên sợi đơn mode tiêu chuẩn SMF có tán sắc D = 0,26 ps/Km.nm . Tính giới hạn truyền dẫn tối đa do tán sắc.

Bài 3. Cho sợi quang GI có hệ số mặt cắt bề sợi chiết suất g=1,75, đường kính lõi 50 , khẩu độ số NA= 0,2 tại . Tính số mode lan truyền trong sợi.

Bài 4. Cho sợi đơn mode SI có đường kính lõi d=2a=9, chiết suất lõi n1=1,475 , bước sóng cắt 950 nm. Tính độ lệch chiết suất và chiết suất vỏ.

Tính cắt =

Mà Vc = 2,405 cho sợi GI tiêu chuẩn đơn mode => NA => => = n1-n2 => n2 = n1 -

Bài 5) Một sợi quang với đường kính lõi 12µm được thiết kế với chiết suất vỏ *n2*=1.444. Lõi được chế tạo theo phân bố chiết suất đều (GI) từ tâm đến vỏ với hệ số chiết suất tâm *n1*=1.463 và phân bố chiết suất theo hàm bậc 1.5. Bước sóng hoạt động 1.31µm.

a) Tính độ mở số *NA* của sợi này và tham số *V*, xác định sợi có đơn mode hay không?

b) Nếu sợi bị một điểm vi uốn cong với bán kính cong là 4 mm, tính số mode do uốn cong *Nbent* lúc này?

Bài 6) Sợi quang được chế tạo từ vật liệu silica hợp nhất (fused silica) theo kiểu chiết suất bậc có chiết suất lõi là *n1*=1.463 và chiết suất vỏ *n2*=1.448. Bán kính lõi *a*= 4.6µm. Chiều dài sợi là *L*=60km. Bước sóng hoạt động 1550 nm.

a) Tính các tham số *NA* và góc tới hạn nón θc.

b) Tính kích thước điểm và diện tích mode hiệu dụng nếu sử dụng xung phân bố Gaussian vào sợi.

c)Tính tán sắc vật liệu nếu bước sóng không của sợi trên là 1,276 µm.

d) Giả sử nguồn phổ rộng với *σλ*= 5nm và hệ số tán sắc *D* = 15ps/km.nm. Tính giới hạn hoạt động của tốc độ bít cực đại với xung Gaussian.

Bài 7) Một sợi quang đa mode (multimode fiber) với đường kính lõi 50 µm được thiết kế để giới hạn tán sắc nội mode đến 10 ns/km. Tính độ mở số *NA* của sợi này và tìm giới hạn bít cho truyền dẫn khoảng cách 10 km tại bước sóng 1.31µm, nếu giả thiết chiết suất vỏ là 1.45.

Bài 8) Một hệ thống lightwave hoạt động tại chiều dài *L* = 50km yêu cầu công suất ít nhất 0.2 µW tại bộ thu. Suy hao sợi tại bước sóng hoạt động 1550 nm là *αdB*=0.25 dB/km. Cứ 5km theo chiều dài sợi có một măng xông hàn nối các cuộn lại và suy hao mối hàn trung bình là 0.1 dB. Suy hao do connector là 0.5 dB/connector, giả sử hệ thống cần mỗi connector cho phía phát và phía thu. Bỏ qua suy hao Rayleigh và các suy hao khác.

1. Tính tổng suy hao các loại của hệ thống lightwave nói trên.
2. Tính công suất phát tối thiều vào trong sợi theo dBm và mW để hệ thống thu đảm bảo ngưỡng công suất kể trên.
3. Nếu trong quãng đường truyền có một điểm bị gập khúc với suy hao uốn cong là αbent = 1.2 dB. Tìm suy hao tổng và tính công suất phát tối thiểu cần thiết lúc này để đảm bảo mức thu nói trên.

**Phần lý thuyết**

1. Nêu nguyên lý hoạt động của sự truyền ánh sáng trong sợi quang, khái niệm khẩu độ số, nón phối ghép ánh sáng, các loại sợi chiết suất bậc và chiết suất biến đổi đều.
2. Trình bày sự hình thành mode trong sợi quang, thế nào là tham số chuẩn hóa, tần số chuẩn hóa, bước sóng cắt, điều kiện đơn mode và đa mode, kích thước điểm.
3. Trình bày ngắn gọn về tán sắc trong sợi quang. Thế nào là tán sắc GVD và tán sắc sắc thể (*chromatic dispersion*)? Tán sắc sắc thể gồm những loại tán sắc nào? Viết biểu thức phụ thuộc của các loại tán sắc đó. Tán sắc ảnh hưởng đến việc truyền dẫn như thế nào? Viết biểu thức giới hạn tốc độ do tán sắc.
4. Tán sắc bậc cao và tán sắc mode phân cực PMD là gì? Hãy viết biểu thức giới hạn tán sắc bậc cao và PMD đến tốc độ hoạt động của tín hiệu truyền. Tại sao nói PMD mang tính thống kê?
5. Trình bày về tán xạ Rayleigh và các loại suy hao trong sợi sợi
6. Trình bày ngắn gọn về các hiệu ứng phi tuyến trong sợi quang. Nguyên nhân nào gây ra hiệu ứng phi tuyến sợi? Thế nào là hiệu ứng phi tuyến đàn hồi (hiệu ứng Kerr) và không đàn hồi?
7. Trình bày nguyên lý dịch chuyển quang học và 3 quá trình dịch chuyển. Xác định biểu thức của hệ thức Planck và các phương trình biểu diễn Einstein. Trình bày mối quan hệ và và tìm thứ nguyên các hệ số Einstein.
8. Điều kiện nào để có bức xạ laser? Thế nào là đảo nồng độ trong laser và cách thức nào để có đảo nồng độ? Thế nào là môi trường hoạt tính của laser?
9. Trình bày về buồng cộng hưởng quang học và nêu ý nghĩa của buồng cộng hưởng. Điều kiện hình thành mode trong buồng cộng hưởng gồm có các điều kiện nào? Viết biểu thức toán học quan hệ của các điều kiện đó.
10. Trình bày ngắn gọn về quá trình hấp thụ và phát xạ trong bán dẫn là gì. Phương trình biểu diễn và giải thích các thành phần của tỷ lệ phát xạ kích thích và hấp thụ.
11. Trình bày đặc tính của diode phát quang LED và đặc tuyến công suất phổ LED.
12. Trình bày về đặc tính tăng ích của laser bán dẫn? Thế nào là hồi tiếp và ngưỡng của laser bán dẫn? Vẽ hình và nêu nguyên lý hoạt động của buồng cộng hưởng Fabry Perot cùng các biểu thức về hình thành mode trong buồng cộng hưởng.
13. Vẽ hình và nêu nguyên lý hoạt động của các laser DFB và DBG.
14. Nêu nguyên lý của các bộ thu quang và hiệu suất lượng tử của bộ thu quang.
15. Trình bày nguyên lý bộ thu PIN
16. Trình bày nguyên lý bộ thu APD
17. Trình bày SNR và các loại tạp nhiễu trong các bộ thu quang
18. Trình bày nguyên lý ngắn gọn của các khuếch đại EDFA và giản đồ bơm, các mức nhảy năng lượng của Erbium và khuếch đại.
19. Trình bày nguyên lý ngắn gọn khuếch đại Raman và đặc tính khuếch đại
20. Trình bày nguyên lý hoạt động của hệ thống thông tin nhiều kênh ghép bước sóng WDM. Vẽ sơ đồ nguyên lý và nêu chức năng các thành phần hệ thống đó.