

华中科技大学  
光学与电子信息学院二〇一〇级  
《光纤光学》考试试卷 A（闭卷）

专业：\_\_\_\_\_ 班级：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_

题 号	一	二	三	四	总分
得 分					
阅卷人					

一、 选择题（下列各题四个备选答案中有一个正确答案，请将其代号写在题  
干前面的括号内。每小题 2 分，共 30 分）

- ( B ) 1 将光限制在有包层的光纤纤芯中传播的原理是：  
A、光纤塑料涂覆层的反射；  
B、芯-包层界面上的全反射；  
C、在包层折射边界上的全反射；  
D、折射。
- ( C ) 2 关于光纤中模式性质的描述，**不正确**的是：  
A、横向传播常数  $U$  反映了导模在芯区中的驻波场的横向振荡频率；  
B、横向传播常数  $W$  反映了导模在包层中的消逝场的衰减速度；  
C、简并模的相速度不相同；  
D、不同的模式可有相同的本征值。
- ( B ) 3 光纤通信传输窗口中，损耗最大的是：  
A、1550 nm；  
B、850 nm；  
C、1310 nm；  
D、1600 nm。
- ( D ) 4 光纤的损耗，其中描述**正确**的是：  
A、波长越短，红外本征吸收越强烈；  
B、普通单模光纤的弯曲半径可小于 1cm 时对传输光功率不会造成较大损失  
C、波长越长，损耗越小；  
D、瑞利散射可用作光纤损耗参数的测量。
- ( A ) 5 在光纤中模式与光线的对应关系中，**正确**的是：  
A、导模与约束光线相对应；  
B、泄漏模与折射光线相对应；

- C、辐射模与隧道光线相对应；  
D、TE(TM)模与偏斜光线相对应。

- ( A ) 6 现有一个  $2 \times 2$  定向耦合器，耦合分光比为 30:70，从它的 1、2 端口同时输入同波长功率均为  $P_0$  的光波，则在 1 端口的直通端的光功率为：  
A、 $P_0$ ；  
B、 $0.7P_0$ ；  
C、 $0.3P_0$ ；  
D、 $2P_0$ 。

- ( D ) 7 以下论述**正确**的是：  
A、偏斜光线在行进中始终会与纤轴相交；  
B、SIOF 适宜于传输图像；  
C、GIOF 被称为“反射型光纤”；  
D、平方律分布光纤对近轴子午光纤具有相当好的会聚作用。

- ( B ) 8 关于光纤光栅的说法，**不正确**的是：  
A、长周期光纤光栅的中心波长和光纤的折射率以及折射率调制周期有关；  
B、长周期光纤光栅的光学特性是由向前传输的导模与相向传输的导模耦合的结果；  
C、Brag 光栅是反射型光纤光栅；  
D、Brag 光栅的周期与工作波长处于同一数量级。

- ( A ) 9 主模标号  $P=17$  的模组所包含的 LP 模式数为：  
A、8；  
B、16；  
C、7；  $p=2m+l, m=1,2,3,4,5,6,7,8$   
D、17。

- ( C ) 10 关于自聚焦透镜的描述，**不正确**的是：  
A、 $\sqrt{A}$  反映了透镜对于光线的会聚能力；  $P = \frac{2\pi}{\sqrt{A}} = 2\pi a_1 / \sqrt{2\Delta}$   
B、自聚焦透镜的折射率分布是渐变的；  
C、0.23P 的耦合透镜可对光线进行角向压缩和光斑压缩；  
D、0.25P 的自聚焦透镜可以对光线进行准直。

- ( D ) 11 哪种方法不能减少光纤中传播的模式：  
A、增大入射波长  $\lambda_0$ ；  
B、减小光纤芯径  $a$ ；  
C、减小光纤的折射率差  $\Delta$ ；  
D、增大数值孔径 NA。

( A ) 12 数值孔径 NA 是光纤的一个重要参数，以下说法**不正确**的是：

- A、NA 越大，光源与光纤的耦合效率越低；
- B、NA 越大，光纤的收光能力越大；
- C、NA 只决定于光纤的折射率，与光纤几何尺寸无关；
- D、测量 NA 的方法有折射近场法和远场法。

NA测量  
折射近场法  
远场法

( D ) 13 以下哪个不是光无源器件：

- A、光纤耦合器；
- B、光纤光栅；
- C、自聚焦透镜；
- D、光纤放大器。

( C ) 14 关于各种光纤的说法，**不正确**的是：

- A、保偏光纤是具有保持偏振态能力的光纤；
- B、掺铒光纤能在 1530-1570nm 波段内实现光信号的放大；
- C、色散位移光纤是通过改变材料色散来达到移动零色散点的目的；
- D、光子晶体光纤能够设计成无截止单模传输。

掺铒光纤放大器可以覆盖整个C波段

增益不平坦是因为铒离子的受激吸收和受

激发截面因信号光波长而异

改变波导色散（负值）来移动色散零点

调整a、Δ、g

( B ) 15 以下说法**不正确**的是：

- A、切断法具有较高的测试精度，误差可低于 0.1dB；
- B、光纤外部损耗因子主要包括纤芯半径，相对折射率差和折射率分

布参数；

- C、OTDR 的原理是基于背向散射法；
- D、在光纤端面之间充以折射率匹配可大大减少菲涅尔反射损耗。

连接损耗：

内部损耗因子：光纤纤芯结构差异

外部损耗因子：光纤接续质量

## 二、简答题（每小题 5 分，共 20 分）

1. 简述什么是单模光纤。

单模光纤是指在光纤中只能稳定传播一种导模的光纤，高阶模都被截止。其纤芯很细（一般为9或10微米）。判断是否为单模光纤可以用归一化截止频率，若归一化截止频率小于基模最相邻高阶模归一化截止频率，则只存在基模，即单模光纤。

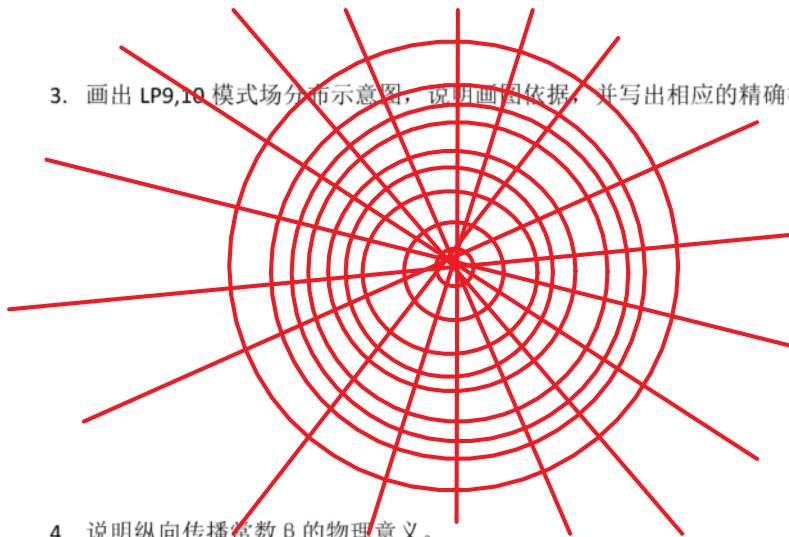
2. 简述光纤波导色散与光纤折射率分布参数 g 的关系。

2. 简述光纤波导色散与光纤折射率分布参数 g 的关系。

答：折射率分布参数 g 越大，则光纤波导色散越大。因为光纤波导色散与相对折射率差 Δ 和归一化频率 V 成正比，当 g 越大时，Δ 和 V 越大，则光纤波导色散越大。

$$\bar{V} = V \sqrt{1 + \frac{2}{g}}$$

3. 画出 LP<sub>9,10</sub> 模式场分布示意图，说明画图依据，并写出相应的精确模。



$$\cos(\phi l) = 0$$

$$\phi l = k\pi + \pi/2$$

注意存在初始角

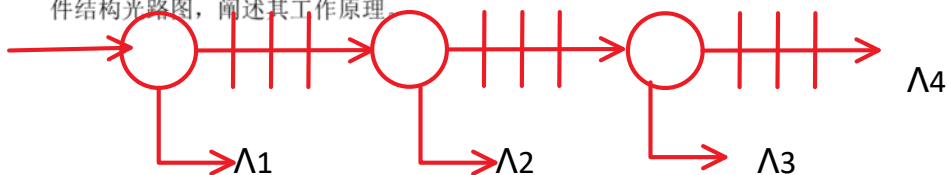
4. 说明纵向传播常数  $\beta$  的物理意义。

纵向传播常数表示光纤中某一模式沿轴向的相速度，为轴向单位长度的相位变化。

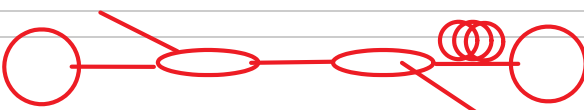
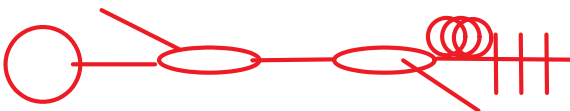
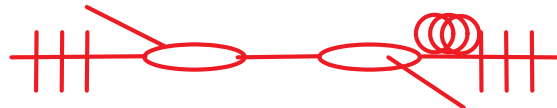
答：纵向传播常数是与本征解相对应的本征值，其意义是导模的相位在  $z$  轴单位长度上的变化量，即  $\beta$  是波矢  $K$  在  $z$  轴上的投影。也可以说  $\beta$  是等相位面沿  $z$  轴方向的空间变化率。导模的  $\beta$  的值是分立的，即每一个  $\beta$  值代表着一个导模（有时，几个导模具有相同的本征值，称之为简并）。

### 三. 设计题（每题 10 分，共 20 分）

1. 设计一个波长解复用器，将 4 个波长  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ ，分离出来，并画出器件结构光路图，阐述其工作原理。



2. 给出以下器件：光纤光栅、980/1550nm 的 WDM、光纤环形镜、光纤耦合器，试设计出至少三种类型的光纤激光器，并画出结构图。



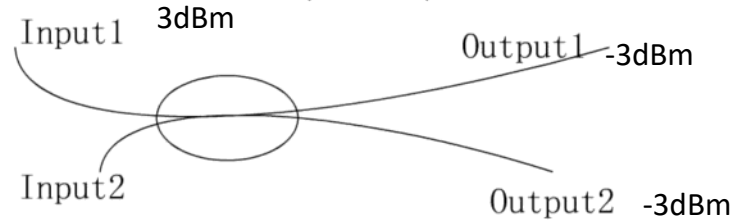
### 四. 计算题（每题 10 分，共 30 分）

1. X 型光纤耦合器如图所示，若从 Input1 端口注入光功率为 3dBm，Output 1 端口的输出功率为 -3dBm，Output 2 端口输出的为 0.5mw，求（1）耦合器的分光



#### 四. 计算题 (每题 10 分, 共 30 分)

1. X 型光纤耦合器如图所示, 若从 Input1 端口注入光功率为 3dBm, Output 1 端口的输出功率为 -3dBm, Output 2 端口输出的为 0.5mw, 求 (1) 耦合器的分光比 (2) 耦合器的附加损耗; (3) 从 Input1 到 Output 2 端口的信道插入损耗。



(1) 1:1

(2) power\_input = 2mW

(3) 插入损耗 6dB

power\_output1 = power\_output2 = 0.5mW

a = 3dB

2. 一阶跃型光纤纤芯半径  $4\mu\text{m}$ ,  $n_1=1.6$ , 相对折射率差为 0.005, 求: (1) 该光纤的数值孔径及单模工作条件下的截止波长; (2) 若传输波长为  $1.3\mu\text{m}$ , 写出该光纤中传输的精确模式。

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} = 0.16$$

$$V = 3.093$$

$$V_c = \frac{2\pi}{\lambda_c} a NA = 2.405$$

$$HE_{11}/TE_{01}/TM_{01}/HE_{21}$$

$$\lambda_c = 1.672\mu\text{m}$$

3. 两根单模光纤的纤芯折射率均为 1.5, 模场半径分别为  $1\mu\text{m}$  和  $3\mu\text{m}$ 。两根光纤连接时中间有少段空气填充的空隙。求 (1) 计算模场半径失配引起的损耗; (2) 试提出减小菲涅尔损耗的方法。

一个面上的菲涅尔损耗:

$$\Gamma_{gap} = -10 \log_{10} \frac{4n_g n_{co}}{(n_g + n_{co})^2}$$

$$= 0.177$$

$$\Gamma_w = -10 \log_{10} \left[ \frac{4W_T^2 W_r^2}{(W_T^2 + W_r^2)^2} \right] + \Gamma_{gap}$$

$$= 4.437\text{dB} + 0.177\text{dB} \times 2$$

$$= 4.791\text{dB}$$

注意一个连接点, 要有两个菲涅尔损耗

填充折射率匹配液

## 可能用到的公式和数据：

$\pi$  取 3.14     $\log_{10}2=0.30$      $\log_{10}3=0.48$

零阶贝塞尔函数前三个根：2.405， 5.520， 8.654；

一阶贝塞尔函数前三个根：0， 3.823， 7.016；

二阶贝塞尔函数前三个根：5.136， 8.417， 11.620；

$$\tau_g = \frac{1}{V_g} = \frac{d\beta}{d\omega} = \frac{d\beta}{cdk_0}$$

$$\chi^2 = \omega^2 \varepsilon \mu - \beta^2 = n^2 k_0^2 - \beta^2$$

$$U = a\chi_1 = \sqrt{n_1^2 k_0^2 - \beta^2} \cdot a$$

$$\beta = nk_0 \cos \theta_z \quad \lambda_m = (n_{eff}^{co} - n_{eff}^{cl,m}) \Lambda$$

$$W = -ia\chi_2 = \sqrt{\beta^2 - n_2^2 k_0^2} \cdot a$$

$$NA = n_i \sin \theta_{im} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = n_i \sqrt{2\Delta}$$

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \approx \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$M = \frac{g}{2(g+2)} V^2$$

$$\sqrt{A} = \sqrt{2\Delta}/a_i$$

$$V = k_0 a \sqrt{n_1^2 - n_2^2} = \frac{2\pi a}{\lambda_0} n_1 \sqrt{2\Delta}$$

$$\bar{n}^2 (dr/dz)^2 = n^2(r) - \bar{l}^2/r^2 - \bar{n}^2 = g(r)$$

$$\sin \theta_p = \sqrt{2\Delta} (p/P)^{g/(g+2)}$$

$$P_{out}(r) = P_{out}(0) [1 - (r/a)^g]$$

$$B = \Delta n_{eff} = \Delta \beta / k_0$$

$$\Delta \tau_m = \frac{L \Delta n_1^2}{c n_2}$$

$$k = \omega \sqrt{\varepsilon \mu} = \omega / V_p = 2\pi / \lambda = nk_0$$

$$\begin{bmatrix} r \\ t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & t' \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\sqrt{A}L) & \sin(\sqrt{A}L)/(n_0\sqrt{A}) \\ -n_0\sqrt{A}\sin(\sqrt{A}L) & \cos(\sqrt{A}L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_0 \\ t_0 \end{bmatrix}$$

$$a_b = NA_f / [n_0 \sqrt{A} \sin(\sqrt{A}L)] + a_f \cos(\sqrt{A}L)$$

$$\theta_b = \sin^{-1} [-a_f \sin(\sqrt{A}L) n_0 \sqrt{A}]$$

$$\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2 - \frac{2\pi}{\Lambda} = 2\beta - \frac{2\pi}{\Lambda}$$

$$\delta = (1/2)(\beta_2 - \beta_1) = (1/2)k_0[n_2(\lambda) - n_1(\lambda)]$$

$$T_{ij} = P_j / P_i \quad \alpha = -10 \log \left[ \left( \sum_{j=1}^N P_j \right) / P_i \right]$$

$$\alpha = -10 \log(P_j / P_i) = -10 \log(T_{ij})$$

$$\alpha = -10 \log_{10} \left( \frac{P_{out}}{P_m} \right)$$

(dB)

$$I = -10 \log_{10} \left( \frac{P'_{out}}{P'_m} \right)$$

(dB)

$$I_b = -10 \log_{10} \left( \frac{P'_{back}}{P'_m} \right)$$

(dB)

$$\Delta \tau_n = -\frac{\lambda_0}{c} \cdot \frac{d^2 n}{d\lambda^2} \cdot \delta \lambda$$

$$\Gamma_{\epsilon_0} = 4.34 \left( \frac{r_0}{W} \right)^2$$

$$\Gamma_{z_0} = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{1 + \left( \frac{z_0}{k_g W^2} \right)^2} \right] + \Gamma_{gap} \quad k_g = 2\pi n_g / \lambda_0$$

$$\Gamma_{gap} = -10 \log_{10} \frac{4n_g n_{co}}{(n_g + n_{co})^2} (dB)$$

$$\Gamma_{\theta_0} = 4.34 \left( \frac{k_g W}{2} \right)^2 \sin^2 \theta_i + \Gamma_{gap}$$

$$\theta_i = \left( 1 - \frac{n_{co}}{n_g} \right) \theta_c$$

$$\Gamma_W = -10 \log_{10} \left[ \frac{4W_T^2 W_R^2}{(W_T^2 + W_R^2)^2} \right] + \Gamma_{gap}$$