

# 华中科技大学光学与电子信息学院考试试卷(A 卷)

2014 ~2015 学年度第 2 学期

课程名称: 光纤光学 考试年级: 2012

考试时间: 2015 年 5 月 25 日 考试方式: 闭卷

学生姓名                      学号                      专业班级                     

题号	一	二	三	四	总分
题分	30	25	15	30	100
得分					

## 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 制备低损耗的通信光纤，应采用以下哪种方法：  
A、通过对纤芯材料的掺杂，使折射率增加，而包层材料不掺杂；  
B、通过对包层材料的掺杂，使折射率减少，而纤芯材料不掺杂；  
C、通过对纤芯和包层材料同时进行掺杂；  
D、通过对纤芯材料进行铒离子的掺杂，制作成掺铒光纤。
- ( C ) 2 以下关于光纤的说法，哪一种是错误的：  
A、光纤作为光波导，能充分约束光的横向传播，纵向实现低损耗的传输；  
B、光纤在敷设中一定要注意防水，以降低传输损耗和增强耐用性；  
C、光纤可在任何的环境温度下使用。  
D、光纤弯曲必将导致损耗，因此在使用过程中光纤应避免弯曲。
- ( D ) 3 光作为一种电磁波，在光纤的纤芯包层的界面上应满足以下条件：  
A、E、H 的法向分量与 D、B 的切向分量均连续；  
B、E、D 的切向分量与 H、B 的法向分量均连续；  
C、E、D 的法向分量与 H、B 的切向分量均连续；  
D、E、H 的切向分量与 D、B 的法向分量均连续。
- ( A ) 4 有关  $HE_{11}$  模，以下论述错误的是：  
A、仅仅在单模光纤中传输的模式；  
B、在阶跃折射率分布的光纤中唯一不能截止的模式；

- C、在阶跃折射率光纤速度最快的模式；
- D、它是一种椭圆偏振光。

( D ) 5 以下哪种波长的光可在掺铒光纤放大器中获得放大：

- A、1480nm；
- B、1310nm；
- C、980nm；
- D、1545nm。

( D ) 6 以下哪种光纤是非零色散位移光纤：

- A、G.651；
- B、G.652；
- C、G.653；
- D、G.655。

( B ) 7 已知  $V=12$ ，则 SIOF 光纤中支持传输的模式总数近似为：

- A、80；
- B、70；
- C、60；
- D、50。

( A ) 8 现有一个  $2 \times 2$  定向耦合器，耦合分光比为 70:30，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 端口的直通端输出的光功率为：

- A、 $P_0$ ；
- B、 $0.7P_0$ ；
- C、 $0.3P_0$ ；
- D、 $2P_0$ 。

( A ) 9 TE 与 TM 模具有相同的截止条件，即：

- A、 $J_0 = 0$ ；
- B、 $J_1 = 0$ ；
- C、 $J_{l-2} = 0$ ；
- D、 $J_{l-1} = 0$ 。

( C ) 10 有关光纤弯曲，下面论述**错误**的是：

- A、光纤弯曲越强烈，损耗越大；
- B、光纤的模场半径越大，弯曲损耗越大；
- C、光纤的截止波长越大，弯曲损耗越大；
- D、光纤中的光场伸展越远，弯曲损耗越大。

- ( D ) 11 下列光源与光纤耦合时，通过透镜变换的方法不会改善耦合效率的是：  
A、 半导体激光器；  
B、 输出准直光束的固体、气体激光器；  
C、 空间辐射角为  $360^\circ$  的朗伯点光源；  
D、 空间辐射角为  $180^\circ$  的朗伯点光源。
- ( A ) 12 有关光纤光栅，以下说法正确的是：  
A、 Bragg 光纤光栅是反射型光栅；  
B、 啁啾 Bragg 光纤光栅是透射型光栅；  
C、 长周期光纤光栅是导模间的耦合；  
D、 Bragg 光纤光栅是导模与泄漏模间的耦合。
- ( A ) 13 在光时域反射仪 (OTDR) 进行测量的过程中，不能测量的光纤参数是：  
A、 任意光纤长度；  
B、 连接点的位置；  
C、 背向散射功率；  
D、 光纤连接点的损耗。
- ( B ) 14 有关光纤中色散补偿论述**错误**的是：  
A、 通过对光信号预设啁啾的方法，可抑制光纤的脉冲展宽；  
B、 正色散的光纤使光脉冲展宽，而负色散的光纤使光脉冲压缩，所以，负色散的光纤也称为色散补偿光纤；  
C、 啁啾光纤光栅与光环形器可构成色散补偿模块；  
D、 通过正、负色散光纤相连，可抑制无啁啾光脉冲的展宽。
- ( C ) 15 有关光子带隙光子晶体光纤，以下哪种说法是**错误**的？  
A、 光子带隙光子晶体光纤的传导光的原理与普通的光纤不同；  
B、 在光子带隙光子晶体光纤中传导光的波长带宽比普通的光纤窄；  
C、 光子带隙光子晶体光纤可等效成阶跃折射率分布光纤；  
D、 光子带隙光子晶体光纤可拥有多个带隙。

## 二、简答题（每小题 5 分，共 25 分）

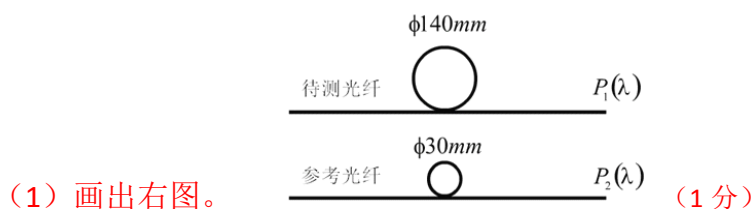
1. 简述长周期光纤光栅实现谐振波长调谐的基本原理。

答题要点：

- (1) 通过拉伸光纤光栅，使光栅周期发生改变。(1 分)
- (2) 通过对光纤光栅加热，使光栅周期发生改变。(1 分)
- (3) 通过对光纤光栅的弯曲，改变光纤光栅中传输的模式。(1 分)
- (4) 通过改变光纤光栅环境的折射率。(2 分)

2. 简述利用功率传导法测量光纤截止波长的方法。

答题要点：



(2) 写出表达式：
$$R(\lambda) = 10 \log \frac{P_1(\lambda)}{P_2(\lambda)} \quad (\text{dB})$$
 (1 分)

- (3) 说明光波长不同时， $R(\lambda)$  的变化。(2 分)



- (4) 画出右图，并说明。

3. 简述自聚焦透镜与平方律光纤、普通球面透镜的异同点。

答题要点：

自聚焦透镜与平方律光纤的异同点：(3 分)

从原理上讲，自聚焦透镜就是一段平方律分布光纤，但  $NA$ 、 $a$  比平方律光纤大；制备工艺不同，自聚焦透镜采用离子交换的方法。

自聚焦透镜与普通球面透镜的异同点：(2 分)

都能实现成像。

自聚焦透镜通过长度、折射率分布来改变成像特性。

普通球面透镜通过改变曲率半径来改变成像特性。

4. 标准单模光纤的损耗分布图中有三个低损耗窗口，造成这样分布的原因是什么？哪个窗口损耗更低，为什么？

答题要点：

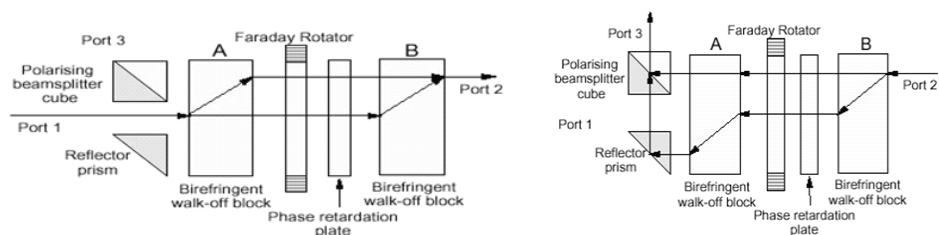
造成三个低损耗窗口的原因是： $OH^-$  的吸收损耗。(2 分)

1550nm 窗口的损耗最低。(1 分)

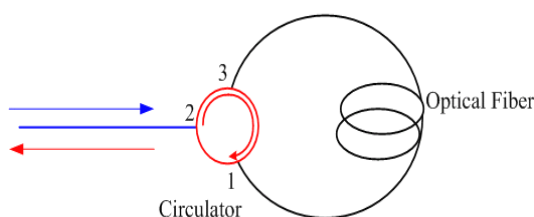
瑞利散射引起的损耗与光波长的四次方成反比。(2 分)

5. 简述三端口光环形器的工作原理，试用三端口光环形器构建光全反射镜，并作图说明。

答题要点：



画出上图，并作简单说明。（3分）



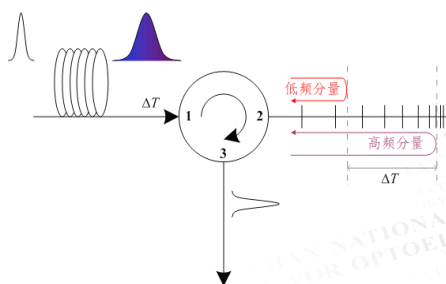
画出上图，并能准确光环形器的端口。（1分）

对上述的全反射镜作简单的描述。（1分）

### 三. 设计题：每小题 5 分，共 15 分

- 设计一种光纤色散补偿模块，要求画出示意图，并简要阐述其工作原理。

答题要点：



画出上图。（3分）

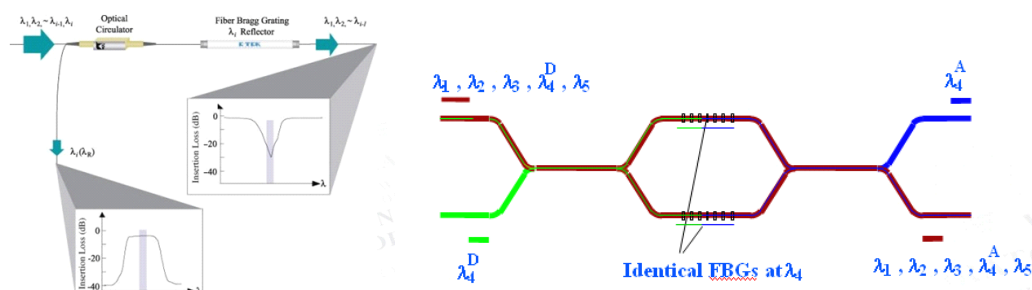
对其中所用的器件进行描述。（2分）

或：

用正负色散光纤接续，可酌情给分。

- 设计一种光分插复用器（OADM），要求画出示意图，并简要阐述其工作原理。

答题要点：

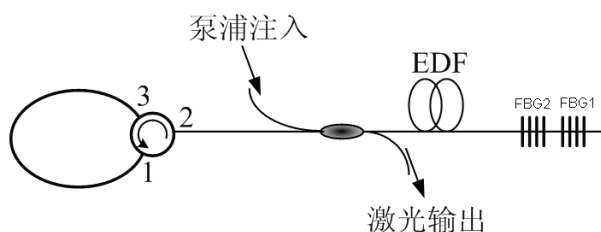


画出上图的其中之一。（3分）

对其中所用的器件进行描述。（2分）

3. 利用《光纤光学》所学的器件，设计一种多波长（波长数>2）的光纤激光器，要求画出示意图，并简要阐述其工作原理。

答题要点：

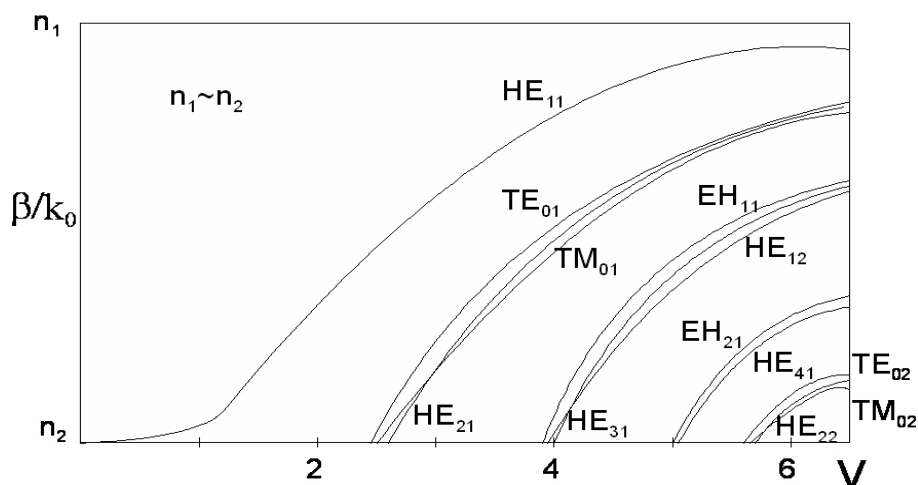


画出双波长激光工作图。(3分)

对其中所用的器件进行描述。(2分)

#### 四. 计算题：每题 10 分，共 30 分

1. 已知阶跃折射率分布光纤的色散曲线如下图所示，且对于 1310nm 的光波恰好是单模光纤，若将一束波长为 632.8nm 的氦氖激光注入至此光纤中，将激励起哪些精确模式传输？若该光纤为弱导光纤，又将会激励起哪些线偏振模传输？

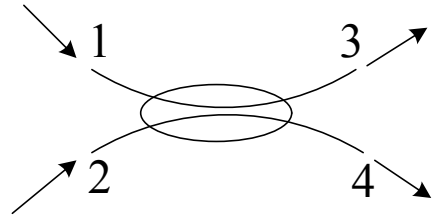


$$V = 4.97$$

精确模式：HE<sub>11</sub> TE<sub>01</sub> TM<sub>01</sub> HE<sub>21</sub> EH<sub>11</sub> HE<sub>12</sub> HE<sub>31</sub> (7分)

线偏振模式：LP<sub>01</sub> LP<sub>11</sub> LP<sub>21</sub> LP<sub>02</sub> (3分)

2. 如下图所示的一个 2×2 定向耦合器，1、2 端口为输入，3、4 端口为输出。从 1 端口输入 200mW，2 端口输入 400mW，时，3、4 端口分别输出 130mW 与 170mW。试计算从 1、2 端口分别输入 3dBm 与 -7dBm 时，3、4 端口分别输出的光功率为多少？（要求写出计算过程，否则不给分！）



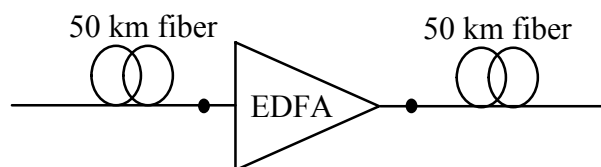
该耦合器的传输损耗为 3dB; (2 分)

3、4 端口分别输出的光功率为 0.73mW 和 0.37mW。(8 分)

3. 如下图所示的应用于 1550nm 的密集波分复用 (DWDM) 光纤放大器系统, DWDM 信道间的频率间隔为 50GHz, 光纤的损耗为 0.2dB/km, 光纤与放大器间连接损耗为 1dB, 两者对所有的 WDM 信道均相同。若放大器的增益线型可近似为:

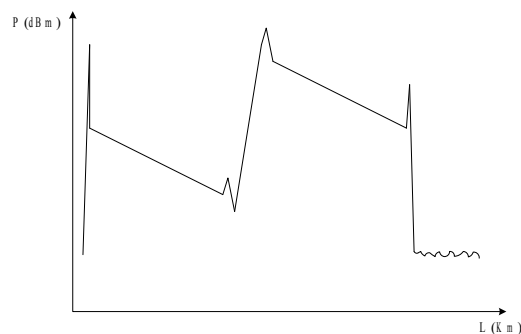
$$G(\lambda) = 44 \cdot \cos\left(\frac{(\lambda - 1550(nm))\pi}{12(nm)}\right) (dB)$$

(1) 当 EDFA 的增益恰好弥补系统的损耗时, 求该 DWDM 系统中传输的波长数目; (2) 若用 OTDR 对系统进行测量, 试画出测得曲线图。



(1) 该 DWDM 系统中传输的波长数目为 21 个。(7 分)

(2) 画出 OTDR 图, 能反映其中有增益的区域。(3 分)



## 可能用到的公式和数据：

$\Pi$  (PI) 取 3.14

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；

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Delta \tau_m = \frac{L \Delta n_1^2}{cn_2}$$

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

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

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

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

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

$$\eta_s = \sin^2(KL)$$

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

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

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

$$\alpha = -10 \log_{10} \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (\text{dB})$$

$$I = -10 \log_{10} \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \quad (\text{dB})$$



$$I_b = -10 \log_{10} \left( \frac{P_{back}}{P_{in}} \right) \quad (\text{dB}) \quad \Delta \tau_n = -\frac{\lambda_0}{c} \cdot \frac{d^2 n}{d\lambda^2} \cdot \delta \lambda$$