

## 光纤通信技术试题

### 第一篇：光纤通信技术试题

1. 什么是弱导波光纤？为什么标量近似解法只适用于弱导波光纤？
2. 请简述阶跃型折射率分布光纤和梯度型折射率分布光纤的不同导光原理
3. 试证明：阶跃型光纤的数值孔径为什么等于最大射入角的正弦？
4. 数值孔径的定义是什么？请用公式推导出其计算式： $NA = n_1 \sin \theta_1$
5. 光纤色散有哪几种？它们分别与哪些因素有关？
6. 为什么说采用渐变型光纤可以减少光纤中的模式色散？
7. 如何解释光纤中的模式色散、材料色散及波导色散？
8. 光与物质间的作用有哪三种基本过程？说明各具有什么特点？
9. 什么是激光器的阈值条件？
10. 简述半导体的光电效应？
11. 光纤通信系统都有哪些噪声？
12. 请写出费米分布函数的表达式，并说明式中各符号的含义。
13. 什么是量子噪声？形成这一噪声的物理原因是什么？
14. 什么是模分配噪声？它是如何产生的？
15. 请写出误码率的三种性能分类及定义。
16. 什么是接收灵敏度和动态范围，它们之间的表示式是什么？
17. 什么是码间干扰？其产生的原因是什么？
18. 什么是可靠性？什么是可靠度？它们之间的区别是什么？
19. 请用公式推导出串联系统总的故障率等于各部件故障率之和。
20. 抖动容限的指标有几种？并说明其含义？
21. 光波分复用通信技术的特点有哪些？光纤 WDM 与同轴电缆 FDM 技术不同点有哪些？
23. 什么是光通信中的斯托克斯频率？
24. 什么是光通信中的受激拉曼散射？
25. 在理论上，光通信中的克尔效应能够引起哪些不同的非线性效应？
26. 简述光纤通信中激光器直接调制的定义、用途和特点。
27. 什么是光纤色散？光纤色散主要有几种类型？其对光纤通信系统有何影响？
28. 分别说明 G. 652 G. 653 光纤的性能及应用。
1. 当光纤中纤芯折射率  $n_1$  略高于包层折射率  $n_2$ ，它们的差别极小

时，这种光纤为弱导波光导纤维。在弱导波光导纤维中，由于

$n_2 < n_1$ ，在光纤中形成导波时，光射线的入射角  $\theta_1$  应满足的  $n_1 > n_2$  全反射条件为  $90^\circ > \theta_1 > \theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1}$

$n_2$ ，由此可得  $\theta_1 \rightarrow 90^\circ$ ，亦即在弱导波光导纤维中，光射线几乎与光纤轴平行。从波动理论讲，导波是均匀平面波，即  $E$  和  $H$  与传播方向（光射线指向）垂直，故弱导波光导纤维中的  $E$  和  $H$  分布是近似 TEM 波。其横向场的极化方向不变。由于  $E$ （或  $H$ ）近似在横截面上，且空间指向基本不变，这样就可把一个大小和方向都沿传输方向变化的  $E$ （或  $H$ ）变为沿传输方向其方向不变的标量  $E$ （或  $H$ ），它将满足标量的亥姆霍兹方程，进而求出弱导波光导纤维的近似解，这种方法称为标量近似解法。

2. 阶跃光纤中入射光线在纤芯和包层分界面上发生全反射，从而在纤芯中沿之字形的曲折路径前进，实现光的传输。

非均匀光纤中入射光线按折射定律在纤芯中传输到某一点时发生全反射，折向光纤轴线，从而以曲线形式在光纤中传输。

3. 当光射线从空气射向光纤端面时，发生折射，满足折射定律  $n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1$ ，此光线在纤芯中沿  $z$  角方向前进，此光线若能在纤芯中传输，则需满足全反射条件，即

$$\theta_1 \geq \theta_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} \quad \text{又因为 } \theta_z = 90^\circ - \theta_1$$

1 所以可得  $\sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_c = \frac{n_1 n_2}{n_0}$

$\sin \theta_0 \leq \frac{n_1 n_2}{n_0}$ ，由此可见，有  $\sin \theta_0 \leq \frac{n_1 n_2}{n_0}$ ，只要光射线的射入角  $\theta_0 \leq \theta_{\max}$ ，此光线就可在纤芯中形成导波，也即这些光线被光纤捕捉到了。而反映这种捕捉光线能力的物理量就定义为数值孔径，所以数值孔径等于最大射入角的正弦。

4. 数值孔径是用来表示光纤收集光线的能力的。  $NA = n_0 \sin \theta_{\max}$

见教材 P30，图 2-6  $n_0 \sin \theta_0 = n_1 \sin \theta_1$

$$\theta_1 \geq 90^\circ - \theta_c$$

若发生全反射， $\theta_1$  至少应等于  $\theta_c$ ，所以  $\theta_1 \geq 90^\circ - \theta_c$ ，此时对应入射角  $\theta_0 = \theta_{\max}$ ，  $NA = n_0 \sin \theta_{\max} = n_1 \cos \theta_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$  因为

$$\sin^2 \theta_c = \frac{n_2^2}{n_1^2} \quad \text{所以 } NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

5. 光纤的色散有材料色散、波导色散和模式色散。

材料色散由光纤材料的折射率随频率的变化而变化引起的。

波导色散由模式本身的群速度随频率的变化而变化引起的。

模式色散由光纤中的各模式之间的群速度不同而引起的。6.渐变型光纤纤芯折射率随  $r$  的增加按一定规律减小，即  $n_1(r)$  则就有可能使纤芯中的不同射线以同样的轴向速度前进，产生自聚焦现象，从而减小光纤中的模式色散。

7.材料色散是由于材料本身的折射率随频率而变化，使得信号各频率成份的群速不同引起的色散。

波导色散是对于光纤某一模式而言，在不同的频率下，相位常数  $\beta$  不同，使得群速不同而引起的色散。模式色散是指光纤不同模式在同一频率下的相位常数  $\beta$  不同，因此群速不同而引起的色散。

8.自发辐射、受激辐射、受激吸收

自发辐射：可自发光，是非相干光，不受外界影响。

受激辐射：吸收外来光子能量，发相干光，产生全同光子，产生光放大。

受激吸收：吸收外来光子能量，不发光。

9.为了补偿激光器内光学谐振腔存在的损耗，使激光器维持稳定的激光输出需要满足的振幅平衡条件，就是阈值条件。10.光照射到半导体的 P-N 结上，使半导体材料中价带电子吸收光子的能量，从价带越过禁带到达导带，在导带中出现光电子，在价带中出现光空穴，总称光生载流子。光生载流子在外加负偏压和内建电场的共同作用下，在外电路中出现光电流，这就实现了输出电信号随输入光信号变化的光电转换作用。11.量子噪声，光电检测器噪声、雪崩管倍增噪声，光接收机中的热噪声，晶体管噪声。12.  $f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E - E_f)/kT}}$

式中  $f(E)$ ——费米分布函数，即能量为  $E$  的能级被一个电子占据的几率。 $E$ ——某一能级的能量值。 $k$ ——波尔兹曼常数， $k = 1.38 \times 10^{-23}$

2

$3J/K$   $T$ ——绝对温度  $E_f$ ——费米能级

13.由于光波的传播是由大量光子传播来进行的。这样大量的光量

子其相位和幅度都是随机的。因此，光电检测器在某个时刻实际接收到的光子数是在一个统计平均值附近浮动，因而产生了噪声。这就是量子噪声，这就是量子噪声，这也是量子噪声的形成原因。

14. 高速率的激光器，其谱线呈现多纵模谱线特性，而且各谱线的能量呈现随机分配。因而单模光纤具有色散，所以激光器的各谱线（各频率分量）经光纤传输之后，发生不同的延时，在接收端造成脉冲展宽。又因为各谱线的功率呈现随机分布，因此当它们经过上述光纤传输后，在接收端取样点得到取样信号就会有强度起伏，至此引入了附加噪声，这种噪声就称为模分配噪声，这也是模分配噪声产生的原因。

15. 劣化分：1 分钟的误码率劣于  $1 \times 10^{-6}$  严重误码秒：1 分钟内误码率劣于  $1 \times 10^{-6}$

6。

3 误码秒：1 秒内出现误码。

16. 所谓接收灵敏度是指满足给定误码率（BER）的条件下，光端机光接口 R 的最小平均光功率电平值。

所谓动态范围是指在满足给定误码率的条件下，光端机输入连接器 R 点能够接收的最大功率电平值  $L_R$  与最小功率电平值  $L_R$ （即接收灵敏度）之差。 $D = L_R - L_R$

17. 由于激光器发出的光波是由许多根线谱构成，而每根谱线的传播速度不同，因而前后错开，使合成的波形的宽度展宽，出现拖尾，造成相邻两光脉冲之间的相互干扰，这种现象称为码间干扰。这也是码间干扰产生的原因。

18. 可靠性是指产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。可靠度是指产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的概率。可靠性对产品做出了定性的分析，它反映了总的性能，可靠度对产品做出了定量的分析，它反映出一种数量特性。

19. 若光纤数字通信系统由几个部分串联而成，系统的可靠度表示为：

$R_S = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$

式中  $R_1, R_2, \dots$  分别是串联系统中  $n$  个部分的可靠度。

$$R_S = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} = e^{-\lambda_1 t - \lambda_2 t - \dots - \lambda_n t} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)t}$$

由上式可见，系统总的故障率等于各串联部件故障率之和。

20. 抖动容限的指标分为输入抖动容限和无输入抖动时的最大输出抖动容限。

输入抖动容限是指光纤通信系统（或设备）允许输入脉冲存在抖动的范围。

无输入抖动时的最大输出抖动容限是指输入信号无抖动的情况下，光纤通信系统（或设备）输出信号的抖动范围。

21. ①光波分复用器结构简单、体积小、可靠性高

②不同容量的光纤系统以及不同性质的信号均可兼容传输

③提高光纤的频带利用率

④可更灵活地进行光纤通信组网 ⑤存在插入损耗和串光问题

22(1) 传输媒质不同，WDM 系统是光信号上的频率分割，同轴系统是电信号上的频率分割利用。

(2) 在每个通路上，同轴电缆系统传输的是模拟信号 4kHz 语音信号，而 WDM 系统目前每个波长通路上是 2.5Gbit/s SDH 或更高速率的数字信号系统。

23 当一定强度的光入射到光纤中时，会引起光纤材料的分子振动，低频边带称斯托克斯线，高频边带称反斯托克斯线，前者强度强于后者，两者之间的频差称为斯托克斯频率

24 当两个频率间隔恰好为斯托克斯频率的光波同时入射到光纤时，低频波将获得光增益，高频波将衰减，高频波的能量将转移到低频波上，这就是所谓的受激拉曼散射(SRS)。

25 在理论上，克尔效应能够引起下面三种不同的非线性效应，即自相位调制(SPM)、交叉相位调制(XPM)和四波混频(FWM)。

26 直接调制：即直接对光源进行调制，通过控制半导体激光器的注入电流的大小，改变激光器输出光波的强弱，又称为内调制。传统

的 PDH 和 2.5Gbit/s 速率以下的 SDH 系统使用的 LED 或 LD 光源基本上采用的都是这种调制方式。直接调制方式的特点是，输出功率正比于调制电流，简单、损耗小、成本低。一般情况下，在常规 G.652 光纤上使用时，传输距离 $\leq 100\text{km}$ ，传输速率 $\leq 2.5\text{Gbit/s}$ 。

27 由于光纤中所传信号的不同频率成分，或信号能量的各种模式成分，在传输过程中，因群速度不同互相散开，引起传输信号波形失真，脉冲展宽的物理现象称为色散。光纤色散的存在使传输的信号脉冲畸变，从而限制了光纤的传输容量和传输带宽。从机理上说，光纤色散分为材料色散，波导色散和模式色散。前两种色散由于信号不是单一频率所引起，后一种色散由于信号不是单一模式所引起。28 G.652 称为非色散位移单模光纤，也称为常规单模光纤其性能特点是：  
(1)在 1310nm 波长处的色散为零。

(2)在波长为 1550nm 附近衰减系数最小，约为 0.22dB/km，但在 1550nm 附近其具有最大色散系数，为 17ps/(nm<sup>2</sup> km)。

(3)这种光纤工作波长即可选在 1310nm 波长区域，又可选在 1550nm 波长区域，它的最佳工作波长在 1310nm 区域。G.652 光纤是当前使用最为广泛的光纤。G.653 称为色散位移单模光纤。色散位移光纤是通过改变光纤的结构参数、折射率分布形状，力求加大波导色散，从而将零色散点从 1310nm 位移到 1550nm，实现 1550nm 处最低衰减和零色散波长一致。这种光纤工作波长在 1550nm 区域。它非常适合于长距离单信道光纤通信系统。

## 第二篇：光纤通信技术试题及答案

### 试题 1

#### 《光纤通信技术》综合测试 1

一、(20 分)填空题：光纤通信的主要优点有、、、和。2 光纤的数值孔径是表示定义式为。光纤损耗的理论极限值是由和一起构成的。

4 激光器由、和三部分组成。

5 光复用技术有：技术、技术、技

术、技术和技术。光接收机的主要指标是和。

二、(30 分)选择题：目前光纤通信所用光波的波长有三个，它

们是：[] A B C D 0.850.800.850.80 1.20、1.51、1.31、1.20、1.80、1.80、1.55、1.70；；。下面说法正确的是：[]

A 光纤通信只能用于数字通信，不能用于模拟通信；

B 光纤通信不能用于数字通信，只能用于模拟通信；

C 光纤通信即可以用于数字通信，也可用于模拟通信；

D 光纤通信不能用于数字通信，也不能用于模拟通信。下面说法正确的是：[]

A 光纤的典型结构是多层同轴圆柱体，自内向外为包层、纤芯和涂覆层；

B 光纤的典型结构是多层同轴圆柱体，自内向外为纤芯、包层和涂覆层；

C 光纤的典型结构是两层同轴圆柱体，自内向外为纤芯和涂覆层；

D 光纤的典型结构是两层同轴圆柱体，自内向外为包层和涂覆层。

4 下面说法正确的是：[]

A 为了使光波在纤芯中传输，包层的折射率必须等于纤芯的折射率；

B 为了使光波在纤芯中传输，包层的折射率必须大于纤芯的折射率；

C 为了使光波在纤芯中传输，包层的折射率必须小于纤芯的折射率；

D 为了使光波在纤芯中传输，包层的折射率必须大于涂覆层的折射率。下面说法正确的是：[]

A 多模光纤指的是传输多路信号；

B 多模光纤可传输多种模式；

C 多模光纤指的是芯径较粗的光纤；

D 多模光纤只能传输高次模。光纤的连接分为：[]

A 固定连接和永久性连接；

B 固定连接和熔连接；

C 固定连接和活动连接；

D 粘连接和熔连接。光合波器是：[]

- A 将多个光波信号合成一个光波信号在一根光纤中传输；
- B 将多路光信号合并成一路光信号在光纤中传输；
- C 将同波长的多个光信号合并在一起耦合到一根光纤中传输；
- D 将不同波长的多个光信号合并在一起耦合到一根光纤中传输。

前向泵浦掺铒光纤放大器是：

- A 表示泵浦光比信号光稍前进入掺铒光纤；
- B 表示两个泵浦光从两个相同方向进入掺铒光纤；
- C 表示信号光比泵浦光稍前进入掺铒光纤；
- D 表示信号光和泵浦光同向进入掺铒光纤。下面说法中正确的是：

- A 光发信机是实现光/电转换的光端机；
- B 光发信机任务是把模拟信号转为数字信号；
- C 光发信机是由光源、驱动器和调制器等组成；
- D 光发信机任务是把光信号耦合到光纤或光缆去传输。光纤单模

传输条件，归一化频率  $V$  应满足：

- A  $V > 2.405$  B  $V < 2.405$  C  $V > 3.832$  D  $V < 3.832$

三、（30 分）简答题：

- 1、请画出光纤的折射率分布图并写出折射率的分布函数表达式。
- 2、试画出光发送机的构成方框图并写出各部分的主要作用。
- 3、分析说明 LD 的工作原理，并画出它的结构图。

四、（20 分）计算题：

均匀光纤纤芯与包层的折射率分别为  $n_1=1.5$ ,  $n_c=1.485$  试计算：

- (1) 光纤纤芯与包层的相对折射率差  $\Delta$  为多少？
- (2) 光纤的数值孔径 NA 为多少？
- (3) 如果去掉光纤的包层和涂敷层，求裸光纤的  $\Delta$  和 NA 分别为多少？
- (4) 在 1m 长的光纤上，由于子午线的光程差所引起的最大时延差为多少

答案 1

答案



一、填空（每题 1 分。共计 30 分）

- 1、光纤、光端机、光中继机、0、85  $\mu\text{m}$ 、1、31  $\mu\text{m}$ 、1、55  $\mu\text{m}$ 、1、31  $\mu\text{m}$ 、1、55  $\mu\text{m}$ 。
- 2、吸收损耗、散射损耗、模式色散、材料色散、波导色散。
- 3、受激辐射、自发辐射、IM、DD。
- 4、量子噪声、暗电流、热。
- 5、活动连接器、光分路/合路器、光波分复用/解复用器、光耦合器、光隔离器等。
- 6、映射、定位、复用、TM、ADM、DXC、REG。

二、名词解释（每题 2 分。共计 4 分）

- 1、严重误码秒，一秒内平均误码率超过  $10\text{E}-3$ 。
- 2、光源在收到全“1”码时的平均发送光功率与收到全“0”码时的平均发送光功率的比值。

三、判断题（每题 2 分。共计 10 分）

- 1、×
- 2、×
- 3、×
- 4、×
- 5、√

四、简答题（每题 6 分。共计 18 分）

- 1、见教材。

五、计算题（共计 38 分）

- 1、①  $n_1 = 1.51$  ②  $NA = 0.22$  ③  $250\text{ns}$  ④  $0.882$
- 2、①  $174.0896\text{Mb/s}$  ②  $120$  ③  $1088\text{kb/s}$
- 3、 $-30\text{dBm}$ 、 $20\text{dB}$ 、 $52\text{km}$ 。

第三篇：光纤通信技术模拟试题

《光纤通信技术》模拟试题

一、填空（共 10 题，每题 3 分）

- 1、目前，实用光纤的三个低损耗窗口在、 、 附近。
- 2、在非均匀光纤中， 处的折射率最大，因而此处的达到最大值，即表示该点捕捉光线的的能力最。
- 3、导波的径向归一化相位常数  $U$  是表明， 而波导的径向归一化衰减常数  $W$  是表明。
- 4、激活物质是指。
- 5、接收灵敏度的定义是。
- 6、网络节点接口是指。
- 7、光波分复用是指。
- 8、光纤数字传输系统的抖动定义是，抖动的程度目前大多用来表示，其符号为。
- 9、掺铒光纤放大器的工作波长范围在， 与光纤的窗口一致。
- 10、现有接入 MSTP 平台的多业务包括、 和以太网业务。

二、选择题：（共 5 题，每题 2 分）

- 1、反射定律表明了和之间的关系。
  - (a) 入射波、反射波 (b) 反射波、入射波
  - (c) 折射波、反射波 (d) 入射波、折射波
- 2、非零色散单模光纤的零色散点  $1.55 \mu m$ ， 而且色散值较。
  - (a) 等于、大 (b) 不等于、小 (c) 趋于、大 (d) 等于、小
- 3、EDFA 的功率增益与和等因素有关。
  - (a) 光纤色散、光滤波器带宽 (b) 泵浦光功率、光纤长度
  - (c) 光纤时延、隔离器带宽 (d) 光纤衰减、工作频率
- 4、激光器的 P-I 曲线随温度的变化而变化，从而导致
  - (a) 波长 (b) 谱宽 (c) 输出光功率 (d) 频率啁啾
- 5、是指复用器与中继器之间、中继器与中继器之间传输线路。
  - (a) 通道 (b) 耗尽层 (c) 复用段 (d) 再生段

三、画图题：（共 1 题，每题 10 分）

- 1、请画出用 LD 管进行数字信号内调制原理图

四、问答题（共 1 题，每题 15 分）

- 1、什么是弱导波光纤维？为什么标量近似解法只适用于弱导波光纤维？

五、计算题：（共3题,共35分）

1、.已知阶跃型光纤的  $n_1=1.5$  ,  $\Delta=0.01$  , 芯子半径  $a=10\mu\text{m}$  , 波长  $\lambda_0=1.5\mu\text{m}$  , 试计算:

(1) 数值孔径 NA (2) 归一化频率 (3) 入射光线的激励角范围

2、已知光功率为  $2.4\text{mw}$  , 光波频率为  $10^{15}\text{Hz}$  , 求单位时间传播的光子数。

3、有  $622\text{Mbit/s}$  速率的单模光缆传输系统, 应用 InGaAs-LD , 其  $I_t < 50\text{mA}$  , 标称波长为  $1310\text{nm}$  , 光谱宽度为  $2\text{nm}$  , 发送光功率为  $-2.3\text{dBm}$  , 接收灵敏度为  $-38\text{dBm}$  , 动态范围  $\geq 20\text{dB}$  。采用的光缆其固有损耗为  $0.3\text{dB/km}$  , 接头损耗为  $0.1\text{dB/km}$  , 光连接器衰减为  $1\text{dB}$  , 光纤色散系数  $\leq 2.0\text{ps/nm}\cdot\text{km}$  , 光纤富余度为  $0.1\text{dB/km}$  。若考虑  $1\text{dB}$  色散代价 ( $\epsilon$  取  $0.115$ ) ,  $5\text{dB}$  设备富余度, 试计算在系统设计时, 最大中继距离为多少?

《光纤通信技术》模拟试题答案

一、填空 (30 分)

1、  $0.85\mu\text{m}$ 、  $1.31\mu\text{m}$ 、  $1.55\mu\text{m}$ 、  $1.55\mu\text{m}^2$ 、  $r=0$ , 本地数值孔径, 强

3、在纤芯中, 导波沿径向场的分布规律, 在纤芯包层中, 场的衰减规律

4、可以处于粒子数反转分布状态的物质

5、在保证接收机达到给定的误码率或信噪比指标条件下, 光接收机所需要的最低的输入平均光功率  $P_{\text{min}}$  。

6、表示网络节点之间的接口

7、将两种或多种各自携带有大量信息的不同波长的光载波信号, 在发射端经复用器汇合, 并将其耦合到同一跟光纤中进行传输, 在接收端通过解复用器对各种波长的光载波信号进行分离, 然后由光接收机做进一步的处理, 使原信号复原。

8、数字信号的有效瞬间, 与其理想时间位置的短时间偏离, 数字周期,  $UI_9$ 、  $1.53\sim 1.56\mu\text{m}$ , 最小衰减

10、ATM 和 TDM 业

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/057004161005010003>