

光纤通信原理

高等教育自学考试同步辅导 / 同步训练

全国高等教育自学考试指定教材辅导用书

张金莉 / 主编

计算机通信工程专业 (独立本科段)

F E B



全国高等教育自学考试指定教材辅导用书

高等教育自学考试同步辅导/同步训练

光纤通信原理

主 编 张金菊

东方出版社

责任编辑:任 方
封面设计:田 健
责任校对:肖红卫
组 稿:李三三

图书在版编目(CIP)数据

光纤通信原理

张金菊 主编

北京:东方出版社,2000.10

ISBN 7-5060-1401-7

I. 光…

II. 张…

III. 光缆通讯—高等教育—自学考试—自学参考资料

IV. TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第 72165 号

东方出版社出版发行

100706 北京朝阳门内大街 166 号

北京新丰印刷厂印刷

开本:880×1230 毫米 1/32 印张:5.25 字数:150 千字

版次:2000 年 10 月第一版 2000 年 10 月第一次印刷

印数:1—10000 册

定价:10.00 元

前 言

《光纤通信原理》是全国高等教育自学考试计算机通信工程专业（独立本科段）的一门专业课。为了使学员在自学过程中检测自己掌握课程内容的程度，特编写了本课程的“同步辅导/同步训练”供学员参考。

本书的编写依据是：

1. 全国高等教育自学考试指导委员会颁布的《光纤通信原理自学考试大纲》；
2. 指定教材《光纤通信原理》（张金菊主编，中国人民大学出版社出版）。

本书的编写是以自学考试大纲规定的考核知识点及能力层次为线索，对于每个考核知识点都写明需要掌握的内容和需要了解的内容，根据自学考试中可能出现的题型，按章节顺序编写同步练习，并附有参考答案，全文最后附两套模拟试题。

需要说明的是，根据自考委关于“教考分开”的要求，同步练习和考题无关，学员在自学过程中应主要依据考纲中考核知识点的要求，通过同步练习题检测自己掌握的程度，同时也可作为各地辅导站的教学参考教材。

本书在编写过程中，得到北京邮电大学函授学院高炜烈教授的热情帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，错误、不妥之处难免，请读者批评指正。

编 者

2000年5月

目 录

第一章 概述	(1)
考核知识点解析	(1)
同步练习	(1)
参考答案	(3)
第二章 介质薄膜波导	(6)
考核知识点解析	(6)
同步练习	(7)
参考答案	(11)
第三章 光导纤维和光缆	(19)
考核知识点解析	(19)
同步练习	(22)
参考答案	(30)
第四章 光源和光发射机	(45)
考核知识点解析	(45)
同步练习	(47)
参考答案	(53)
第五章 光电检测器和光接收机	(65)
考核知识点解析	(65)
同步练习	(67)
参考答案	(72)
第六章 光纤通信系统	(81)
考核知识点解析	(81)

同步练习	(83)
参考答案	(90)
第七章 同步数字体系 (SDH)	(104)
考核知识点解析	(104)
同步练习	(105)
参考答案	(108)
第八章 光放大器	(114)
考核知识点解析	(114)
同步练习	(115)
参考答案	(118)
模拟试题 (一)	(124)
模拟试题 (一) 参考答案	(127)
模拟试题 (二)	(132)
模拟试题 (二) 参考答案	(135)
1999 年下半年自学考试试题	(141)
1999 年下半年自学考试试题参考答案	(147)
2000 年上半年自学考试试题	(151)
2000 年上半年自学考试试题参考答案	(158)

第一章 概 述

考核知识点解析

利用光导纤维传输光载频信号的通信方式，就是光纤通信。光波是频率比较高的电磁波，光导纤维是属于介质光波导的范畴。本章主要介绍了光的性质、光通信的特点、光纤通信系统的基本组成。

本章的考核知识点是：

一、光纤通信的基本概念

包括：光波、光通信、光纤通信的概念；光的传播形态的分类；光纤通信与电通信方式的主要差异等。

二、光纤通信的主要优越性

三、光纤通信系统的基本组成

包括：强度调制——直接检波的基本概念；光纤数字通信系统的组成方框图及各部分的主要作用。

同步练习

一、填空题

1. 利用光波作为载频的通信方式，称为_____。
2. 利用光导纤维，传输光载频信号的通信方式，称为_____。
3. 光波属于_____的范畴，包括_____、_____、_____。

4. 电磁波是_____和_____的结合。
5. 在传播方向上没有电场分量和磁场分量, 称为_____, 即_____波。
6. 在传播方向上有电场分量而无磁场分量, 称为_____, 即_____波。
7. 在传播方向上有磁场分量而无电场分量, 称为_____, 即_____波。
8. 光纤通信的主要优点是_____, _____, _____, _____等。
9. 光纤通信与电通信方式的主要差异有两点, 一是_____, 二是_____。
10. 目前实用的光纤通信系统普遍采用的是_____通信系统。
11. 在光纤通信中, 决定中继距离的主要因素是_____和_____。
12. 通常, 用光在光纤中传输每单位长度上的衰减量来表示_____, 单位是_____。
13. 单位长度光纤, 传输带宽的单位是_____。
14. 距离越长, 传输带宽_____, 则通信容量就_____。
15. 目前光纤通信三个实用的低损耗工作窗口是_____, _____、_____。

二、名词解释题

1. 光纤通信
2. 横电磁波
3. 横电波
4. 横磁波
5. 模拟调制
6. 数字调制

三、简答题

1. 根据传播方向上有没有电场分量或磁场分量，可将电磁波的传播形态分为哪几类？
2. 光纤通信的主要优点有哪些？
3. 光纤数字通信系统主要由哪几部分组成？主要作用是什么？
4. 目前实用的光纤通信系统普遍采用的是哪种通信方式？解释其含义。

四、画图题

画出光纤数字通信系统的组成方框图。

参 考 答 案

一、填空题

1. 光通信
2. 光纤通信
3. 电磁波 紫外线 可见光 红外线
4. 电波 磁波
5. 横电磁波 TEM
6. 横磁波 TM
7. 横电波 TE
8. 传输频带宽、通信容量大 传输损耗小 抗电磁干扰能力强 线径细重量轻
9. 用光作为传输信号 用光缆作为传输线路
10. 数字编码、强度调制——直接检波
11. 光纤的损耗 传输带宽

12. 光纤的损耗 dB/km

13. $\text{MHz} \cdot \text{Km}$

14. 越小 越小

15. $0.85\mu\text{m}$ $1.31\mu\text{m}$ $1.55\mu\text{m}$

二、名词解释题

1. 答：利用光导纤维传输光载频信号的通信方式。

2. 答：在传播方向上没有电场和磁场分量。

3. 答：在传播方向上有磁场分量但无电场分量。

4. 答：在传播方向上有电场分量但无磁场分量

5. 答：直接用连续变化的模拟信号对光源进行调制，使得光源的输出光功率跟随模拟信号而变化。

6. 答：用数字脉冲信号对光源进行强度调制，使光源的输出光功率随数字脉冲变化。

三、简答题

1. 可分成如下三类：

TEM波：在传播方向上没有电场和磁场分量，称为横电磁波。

TE波：在传播方向上有磁场分量但无电场分量，称为横电波。

TM波：在传播方向上有电场分量但无磁场分量，称为横磁波。

2. 答：光纤通信的主要优点有：

(1) 传输频带宽，通信容量大。

(2) 传输损耗小。

(3) 抗电磁干扰能力强。

(4) 线径细、重量轻。

(5) 资源丰富。

3. 答：主要由发送光端机、光纤、接收光端机组成。发送光端机是将电信号转换成光信号的光发射机，采用的光源是半导体激光器 (LD) 或半导体发光二极管 (LED)，它们的共同点都是加正向偏置电流给可发光的半导体二极管，并将光信号送入光纤中去，它们所不同的是，LD 管发出的是激光，而 LED 管发出的是荧光。

光纤起传输作用，将光信号由甲地传输到乙地。

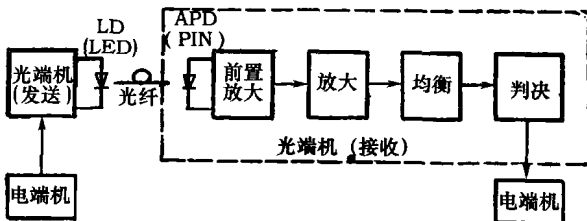
接收光端机是将光信号转换成电信号的光接收机，光信号经过光纤传输到达接收端，首先经 PIN 光电二极管或者 APD 雪崩光电二极管，检波变为电脉冲，然后经放大、均衡、判决，恢复为电信号输出。这个电信号和发送电端机送入的电信号相同。

4. 答：目前实用的光纤通信系统普遍采用的是：数字编码、强度调制——直接检波光纤通信系统。

所谓强度调制，是指用所传输的信号直接调制光源的光强，使得光源输出的光功率随输入信号电流的大小而变化；而直接检波是指系统的接收端，直接在光频上检测出电信号。

四、画图题

答：



第二章 介质薄膜波导

考核知识点解析

为了使读者比较容易地建立起介质光波导的概念，对于光传输部分（包括第二、三章），首先讨论平面型介质薄膜波导，为下一章分析光导纤维打下基础。

本章主要介绍薄膜波导的结构和薄膜波导中波的分类，重点是用射线法分析薄膜波导中的导波。

本章的考核知识点是：

一、薄膜波导的结构

要求掌握薄膜波导的结构示意图，对称式薄膜波导和非对称式薄膜波导的含义。

二、薄膜波导中波的分类

要求掌握的内容是：

1. 光波全反射的概念：能够用教材中的 0-2 图说明反射、折射以及全反射的含义。
2. 根据入射角 θ_1 的不同，在薄膜波导中可产生的导波、衬底辐射模、敷层辐射模的产生条件。

三、用射线法分析薄膜波导中的导波

当媒质的几何尺寸远大于光波的波长时，光波可以用光射线来表示，一条表示光的传播方向的几何线就是光射线。用这种方法分析导波的传输特性，即称为射线法。这是一种比较简单、直

观的方法。

要求掌握的内容是：

1. 薄膜波导中的 TE 波和 TM 波的基本概念。
2. 薄膜波导中导波特征方程的表达式及物理意义。
3. 导波模式的基本概念。
4. 导波模式的特性参数：包括轴向相位常数 β 、横向相位常数 k_{1x} 、衬底和敷层中衰减常数 α_2 和 α_3 的表达式及物理含义。
5. 导波的截止概念及截止波长的表示式。
6. 薄膜波导中基模的确定及单模传输条件。
7. 薄膜波导中模数量的求法。

需要了解的内容是：

1. 薄膜波导特征方程的推导过程。
2. 截止波长表示式的推导过程。

同步练习

一、填空题

1. 薄膜波导由三层介质构成，中间一层介质称为_____，底层介质称为_____，上层介质称为_____。光波在_____中传输。

2. 所谓对称式薄膜波导是指_____，而非对称式薄膜波导是指_____。

3. 光波在均匀介质中传输时，其射线轨迹为_____，当光射线遇到两种介质交界面时，将产生_____或_____。

4. 当平面波的入射角 θ_1 变化时，在薄膜波导中可产生三种不同的波型，即_____、_____和_____。

5. 满足全反射的条件即是形成_____的条件。
6. 要在薄膜中形成导波, 就要求平面波在上、下界面都要产生_____, 则入射角必须满足的条件是_____。
7. 在介质薄膜波导中存在着_____型波和_____型波。
8. 能够在薄膜波导中形成导波的入射角 θ_1 所满足的条件, 称为_____。
9. 薄膜波导的导波特征方程式是_____。
10. 所谓模式, 即为_____。
11. 薄膜波导中轴向相位常数 β , 它表示了_____。
12. 决定导波模式在薄膜内横向驻波分布规律的参数, 称为_____。
13. 当全反射条件被破坏, 即认为导波处于_____状态。
14. 导波截止的临界状态是_____, 这时所对应的波长, 即为该导波的_____, 用_____表示。
15. 薄膜波导中截止波长的表示式为_____。
16. 对于不同的 TE 波和 TM 波, 当 m 相同时, TE 波的截止波长_____ TM 波的截止波长。
17. 在薄膜波导中, _____模的截止波长最长。
18. 波在波导中可以传输的条件是信号的工作波长要_____波导的截止波长。
19. 薄膜波导中的单模传输条件是_____。
20. 薄膜波导的基模是_____模。

二、单项选择题

1. 薄膜波导中导波的基模是 ()。

A. TE_0	B. TM_0
C. TE_1	D. TM_1

2. 波在波导中可以传输的条件是 ()。
- A. $\lambda_0 > \lambda_c$ B. $\lambda_0 < \lambda_c$
 C. $\lambda_0 = \lambda_c$
3. 薄膜波导中, 产生导波的条件是 ()。
- A. $90^\circ > \theta_1 > \theta_{c12}$ B. $\theta_1 < \theta_{c12}$
 C. $\theta_{c13} < \theta_1 < \theta_{c12}$
4. 薄膜波导中, 导波的截止条件是 ()。
- A. $\lambda_0 < \lambda_c$ B. $\lambda_0 \geq \lambda_c$
 C. $\lambda_0 \geq 0$
5. 薄膜波导中, 导波的形式是 ()。
- A. TE 波 B. TM 波
 C. TEM 波 D. $\begin{matrix} \text{TE} \\ \text{TM} \end{matrix}$ 波
6. 薄膜波导中, 传输导波的介质是 ()。
- A. 衬底 B. 薄膜
 C. 敷层
7. 薄膜波导中, 薄膜层介质的折射指数是 ()。
- A. 最小 B. 和衬底层的折射指数相等
 C. 最大 D. 和敷层的折射指数相等
8. 薄膜波导中, 基模的截止波长是 ()。
- A. 最短 B. 等于工作波长
 C. 最长

三、名词解释题

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 特征方程 | 2. 模式 |
| 3. 轴向相位常数 | 4. 横向相位常数 |
| 5. 截止波长 | 6. 单模传输条件 |

7. 横向谐振
8. 全反射
9. 临界角
10. 导波

四、简答题

1. 什么是对称式薄膜波导？什么是非对称式薄膜波导？
2. 当平面波的人射角 θ_1 变化时，在薄膜波导中可产生哪三种不同的波型？它们的产生条件是什么？
3. 什么是射线？什么是射线法？
4. 什么是导波的特征方程？写出薄膜波导的导波特征方程式，并说明式中符号的含义。
5. 特征方程的物理意义是什么？
6. 什么是模式？薄膜波导中导波模式的特性参数包括哪几个？
7. 说明导波轴向相位常数，导波横向相位常数的物理含义并写出表达式。
8. 在介质薄膜波导中，导波在什么情况下处于截止状态？其导波截止的临界状态又是什么？
9. 什么是导波的截止波长，并写出表达式。
10. 薄膜波导中的最低工作模式是哪种？如何确定的？
11. 什么是薄膜波导中的单模传输条件？
12. 写出非对称式薄膜波导、对称式薄膜波导截止波长及模数量的表达式。

五、画图题

1. 画出介质薄膜波导的结构图。
2. 用图说明反射、折射、全反射的概念。
3. 画出薄膜波导中，导波传输的示意图。

六、计算题

1. 对称式薄膜波导, $n_1 = 3.6$, $n_2 = 3.55$, 求形成导波的入射角变化范围。

2. 对称式薄膜波导, $n_1 = 3.6$, $n_2 = 3.55$, 薄膜厚度 $d = 2\mu\text{m}$, 当工作波长为 $0.85\mu\text{m}$ 时, 问有哪些模式可在其中传输?

3. 介质薄膜波导, $n_1 = 3.5$, $n_2 = 3.45$, $n_3 = 3.4$, 试求上界面临界角和下界面临界角。

4. 对称式薄膜波导, $n_1 = 3.5$, $n_2 = 3.4$, 薄膜厚度 $d = 2\mu\text{m}$, 试问当工作波长为 $1.31\mu\text{m}$ 时, TE_0 、 TM_0 、 TE_1 、 TM_1 四种波型能否在此薄膜波导中传输?

参 考 答 案

一、填空题

1. 薄膜 衬底 数层 薄膜
2. 衬底折射率 n_2 和数层折射率 n_3 相等
衬底折射率 n_2 和数层折射率 n_3 不等
3. 直线 全反射 部分反射
4. 导波 衬底辐射模 数层辐射模
5. 导波
6. 全反射 $90^\circ > \theta_1 > \theta_{c12}$
7. TE TM
8. 薄膜波导的特征方程
9. $2k_0 n_1 d \cos\theta_1 - 2\phi_{12} - 2\phi_{13} = 2m\pi$
10. 能够独立存在的电磁场的结构形式