

浙江大学 20 15 - 20 16 学年 春夏 学期

《电磁场与电磁波》课程期末考试试卷

课程号： 11120010 ，开课学院： 信电学院

考试试卷： √ A 卷、B 卷（请在选定项上打√）

考试形式： 闭、√ 开卷（请在选定项上打√），允许带 课本 入场

考试日期： 2016 年 6 月 25 日，考试时间： 120 分钟

诚信考试，沉着应考，杜绝违纪。

考生姓名： 学号： 所属院系：

题序	一	二	三	四	五	总分
得分						
评卷人						

一、单项选择题(每小题 2 分，共 30 分)

- 矩形波导可以传播 TM 波和 TE 波，最低阶 TM 波模式和 TE 波模式分别为（ C ）
A. TM_{10} 和 TE_{10} B. TM_{01} 和 TE_{01} C. TM_{11} 和 TE_{10} D. TM_{01} 和 TE_{11}
- 介质中（ $\epsilon_r = 4$ ）某区域的电场强度 $\mathbf{E} = \mathbf{z} 5 \sin^2 z$ ，则该区域最大自由电荷密度为（ B ）
A. $10\epsilon_0$ B. $20\epsilon_0$ C. $14.1\epsilon_0$ D. $28.2\epsilon_0$
- 电磁波进入良导体的深度在频率不变时随着良导体的电导率的增大而（ ），在良导体的电导率不变时随着频率的增加而（ D ）
A. 增大，减小 B. 减小，增大 C. 增大，增大 D. 减小，减小
- 理想介质中的均匀平面波是（ ），导电媒质中的均匀平面波是（ C ）
A. 色散波，非色散波 B. 色散波，色散波 C. 非色散波，色散波
D. 非色散波，非色散波
- 沿+z 方向传播的矩形波导中，横截面尺寸为 $a \times b$ ，试根据理想导体边界条件判断下面哪个分量可能存在（ A ）
A. $H_x = A \sin(\frac{m\pi}{a}x) \cos(\frac{n\pi}{b}y) e^{-jkz}$ B. $H_x = A \cos(\frac{m\pi}{a}x) \cos(\frac{n\pi}{b}y) e^{-jkz}$
C. $H_x = A \sin(\frac{m\pi}{a}x) \sin(\frac{n\pi}{b}y) e^{-jkz}$ D. $H_x = A \cos(\frac{m\pi}{a}x) \sin(\frac{n\pi}{b}y) e^{-jkz}$
- 下列说法正确的是（ D ）

- A. 波印廷矢量不一定垂直于电场强度矢量
- B. 如果源内阻为实数，只要负载与源内阻相同，就能利用任意特征阻抗的 TEM 模传输线在全波段实现行波传输
- C. 满足波动方程的场一定满足 Maxwell 方程
- D. $\vec{E} = (4\vec{x} - j3\vec{y})e^{-0.1z - j0.3z}$ 是均匀平面波
7. 对于长度为 l 的传输线，若 $kl \ll 1$ ，那么当终端开路 and 短路时，该传输线相当于一个（ D ）
- A. 都是电容 B. 都是电感 C. 电感和电容 D. 电容和电感
8. 已知一平面波，电场方向为 $\mathbf{x}-2\mathbf{y}+\mathbf{z}$ ，磁场方向为 $2\mathbf{x}-\mathbf{y}$ ，问以哪个方向为纵向时，可看成 TE 波（ B ）
- A. $\mathbf{x}+2\mathbf{y}$ 方向 B. $\mathbf{y}+2\mathbf{z}$ 方向 C. \mathbf{z} 方向 D. $\mathbf{y}-2\mathbf{z}$ 方向
9. 在调节阻抗匹配时，不能使用（ B ）
- A. 电容 B. 电阻 C. 电感 D. 传输线
10. 在传播 TE₁₀ 模的矩形波导中，当填充介质（ $\epsilon_r \epsilon_0$ ， μ_0 ）后（ $\epsilon_r > 1$ ），设工作频率不变，则其特征阻抗将（ B ）
- A. 变大 B. 变小 C. 不变 D. 取决于波导尺寸而变大或变小
11. 下列说法错误的是（ C ）
- A. 圆波导中 TE 模表示为 TE_{mn} 时， m 表示场沿圆周分布的驻波数， n 表示场沿半径分布的半驻波数或场的最大值个数
- B. 汽车在隧道中接收不到电台信号，是因为隧道可等效成圆波导，而信号频率在此圆波导截止频率以下
- C. 圆波导的 TE₁₁ 模和矩形波导的 TE₁₀ 模场分布类似，因而可直接将两者连接并且无反射
- D. 圆波导不适合用来做传输系统
12. 在谐振器顶部开一个小孔，从孔中插入一青草叶子，插入到某一深度时发现反射功率变为 0，那么未插入青草叶子时，该谐振器与外部电路的耦合度为（ A ）
- A. $\beta > 1$ B. $\beta = 1$ C. $\beta < 1$ D. $\beta = \infty$
13. 如何提高天线的增益？（ C ）
- A. 在天线系统中使用功率放大器 B. 使用高效率的天线馈线
- C. 使天线的辐射变得集中 D. 使设备之间达到良好的匹配
14. 在相对介电常数分别为 ϵ_{r1} 与 ϵ_{r3} 的无耗介质中间放置一块厚度为 d 、相对介电常数为 ϵ_{r2} 的介质板，

$$d = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_{r2}}}, \text{ 假设这三种介质的磁导率均为 } \mu_0, \text{ 现有一均匀平面波从介质 1 垂直投射到介质板上,}$$

下列哪种情况时，没有反射。(B)

- A. $\epsilon_{r1} = \epsilon_{r3}$ B. $\epsilon_{r2} = \sqrt{\epsilon_{r1}\epsilon_{r3}}$ C. $\epsilon_{r2} = \sqrt{\epsilon_{r1}^2 - \epsilon_{r3}^2}$ D. $\epsilon_{r2} = \sqrt{\epsilon_{r1}^2 + \epsilon_{r3}^2}$

15. 关于光纤，下列说法错误的是 (C)

- A. 光纤是一种介质光波导，其包层折射率必须比纤芯低，从而实现全内反射
B. 梯度光纤中的模间色散要比阶跃光纤小得多，因而具有更高的传输带宽
C. 光纤可以单模工作在 LP_{01} ， LP_{01} 模具有低频截止的特性
D. 光纤中传播的电磁波是准 TEM 模

二、简单计算题 (20 分)

1. 在无限大的介质 (相对介电常数 $\epsilon_r = 9$) 中，沿负 z 方向传播的均匀平面波，其电场强度瞬时值表示为 $\vec{E} = \vec{x}_0 4 \times 10^{-6} \cos(10^8 \pi t + kz + \pi/3)$ (V/m) . (10 分)

1) 求 k ;

2) 写出 \vec{H} 的瞬时值表示式和复矢量表达式;

$$1) k = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0 \epsilon_r} = \frac{\omega c}{\sqrt{\epsilon_r}} = \pi \text{ rad/m} \quad (3 \text{ 分})$$

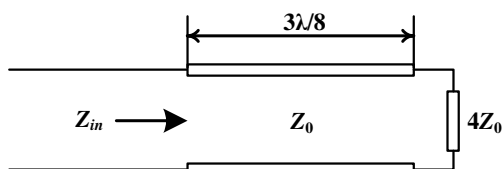
$$2) \eta = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0 \epsilon_r}} = \frac{120\pi}{3} = 40\pi \quad (1 \text{ 分})$$

$$\vec{H}(t) = -\vec{z}_0 \times \vec{x}_0 \frac{4 \times 10^{-6} \cos(10^8 \pi t + kz + \pi/3)}{\eta} = -\vec{y}_0 3.18 \times 10^{-8} \cos(10^8 \pi t + kz + \pi/3) \quad (3 \text{ 分})$$

$$\vec{H} = -\vec{y}_0 3.18 \times 10^{-8} e^{j(\pi z + \pi/3)} \quad (3 \text{ 分})$$

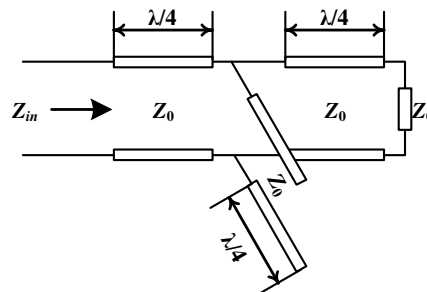
2. 求下图所示的分布参数电路的输入阻抗 (10 分)

1)



$$\begin{aligned} Z_{in} &= Z_c \frac{Z_L + jZ_c \tan(kl)}{Z_c + jZ_L \tan(kl)} \\ &= Z_0 \frac{4Z_0 + jZ_0 \tan(3\pi/4)}{Z_0 + j4Z_0 \tan(3\pi/4)} \\ &= \frac{4-j}{1-j4} Z_0 = \frac{8+j15}{17} Z_0 = (0.47 + 0.88j) Z_0 \end{aligned}$$

2)



负载到

支

路还是 Z_0 ，支路由开路变到短路，短路和 Z_0 并联还是短路，短路再经过四分之一波长变为开路，因而 Z_{in}

$$= \infty \quad (5 \text{ 分})$$

$$(5 \text{ 分})$$

~ 3 ~

三、计算题（共 50 分）

1. 一均匀平面波由空气垂直入射到 $z = 0$ 处的理想介质 ($\epsilon_r = 3$, $\mu_r = 1$) 分界面上, 入射波的电场强度为 $\mathbf{E}^+ = E_0(\mathbf{x}_0 - j\mathbf{y}_0)e^{jkz}$, 试求:

- 1) 反射波的电场强度 \mathbf{E}^- ; (6 分)
- 2) 透射波的磁场强度 \mathbf{H}^T ; (6 分)
- 3) 入射波, 反射波, 透射波各自的极化情况 (说明是: 线极化, 圆极化还是椭圆极化, 如果是圆极化或椭圆极化请说明旋向)。 (6 分)

1)

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{\mu_1}{\epsilon_1}} = \frac{\eta_0}{\sqrt{\epsilon_{r1}}} = 40\sqrt{3}\pi \Omega$$

$$\Gamma = \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_1 + \eta_0} = -0.27, \quad (2\text{分}) \quad T = \frac{2\eta_1}{\eta_1 + \eta_0} = 0.73 \quad (2\text{分})$$

$$\overline{\mathbf{E}}^r = \Gamma \overline{\mathbf{E}}^i = -0.27E_0(\overline{\mathbf{x}}_0 - j\overline{\mathbf{y}}_0)e^{jkz}, \quad |\overline{\mathbf{E}}^r| = 0.27\sqrt{2}E_0 = 0.38E_0 \quad (2\text{分})$$

2)

$$\overline{\mathbf{E}}^T = 0.73E_0(\overline{\mathbf{x}}_0 - j\overline{\mathbf{y}}_0)e^{-jk_2z}, \quad (2\text{分})$$

$$\overline{\mathbf{H}}^T = \overline{\mathbf{z}}_0 \times (\overline{\mathbf{x}}_0 - j\overline{\mathbf{y}}_0) \frac{0.73E_0 e^{-jk_2z}}{\eta_1} = 3.4 \times 10^{-3} E_0 (\overline{\mathbf{y}}_0 + j\overline{\mathbf{x}}_0) e^{-jk_2z} \quad (2\text{分})$$

$$|\overline{\mathbf{H}}^T| = 3.4\sqrt{2} \times 10^{-3} E_0 = 4.8 \times 10^{-3} E_0 \quad \text{其中 } k_2 = \sqrt{3}k \quad (2\text{分})$$

3) 入射波为右旋圆极化 (2分), 反射波为左旋圆极化 (2分), 透射波为右旋圆极化 (2分)

2. 一个空气填充的矩形波导, 横截面尺寸为 $a \times b$, 其中 $a = 80 \text{ mm}$, $b = 40 \text{ mm}$ 。

1) 试求主模 TE_{10} 模下的截止波长; (4 分)

2) 若工作频率 f 为主模截止频率的 2.5 倍, 试问有哪些模式可以在该波导中传播? (8 分)

3) 计算在 2) 中工作频率 f 处 TE_{10} 模的波导波长和波阻抗 ($Z_{\text{TE}} = \eta \frac{\lambda_g}{\lambda}$)。 (8 分)

1)

$$\lambda_c = \frac{2\pi}{\sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2}} = \frac{2}{\sqrt{\left(\frac{m}{a}\right)^2 + \left(\frac{n}{b}\right)^2}} \quad (2 \text{ 分})$$

TE_{10} 模的截止波长为 $\lambda_c = 2a = 160 \text{ mm}$ (2 分)

2)

$$f_c = \frac{c}{\lambda_c}, \quad \text{令} \left(\frac{2\pi \times 2.5 f_c}{c} \right)^2 \geq \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2, \quad (3 \text{ 分})$$
$$\text{即} \left(\frac{2\pi \times 2.5}{\lambda_c} \right)^2 \geq \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2$$

满足此关系的波有 TE_{10} , TE_{01} , TE_{11} , TE_{20} , TM_{11} (5 分)

3)

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_c}\right)^2}} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \left(\frac{1}{2.5}\right)^2}} = 1.091\lambda \quad (4 \text{ 分})$$

而 $\lambda = c / f = 64 \text{ mm}$ 故 $\lambda_g \approx 70 \text{ mm}$

$$Z_{\text{TE}_{10}} = \frac{\eta}{\sqrt{1 - \left(\frac{f_c}{f}\right)^2}} = 1.091\eta = 411.3 \Omega \quad (4 \text{ 分})$$

3. 两个无耗、电小尺寸偶极子天线平行放置相距 500 km，一个作发射，一个作接收，两天线之间连线与偶极子垂直，即 $\theta = 90^\circ$ ，发射天线发射功率 1 kW，频率 200 MHz，

1) 求在两天线连线方向上的天线增益。(3 分)

2) 接收天线能接收到多少功率？(9 分)

1) $\theta = 90^\circ$, $G_D = \frac{3}{2} \sin^2 \theta = 1.5$ (3 分)

2)

$$f = 200\text{MHz}, \lambda = \frac{c}{f} = 1.5\text{m}, A_\theta = \frac{G_D \lambda^2}{4\pi} = 0.2686\text{m}^2 \quad (3\text{分})$$

$$\langle S_r \rangle = G_D \frac{P}{4\pi r^2} = 4.775 \times 10^{-10} \text{W/m}^2 \quad (3\text{分})$$

$$P_R = A_\theta \langle S_r \rangle = 1.28 \times 10^{-10} \text{W} \quad (3\text{分})$$