浙江大学 20_16_－20_17_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：__信电系__

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：_2017_年_6_月_26_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	死	五	总 分
得分						
评卷人						

一、 单项选择题(每小题 2 分，共 40 分)

1. 电偶极子的远区辐射场是（C）。

A. 非均匀平面波 B.均匀平面波 C.非均匀球面波 D.均匀球面波

2.有关导电介质中传播的电磁波，错误的描述是（B）

A.场幅度随传播距离增加按指数衰减 B.电场与磁场同相位

C.有色散现象 D.良导体中电磁波的趋肤深度随频率按$1/\sqrt{f}$变化

3. 两个同频同方向传播的极化方向相互垂直的线极化波，如果（ D ），则合成的波一定是椭圆极化波。

A．两者的相位差不为 0 和 π B．两者振幅不同

C．两者的相位差不为±π/2 D．同时满足 A 和 B

4. 有关复介电常数的描述正确的是（A）

A. 实数部分代表位移电流的贡献，它不能引起电磁波功率的耗散；虚数部分是传导电流的贡献，它引起能量耗散。

B. 实数部分代表传导电流的贡献，它不能引起电磁波功率的耗散；虚数部分是位移电流的贡献，它引起能量耗散。

C. 实数部分代表位移电流的贡献，它引起电磁波功率的耗散；虚数部分是传导电流的贡献，它不能引起能量耗散。

D. 实数部分代表传导电流的贡献，它引起电磁波功率的耗散；虚数部分是位移电流的贡献，它不能引起能量耗散。

5. 有关天线增益和天线方向性的描述，不正确的是（B）

A．天线增益考虑了天线材料中的欧姆损耗，而天线方向性则没有；

B．天线增益是馈入天线电磁信号的放大倍数，方向性是指波束的指向方向；

C．方向图主瓣越窄，副瓣越小，天线方向性就越大，天线增益也越高

D．天线方向性和增益都表示了天线把输入功率集中辐射的程度

6. 下面的说法不正确的是（C）

A. 相速是指信号恒定相位点的移动速度　B. 在导电媒质中，相速与频率有关

C. 相速代表信号的能量传播的速度　　　D. 群速是指信号包络上恒定相位点的移动速度

7. 在不同介质分界面上电场强度的法向分量和切向分量分别是（B）

A．都是连续的　　B. 不连续的；连续的　　C. 连续的；不连续的　　D．都不连续

8. z=0 是空气($\varepsilon=\varepsilon_0$)与介质($\varepsilon_2=3\varepsilon_0$)的分界面，若已知空气中的电场强度$E_1=3\mathbf{x_0}+3\mathbf{z_0}$，则介质中的电场强度应为（C）。

A. $E_2=3\mathbf{x_0}+9\mathbf{z_0}$　　B. $E_2=\mathbf{x_0}+3\mathbf{z_0}$　　C. $E_2=3\mathbf{x_0}+\mathbf{z_0}$　　D. $E_2=9\mathbf{x_0}+3\mathbf{z_0}$

9. 截面尺寸为 a×b(b<a/2)的矩形波导，TE_{10}波在其中传播的条件为（C）。（注：λ为工作波长）

A. $0<\lambda<a$　　B. $2b<\lambda<2a$　　C. $a<\lambda<2a$　　D. $2a<\lambda$

10. 长度为l的传输线将负载连接到振荡频率为f的正弦电压源，假定线路上的波速为2×10^8 m/s，对于以下情况，可以忽略传输线影响的是（A）

A. l=20cm, f=10kHz　　B. l=50km, f=600Hz

C. l=20cm, f=300MHz　　D. l=1mm, f=100GHz

11. 有关光纤的数值孔径描述不正确的是（A ）

A．数值孔径较大光纤传输带宽较大　B. 数值孔径较大光纤聚光能力较强

C. 数值孔径较大光纤模间色散较大　　D. 数值孔径较大纤芯和包层相对折射率差较大

12. 下面对于趋肤效应的说法错误的是（D）

A. 趋肤深度是指波进入到导体内，幅度衰减为导体表面幅度的 1/e 处的深度

B.媒质导电性越好，趋肤深度越小。

C. 频率越高，趋肤深度越小。

D.媒质导电性越好，波在媒质中的衰减越慢。

13.一传输线其终端反射系数为0.2，则驻波系数为（B）

A.1　　B.1.5　　C.2　　D.2.5

14.**E**(**r**)和**H**(**r**)分别是电场和磁场的复矢量形式，则时间平均坡印廷矢量为：(A)

A. $\frac{1}{2}\mathrm{Re}[E(r)\times H^*(r)]$　　B. $\frac{1}{2}\mathrm{Re}[E(r)\times H(r)]$

C. $\mathrm{Re}[E(r)\times H(r)]$　　D. $\mathrm{Re}[E(r)\times H^*(r)]$

15.传输线特征阻抗为50Ω，电压为$U(z)=10e^{-jkz}-5e^{jkz}$，则电流 I(z) 为（D）：

A. $0.1e^{-jkz}-0.2e^{jkz}$　B. $0.1e^{-jkz}+0.2e^{jkz}$　C. $0.2e^{-jkz}-0.1e^{jkz}$　D. $0.2e^{-jkz}+0.1e^{jkz}$

16.均匀平面波由介质垂直入射到理想导体表面时，产生全反射，入射波与反射波叠加将形成驻波，其电场强度的波节位置和磁场的波节位置（B）

A．相同　　B.相差λ/4　　C.相差λ/2　　D.相差λ

17. 有一个二单元天线阵，两个单元为线天线，沿 z 轴排列，相隔距离为 d，天线的激励幅度相同，相位差为ψ，哪种情况下，沿 z 轴的辐射为零（C）

A. $\psi=\frac{\pi}{2},d=\frac{\lambda}{2}$　　B. $\psi=\pi,d=\frac{\lambda}{2}$　　C. $\psi=\frac{\pi}{2},d=\frac{\lambda}{4}$　　D. $\psi=\pi,d=\frac{\lambda}{4}$

18. 一段传输线，其中电压驻波系数恒定为ρ，沿线各参考面上能出现的最大电纳为（**B**）。

A、$\pm\frac{\rho^2+1}{2\rho}$　　B、$\pm\frac{\rho^2-1}{2\rho}$　　C、$\pm\frac{\rho^2+1}{\rho}$　　D、$\pm\frac{\rho^2-1}{\rho}$

19. 矩形波导管边长分别为a、b（已知），内填相对介电常数为4的介质，该波导管能传播的电磁波最大真空波长为（C）。

A.2a　　B. 2b　　C.4a　　D.4b

20. 若抛物面天线直径为2m，有效面积为1.6m^2，工作频率为6GHz，则天线增益为（A）。

A. 39dB　　B.66dB　　C. 33dB　　D.78dB

二、 一余弦平面电磁波垂直向下传播，由空气射到海面，已知在空气中的波长为 600 米，海水中的电导率$\sigma=1\mathrm{S/m}$、$\varepsilon_r=80$，$\mu_r=1$。试求波透入海水中后的波长、相速、相位常数与波阻抗。（15 分）

解：平面波的工作频率 f 为：

$$f=\frac{c}{\lambda_{air}}=\frac{3\times10^{8}}{600}=0.5\text{（兆赫）}$$

$$\frac{\sigma}{\omega\varepsilon}=\frac{1}{2\pi\times5\times10^{5}\times80\times\frac{1}{36\pi}\times10^{-9}}=450>100$$

由此可知，海水对该工作频率呈现良导体性质，所以应用波在良导体传播时的公式。在海水中的波长与相速为：

$$\lambda_{sea}=2\pi\sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}=2\pi\sqrt{\frac{2}{2\pi\times5\times10^{5}\times4\pi\times10^{-7}\times1}}$$

$$=4.48\text{（米）}$$

$$v_p=\sqrt{\frac{2\omega}{\mu\sigma}}=\sqrt{\frac{2\times2\pi\times5\times10^{5}}{4\pi\times10^{-7}\times1}}$$

$$=2.24\times10^{6}\text{（米/秒）}$$

相移常数、波阻抗分别为：

$$k=\sqrt{\frac{\omega\mu\sigma}{2}}=\sqrt{\frac{2\pi\times5\times10^{5}\times4\pi\times10^{-7}\times1}{2}}$$

$$=1.4\text{（弧度/米）}$$

$$|\eta|=\sqrt{\frac{\omega\mu}{\sigma}}=\sqrt{\frac{2\pi\times5\times10^{5}\times4\pi\times10^{-7}}{1}}=1.99\text{（欧）}$$

三、频率 $f=50MHz$ 的正弦均匀平面波在 $\mu_1=\mu_0$， $\varepsilon_1=6\varepsilon_0$， $\sigma_1=0$ 的电介质中沿+z 方向传播，在 z=0 处入射到 $\mu_2=\mu_0$， $\varepsilon_2=2.5\varepsilon_0$， $\sigma_2=0$ 的另一种电介质。设该波是 x 方向的直线极化波，在 z=0 处的电场振幅值为 10mV/m。（15 分）

试求：（1）入射波的电场、磁场和平均坡印廷矢量；（5 分）

（2）反射波的电场、磁场和平均坡印廷矢量；（5 分）

（3）透射波的电场、磁场和平均坡印廷矢量。（5 分）

解：求媒质 1 中的波参数。

传播常数

$$jk_1=j\beta_1=j\omega\sqrt{\mu_1\varepsilon_1}=j2\pi\times50\times10^{6}\sqrt{6\mu_0\varepsilon_0}=j2.57rad/m$$

波阻抗

$$\eta_1 = \sqrt{\frac{\mu_1}{\varepsilon_1}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{6\varepsilon_0}} = 153.91\Omega$$

求媒质 2 中的波参数。

传播常数

$$jk_2 = j\beta_2 = j\omega\sqrt{\mu_2\varepsilon_2} = j2\pi\times 50\times 10^6\sqrt{2.5\mu_0\varepsilon_0} = j1.66rad/m$$

波阻抗

$$\eta_2 = \sqrt{\frac{\mu_2}{\varepsilon_2}} = \sqrt{\frac{\mu_0}{2.5\varepsilon_0}} = 238.44\Omega$$

由此得出分界面上的反射系数和透射系数

$$\Gamma = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_2 + \eta_1} = \frac{238.44 - 153.91}{238.44 + 153.91} = 0.215$$

$$T = \frac{2\eta_2}{\eta_2 + \eta_1} = \frac{2\times 238.44}{238.44 + 153.91} = 1.215$$

（1）入射波

$$\mathbf{E}_1^+ = \mathbf{x}_0 E_{ml}^+ e^{-j\beta_1 z} = \mathbf{x}_0 10 e^{-j2.57z} mV/m$$

$$\mathbf{H}_1^+ = \frac{1}{\eta_1}\mathbf{z}_0\times\mathbf{x}_0 E_{ml}^+ e^{-j\beta_1 z} = \mathbf{y}_0\frac{10}{153.91}e^{-j2.57z}$$
$$= \mathbf{y}_0 64.97\times 10^{-3} e^{-j2.57z} mA/m$$

$$\mathbf{S}_{av1}^+ = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{E}_1^+ \times \mathbf{H}_1^{+*}\right]$$
$$= \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{x}_0 10 e^{-j2.57z}\times\mathbf{y}_0 64.97\times 10^{-3} e^{j2.57z}\right]$$
$$= \mathbf{z}_0 324.86\times 10^{-3} mW/m^2$$

（2）反射波

$$\mathbf{E}_1^- = \mathbf{x}_0 E_{m1}^- e^{j\beta_1 z} = \mathbf{x}_0 0.215\times 10 e^{j2.57z} = \mathbf{x}_0 2.15 e^{j2.57z} mV/m$$

$$\mathbf{H}_1^- = \frac{1}{\eta_1}\left(-\mathbf{z}_0\times\mathbf{x}_0 E_{m1}^- e^{j\beta_1 z}\right) = \frac{1}{153.91}\left(-\mathbf{y}_0 2.15 e^{j2.57z}\right) A/m$$
$$= -\mathbf{y}_0 13.97\times 10^{-3} e^{j2.57} mA/m$$

$$\mathbf{S}_{av1}^- = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{E}_1^- \times \mathbf{H}_1^{-*}\right] = \left[\mathbf{x}_0 2.15 e^{j2.57z}\times\left(-\mathbf{y}_0 13.97\times 10^{-3} e^{j2.57z}\right)\right]$$
$$= -\mathbf{z}_0 15.02\times 10^{-3} mW/m^2$$

（3）透射波

$$\mathbf{E}_2 = \mathbf{x}_0 E_{m2} e^{-j\beta_2 z} = \mathbf{x}_0 1.215\times 10 e^{-j1.66z} = \mathbf{x}_0 12.15 e^{-j1.66z} mV/m$$

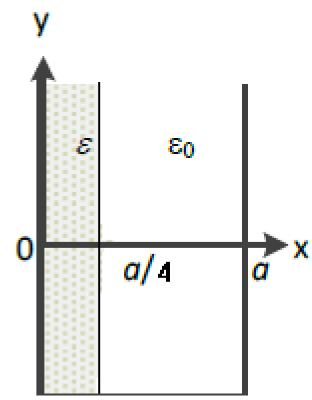
$$\mathbf{H}_2 = \frac{1}{\eta_2}\mathbf{z}_0 \times \mathbf{x}_0 E_{m2} e^{-j\beta_2 z} = \frac{1}{238.44}\mathbf{y}_0 12.15 e^{-j1.66z}$$
$$= \mathbf{y}_0 51\times 10^{-3} e^{-j1.66z} mA/m$$

$$\mathbf{S}_{av2} = \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{E}_2 \times \mathbf{H}_2^*\right]$$
$$= \frac{1}{2}\mathrm{Re}\left[\mathbf{x}_0 12.15 e^{-j1.66z} \times \mathbf{y}_0 51\times 10^{-3} e^{j1.66z}\right]$$
$$= \mathbf{z}_0 309.83\times 10^{-3} mW/m^2$$

四、如图所示，一平行板波导相距为a，$x>a/4$区域是自由空间(ε_0,μ_0)，$x<a/4$区域充满(ε,μ_0)的介质。假设波矢k在x-z平面，可知，波在x方向谐振，沿z方向传播。（15分）

（1）求该波导最低阶TE模（电场y方向）的色散关系；

（2）若$\varepsilon_1 = \varepsilon = 4\varepsilon_0$，$a$=5cm，求截止频率。

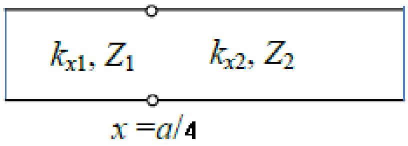


1）解：（1）用传输线等效

$$k_{x1}=\sqrt{k_1^2-k_z^2}=\sqrt{\omega^2\varepsilon\mu_0-k_z^2}$$

$$k_{x2}=\sqrt{k_2^2-k_z^2}=\sqrt{\omega^2\varepsilon_0\mu_0-k_z^2}$$

$$Y_1=\frac{k_{x1}}{\omega\mu_0},\quad Y_2=\frac{k_{x2}}{\omega\mu_0}$$



以 $x=a/4$ 处为参考面，

$$\overleftarrow{Y}=-jY_1\mathrm{ctg}(k_{x1}\frac{a}{4})；\quad \overrightarrow{Y}=-jY_2\mathrm{ctg}(k_{x2}\frac{3a}{4})$$

由 $\overleftarrow{Y}+\overrightarrow{Y}=0$，

得色散方程： $jY_1ctg(k_{x1}\frac{a}{4})+jY_2ctg(k_{x2}\frac{3a}{4})=0$

整理后得：

$$\sqrt{\omega^2\varepsilon\mu_0-k_z^2}\,\mathrm{ctg}(\frac{a}{4}\sqrt{\omega^2\varepsilon\mu_0-k_z^2})+\sqrt{\omega^2\varepsilon_0\mu_0-k_z^2}\,\mathrm{ctg}(\frac{3a}{4}\sqrt{\omega^2\varepsilon_0\mu_0-k_z^2})=0$$

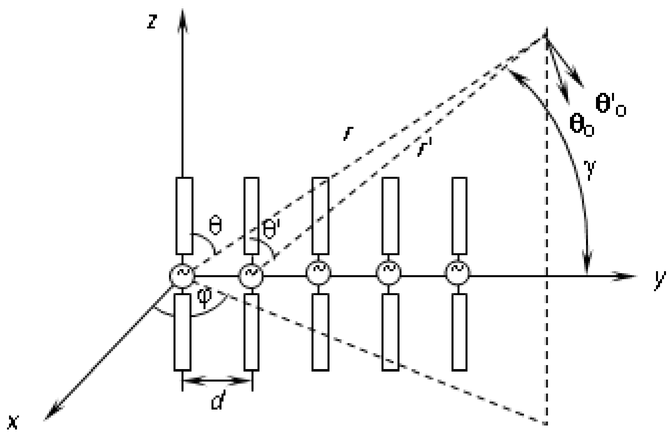
（2）截止时，$k_z=0$，$k_{x1}=k_1=\sqrt{\omega^2\varepsilon\mu_0}=2k_0$，$k_{x2}=k_2=\sqrt{\omega^2\varepsilon_0\mu_0}=k_0$，$Z_2=2Z_1$

$$2k_0\,\mathrm{ctg}(\frac{a}{4}2k_0)+k_0\,\mathrm{ctg}(\frac{3a}{4}k_0)=0,\Rightarrow \mathrm{ctg}(\frac{3a}{4}k_0)=0$$

$$k_0\frac{3a}{4}=\frac{\pi}{2}\Rightarrow\frac{2\pi}{\lambda_c(\mathrm{cm})}\times\frac{15}{2}=\pi\Rightarrow\lambda_c=15\mathrm{cm}$$

$$f_c==\frac{c}{\lambda_c}=\frac{3\times10^8}{15\times10^{-2}}=2\mathrm{GHz}$$

五、五单元边射阵，天线元间距为$\frac{\lambda}{2}$，各天线元上的电流按 1:2:3:2:1 分布，试确定阵因子和归一化方向图。（15 分）



解：如图所示，设天线 1 在考察点 P 的辐射场为 $\mathbf{E}_1$。由于天线 2 上的电流 $I_2=2I_1e^{j\phi}$（式中 $\phi=kd\cos\phi$），则天线 2 在 P 点的辐射场为 $\mathbf{E}_2=2\mathbf{E}_1e^{j\phi}$。同理，天线 3、4、5 在 P 点的辐射场分别为 $3\mathbf{E}_1e^{j2\phi}$，$2\mathbf{E}_1e^{j3\phi}$，$\mathbf{E}_1e^{j4\phi}$，于是 P 点的总辐射场为

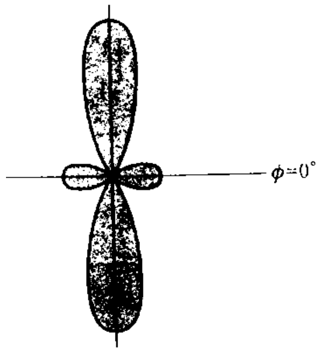
$$\mathbf{E}=\mathbf{E}_1\left(1+2e^{j\phi}+3e^{j2\phi}+2e^{j3\phi}+e^{j4\phi}\right)$$

则五元边射阵的归一化阵因子为

$$\left|F(\phi)\right|=\frac{1}{9}\left|1+2e^{j\phi}+3e^{j2\phi}+2e^{j3\phi}+e^{j4\phi}\right|=\frac{1}{9}\left|\frac{1-e^{j3\phi}}{1-e^{j\phi}}\right|=\frac{1}{9}\left|\frac{\sin\left(\frac{3\phi}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\phi}{2}\right)}\right|^2$$

将$\phi=kd\cos\phi$代入上式，得

$$\left|F(\phi)\right|=\left|\frac{\sin\left(\frac{3}{2}\pi\cos\phi\right)}{3\sin\left(\frac{1}{2}\pi\cos\phi\right)}\right|^2$$



(b)

由此可画出五元边射阵的方向图如右图所示。