

第二章测试

姓名：徐旭

一、填空题

1. TE_{11} 、 TE_{10}
2. TEM 、 TE 、 TM
3. 相、群
4. 频率、 $v_g = \frac{d\omega}{d\beta} = \frac{c}{\mu_r \epsilon_r} \sqrt{1 - (\frac{k_c}{k})^2}$ 、大于、小于
5. $2.2cm < \lambda < 4cm$

二、简答题

1. 解释矩形波导中“简并波”的概念，并给出矩形波导中一对简并波型。

- “简并波”：对于相同的 m 和 n ， TE_{mn} 和 TM_{mn} 模具有相同的截止波长，具有这种特性的电磁波即为“简并波”。
- 波型举例： TE_{11} 和 TM_{11}

2. 定性的阐述矩形波导中主模的场结构分布规律。

主模 TE_{10} 各场分量中，场强与 y 无关，即沿着 y 轴均匀分布。在 x 方向上满足

$$\begin{cases} E_y \propto \sin(\frac{\pi}{a}x) \\ H_x \propto \sin(\frac{\pi}{a}x) \\ H_z \propto \cos(\frac{\pi}{a}x) \end{cases}$$

在 z 方向上满足

$$\begin{cases} E_y \propto \cos(\omega t - \beta z - \frac{\pi}{2}) \\ H_x \propto \cos(\omega t - \beta z + \frac{\pi}{2}) \\ H_z \propto \cos(\omega t - \beta z) \end{cases}$$

所以 H_x 和 E_y 最大值在同一截面上出现，电磁波沿 z 方向按行波状态变化； H_x 、 E_y 和 H_z 相位差为 90° ，电磁波沿横向为驻波分布。

三、计算题

1. 解：

根据题设条件知，工作频率为 $f = 5GHz$ ，此时波长为 $\lambda = \frac{c}{f} = 6cm$ 。

对于该矩形波导，有：

$$\begin{aligned}\lambda_{cTE10} &= 2a = 16cm > \lambda \\ \lambda_{cTE20} &= a = 8cm > \lambda \\ \lambda_{cTE01} &= 2b = 8cm > \lambda \\ \lambda_{cTE11} &= \lambda_{cTM11} = 7.2cm > \lambda\end{aligned}$$

故可以传输 TE_{10} 、 TE_{20} 、 TE_{01} 、 TE_{11} 、 TM_{11} 模。

对于主模 TE_{10} ，其截止波长为 $16cm$ ，相移常数 $\beta = \sqrt{k^2 - k_c^2} = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{1 - (\frac{\lambda}{\lambda_c})^2} \approx 97.08$ ，

波导波长 $\lambda_g = \frac{2\pi}{\beta} \approx 6.5cm$ ，相速 $v_p = \frac{c}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda}{\lambda_c})^2}} \approx 3.236 \times 10^8 m/s$ ，

群速度 $v_g = c \sqrt{1 - (\frac{\lambda}{\lambda_c})^2} \approx 2.781 \times 10^8 m/s$ ，波阻抗为 $Z_w = \frac{120\pi}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda}{\lambda_c})^2}} \approx 406.67\Omega$ 。

若只传输主模，需要满足

$$\lambda_{cTE20} < \lambda < \lambda_{cTE10}$$

即 $8cm < \lambda < 16cm$ ，故工作频率应满足 $1.875GHz < f < 3.75GHz$ 。

2. 解：

对于BJ-100型矩形波导，其截止波长为

$$\begin{aligned}\lambda_{cTE10} &= 2a = 4.572cm > \lambda \\ \lambda_{cTE20} &= a = 2.286cm > \lambda \\ \lambda_{cTE01} &= 2b = 2.032cm > \lambda \\ \lambda_{cTE11} &= \lambda_{cTM11} = 1.857cm > \lambda\end{aligned}$$

工作频率为 $f_1 = 5GHz$ 时波长为 $\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = 6cm$ ，由于 $\lambda_1 > \lambda_{cTE10}$ ，故该波长电磁波无法在此矩形波导中传输。

工作频率为 $f_2 = 15GHz$ 时波长为 $\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = 2cm$ ，由于满足 $\lambda_2 < \lambda_{cTE10}$ ， $\lambda_2 < \lambda_{cTE20}$ ， $\lambda_2 < \lambda_{cTE01}$ ，所以可传输 TE_{10} 、 TE_{20} 、 TE_{01} 模。

主模传输工作频率为 $f_2 = 15GHz$ 的电磁波，此时矩形波导中的相速为 $v_{p1} = \frac{c}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda_2}{\lambda_{cTE10}})^2}}$ ，

若换成圆波导，则有 $v_{p2} = \frac{c}{\sqrt{1 - (\frac{\lambda_2}{\lambda_{cTE01}})^2}}$ ，对于半径为 R 的圆波导，满足 $\lambda_{cTE01} = 1.6398R$ 。

令 $v_{p1} = v_{p2}$ ，则有 $\lambda_{cTE10} = \lambda_{cTE01}$ ，亦即 $2a = 1.6398R$ ，

所以圆波导的直径为 $d = 2R = 2 \frac{2a}{1.6398} \approx 5.576cm$ 。