

理想介质中的均匀平面波

➤ 横电磁 (TEM) 波

$$\vec{H} = \frac{1}{\eta} \vec{e}_n \times \vec{E} \quad \vec{E} = \eta \vec{H} \times \vec{e}_n$$

➤ 本征阻抗(波阻抗) $\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$

$$\text{真空中 } \eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 120\pi$$

➤ 角频率 ω (单位 rad/s)

➤ 周期 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ (单位 s)

➤ 相位常数 (波数) $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ (rad/m)

➤ 相速 v (波速) $v = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$ m/s

$$\text{真空中 } v_0 = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

电磁波的极化

➤ 波的极化: $\vec{E}$ 随时间变化特性

➤ 电磁波的极化状态分为:

线极化、圆极化、椭圆极化

$$\begin{cases} E_x = E_{xm} \cos(\omega t - kz + \varphi_x) \\ E_y = E_{ym} \cos(\omega t - kz + \varphi_y) \end{cases}$$

➤ 线极化: 相位相同或相差为 $\pm\pi$

➤ 圆极化: 振幅相同、相位差为 $\pm\pi/2$

右旋圆极化波 $\varphi_x - \varphi_y = \pi/2$

左旋圆极化波 $\varphi_x - \varphi_y = -\pi/2$

均匀平面波在导电媒质中的传播

➤ 导电媒质 $\vec{E}(z) = \vec{e}_x E_{xm} e^{-jk_c z}$

传播常数 $\gamma = jk_c = \alpha + j\beta$

α 称为衰减常数，单位：Np/m

β 称为相位常数，单位：rad/m

➤ 导电媒质中均匀平面波：

a) $\vec{E}$ 、 $\vec{H}$ 、 $\vec{e}_z$ 相互垂直，TEM 波

b) 媒质的本征阻抗为复数

c) 电磁、磁场振幅呈指数衰减

d) 传播速度与频率有关(有色散)

	理想介质	导电媒质
$\vec{E}$ 、 $\vec{H}$ 、 $\vec{e}_z$ 相互垂直	横电磁波 (TEM波)	横电磁波 (TEM波)
波数 k 或 k_c	$k = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$	$k_c = \omega\sqrt{\mu\epsilon_c}$ $\epsilon_c = \epsilon - j\sigma/\omega$
传播常数 γ	$\gamma = jk$	$\gamma = jk_c = \alpha + j\beta$
衰减常数 α	$\alpha = 0$	$\alpha = \omega\sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2}} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} - 1 \right]$
相位常数 k 或 β	$k = \omega\sqrt{\mu\epsilon}$	$\beta = \omega\sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2}} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} + 1 \right]$
波长 λ	$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{1}{f\sqrt{\mu\epsilon}}$	$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = 1 / \left\{ f\sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2}} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} + 1 \right] \right\}$
相速 v	$v = \frac{\omega}{k} = \frac{1}{\sqrt{\mu\epsilon}}$	$v = \frac{\omega}{\beta} = 1 / \sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega\epsilon}\right)^2} + 1 \right]}$
波阻抗 η 本征阻抗、特性阻抗	$\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$	$\eta_c = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon_c}} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} (1 - j\frac{\sigma}{\omega\epsilon})^{-1/2}$

均匀平面波在导电媒质中的传播及色散与群速

➤ 趋肤效应、趋肤深度 δ (良导体)

δ : 振幅下降到表面处振幅的 $1/e$

$$\delta = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (\text{良导体})$$

➤ 色散效应、色散媒质(随频率变化)

➤ 包络波、行波

➤ 相速 v_p : 常数相位点行进的速度

$$v_p = \frac{\omega}{\beta}$$

➤ 群速 v_g : 包络波的传播速度

$$v_g = \frac{d\omega}{d\beta}$$