

微波偶集极子

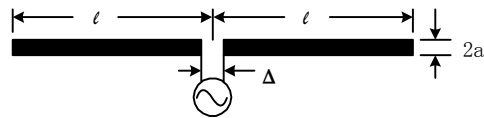
——偶极子天线特性研究

原理

能有效辐射或接收空间波动的装置被称为天线。天线的种类很多，描写天线电性能的参数也很多，其中一个重要参数就是方向性。对于不同的使用目的，对方向性的要求是不同的。天线的方向性一般指的是辐射或接收的能量与空间坐标的关系。通过建立边界条件解麦克斯韦方程，我们可以得有关天线辐射场的特性。但这是一个很复杂的问题，有兴趣的同学可以参考有关天线理论的书籍。这里我们通过实验来研究天线的指向性。

天线的形式

1. 对称振子：由两根同样线径、同样长度的直导线构成。其半径为 a ，线长为 l 。这种天线广泛用于各种无线通讯设备中。



忽略辐射引起的衰减和振子的粗细，对称振子的归一化方向函数可表示为：

$$f(\theta) = \frac{\cos(\beta l \cos \theta) - \cos(\beta l)}{f(\theta)_{\max} \sin \theta}$$

式中 β 是相位因子 $\beta = 2\pi/\lambda$ 。下标 \max 表示是方向函数在最大方向上的最大函数值。下面给出了臂长 l 与波长 λ 为不同值时方向函数图形。

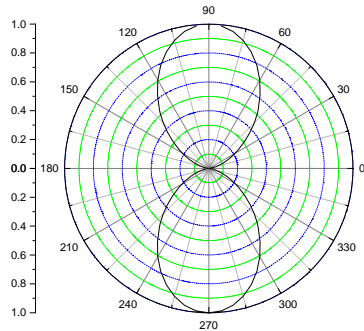


图 1 $l/\lambda = 0.25$ 时的方向函数

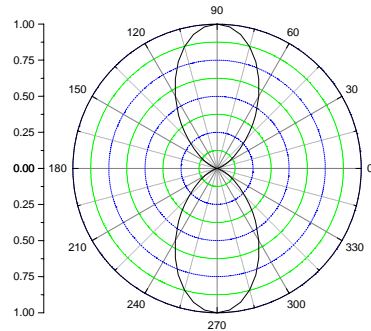


图 2 $l/\lambda = 0.5$ 时的方向函数

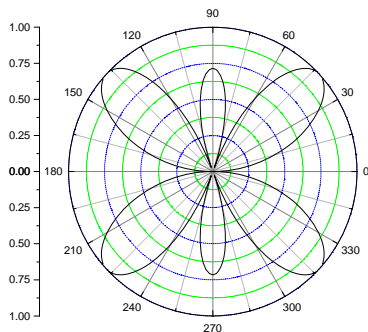


图 3 $l/\lambda = 0.75$ 时的方向函数

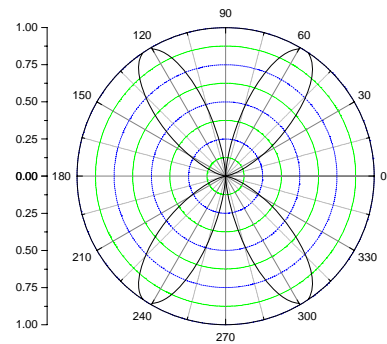
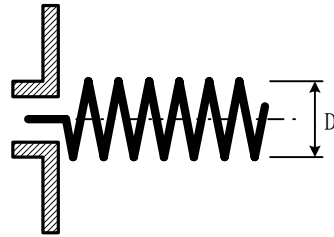


图 4 $l/\lambda = 1$ 时的方向函数

图中的 0 度方向为振子的垂线方向，0 度指的是与波矢的夹角为 0。注意到 0 度时天线接收的能量是 0。这是容易理解的，因为这时振子处于同一波阵面中或是对称的，不会在振子中激起电流。根据接收天线与发射天线的互易定理，发射天线的方向特性与接收天线是相同的。在实际使用中一般取 $2l/\lambda = 0.5$ 或 1，前者称为半波对称振子，后者称为全波对称振子。

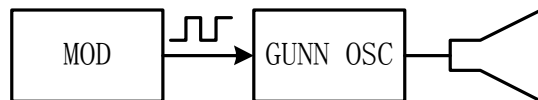
2. 引向天线：当在振子的附近放置若干金属短杆时，方向的对称性将被破坏。这些金属短杆被称为引向器和反射器。其特性与金属短杆的位置和几何尺寸有很大关系。在本实验中有若干不同形式的引向天线。我们可以通过实验来测量这些天线的方向函数图。其物理图象请同学们讨论。我们常常在居民的屋顶上看到这种天线。

3. 螺旋天线：由一根金属螺旋线构成。它可以看成是同轴电缆的端部的变形。在 $0.25\lambda \leq D \leq 0.45\lambda$ 时，天线在轴向有最大单方向辐射，称为轴向模辐射态。这是较常用的工作状态。螺旋天线有左旋、右旋之分，它分别接收左旋极化波和右旋极化波。



实验仪器及实验内容

发射器：由 GUNN 振荡器、喇叭天线和激励电源组成。激励电源提供频率为 1KHz 的脉冲，GUNN 振荡器产生 $f=9.40\text{ GHz}$ ，即自由空间中波长为 32mm 的微波，喇叭天线把微波偶合到自由空间，变成平面波。它是线偏振的（如何验证？）。



接收机：由被测天线、带通放大器、旋转平台、天线支架、电源组成。接收到的被调制的微波信号被 Schottky 二极管检波，输出 1KHz 的方波信号。这个信号再由中心频率为 1KHz 的带通放大器放大。可用交流电压表来测量输出信号的变化。

天线：

1. 对称振子。小心套上装有金属短杆的附件就构成了有好几种形式的引向天线。仔细观察它们的几何尺寸并编号以便与记录对应。
2. 螺旋天线。观察它们的旋转方向，并测量、比较结果，你能事先预测它们的结果有什么不同吗？

注意：整个在测量时，尽量保持发射机与接收机位置不变，尽量保持周围环境状态不变。这样就可以比较天线之间的性能。

数据处理

1. 作极坐标的归一化方向图，并给出每一图的最大方向上的最大函数值。比较有和不同。
2. 试作一简单的附件，看看能有什么作用（第二次时选作）。