第 2 组

**上海大学 2022～ 2023学年秋季学期**

《电磁场理论A》实验报告

任课教师： 李国辉

组 长： 20123864 杨鋆泽 20%

成 员： 20123881 王思敏 20%

成 员： 20121196 詹思原 20%

成 员： 20123877 孙远 20%

成 员： 18123787 孟亚男 20%

日 期： 2022.10.20

成 绩：

**实验名称：**电磁波感应器的设计与制作

**实验目的：**

1、认识时变电磁场，理解电磁感应的原理和作用；

2、通过电磁感应装置的设计，初步了解天线具有能量转换器的特性及基本结构；

3、理解掌握电磁波辐射原理。

**实验器材：**

EWM-Lab216电磁波综合实验教学系统，Φ1mm铜丝，感应电路板

**实验原理：**

随时间变化的电场要在空间产生磁场，同样，随时间变化的磁场也要在空间产生电场。能够辐射电磁波的装置称之为天线，即实验中的电磁波感应器，用于接收空间中的电磁波。

用功率信号发生器作为发射源，通过发射天线向空间辐射电磁波。如果将我们所做的电磁波感应器置于电磁波中，就能在感应器的导体上感生高频电流，接收感应器离发射天线越近，电磁波功率越强，感应电动势越大。如果用微小功率的白炽灯泡接入感应器电路板合适的馈电点，使感应器电路板与微小功率白炽灯构成一个完整感应器电路器件，将之放置在空间电磁波中，与电磁波的波长匹配时就能够耦合接收到空间电磁波的能量，耦合能量足够时，可使感应电路板中的白炽灯发光。感应电路板、白炽灯和金属导线构成一个完整的电磁感应装置。

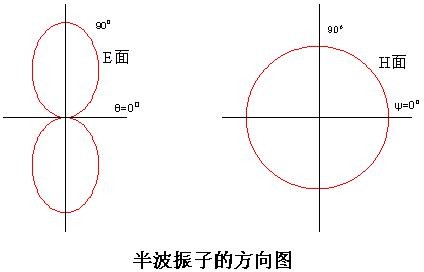
本实验重点介绍半波天线。

半波天线又称半波振子，是对称天线的一种最简单的形式。半波天线可以看成是由一段末端开路的双线传输线形成的。这种天线是最通用的天线型式之一，又称为偶极子天线。而半波天线是对称天线中应用最为广泛的一种天线，它具有结构简单和馈电方便等优点。

半波振子因其一臂长度为，全长为半波长而得名。其辐射场可由两根单线驻波天线的辐射场相加得到，于是可得半波振子()的远区场强有以下关系式：

式中为方向函数，对称振子归一化方向函数为：

其中是的最大值。半波振子的方向图如下图所示：



半波振子方向函数与无关，故在H面上的方向图是以振子为中心的一个圆，即为全方向性的方向图。在E面的方向图为8字形，最大辐射方向为，且只要一臂长度不超过，辐射的最大值始终在方向上；若继续增大L，辐射的最大方向将偏离方向。

**实验内容与步骤：**

取两段等长金属丝作为接收天线的振子，用螺钉将金属丝分别连接在感应器的两端，构成一副偶极子天线，作为感应器。

1. 将射频仪N型端口与四极化天线的A或B端口用射频连接线牢固连接。
2. 用金属丝制作天线体，焊接于感应灯板两端，竖直固定到测试支架上，调节测试支架滑块到离发射天线50cm左右，按下功率信号发生器上TX按钮，同时移动测试支架滑块，靠近发射天线，直到小灯刚刚发光时，记录下滑块与发射天线的距离。
3. 改变天线振子的长度，重复上面过程，记录数据。
4. 设计制作其它天线形式制作感应器，重复上面过程，记录数据。

**实验结果：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 次数 | 天线形式 | 天线长度(cm) | 距离(cm) |
| 1 | 半波天线 | 18.0 | 38.2 |
| 2 | V型感应器 | 16.1 | 51.6 |
| 3 | 菱形感应器 | 33.8 | 20.6 |
| 4 | 环形天线 | 18.8 | 11.05 |

**实验结论：**

1. 变化的磁场产生电场，即感生电场。
2. 放在变化磁通量里的导体产生感生电动势。
3. 在长度相同的条件下，天线的形状不同，可以接受到相同信号的距离不同，对空间中电磁波能量的耦合程度不同。不同形状的感应器，能够耦合感应空间电磁场和电磁波的能力不同，从而形成实际应用领域对天线的多样化需求。
4. 同一天线，与发射点的距离越小，灯泡越亮；与发射点的距离越大，灯泡越暗。说明电磁波具有波的共性，具有反射、折射、干涉、衍射现象，能够传递能量，可以被物质吸收，可以在空气中传播，且传播不需要介质，在真空中传播速度为光速。

第 2 组

**上海大学 2022～ 2023学年秋季学期**

《电磁场理论A》实验报告

任课教师： 李国辉

组 长： 20123864 杨鋆泽 20%

成 员： 20123881 王思敏 20%

成 员： 20121196 詹思原 20%

成 员： 20123877 孙远 20%

成 员： 18123787 孟亚男 20%

日 期： 2022.10.20

成 绩：

**实验名称：**电磁波辐射特性实验

**实验目的：**

1、学习了解电磁波的空间辐射特性。

2、通过对电磁波波长、波幅、波节、驻波的测量，进一步认识和了解电磁波。

**实验原理：**

变化的电场和磁场在空间的传播称为电磁波。几列不同频率的电磁波在同一媒质中传播时，几列波可以保持各自的特点（波长、波幅、频率、传播方向等），在同时通过媒质时，在几列波相遇或叠加的区域内，任一点的振动为各个波单独在该点产生振动的合成。而当两个频率相同、振动方向相同、相位差恒定的波源所发出的波叠加时，在空间总会有一些点振动始终加强，而另一些点振动始终减弱或完全抵消，因而形成干涉现象。

干涉是电磁波的一个重要特性，利用干涉原理可对电磁波传播特性进行很好的探索。而驻波是干涉的特例。在同一媒质中两列振幅相同的相干波，在同一直线上反向传播时就叠加形成驻波。

由发射天线发射出的电磁波，在空间传播过程中可以近似看成均匀平面波。此平面波垂直入射到金属板，被金属板反射回来，到达电磁波感应器；直射波也可直接到达电磁波感应器，这两列波将形成驻波，两列电磁波的波程差满足一定关系时，在感应器位置可以产生波腹或波节。

驻波是频率和振幅均相同、振动方向一致、传播方向相反的两列波叠加后形成的波。两列波叠加后，波形并不向前推进。在行波中能量随波的传播而不断向前传递，其平均能流密度不为零;但驻波的平均能流密度等于零，能量只能在波节与波腹间来回运行。

设到达电磁感应器的两列平面波的振幅相同，只是因波程不同而有一定的相位差，电场可表示为：

其中，是因为波程差而造成的相差：

则当相位差时，合成波的振幅最大，的位置为合成波的波腹；则当相位差时，合成波的振幅最小，的位置为合成波的波节。

实际上到达电磁感应器的两列波的振幅不可能完全相同，故合成波波腹振幅值不是二倍单列波的振幅值，合成波的波节值也不是恰好为零。根据以上分析，若固定感应器，只移动金属板，即只改变第二列波的波程，让驻波得以形成：

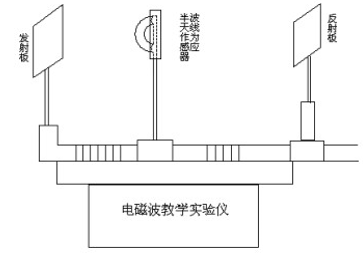
当合成波振幅最大（波腹）时：

当合成波振幅最小（波节）时：

此时合成波振幅最大到合成波振幅最小（波腹到波节）的最短波程差为，若此时可移动金属板移动的距离为，则：，即

可见，测得了可动金属板移动的距离，代入式中便确定电磁波波长。

**实验内容与步骤：**



构建实验平台：

①根据四极化发射天线背面的信号接入点，在系统界面的图形框右偏中间位置设置框，配置选择与发射天线信号接入点相一致的电波极化方式: (推荐选择垂直极化方式进行实验)。

②将自制的半波对称振子感应器安装与俯仰角云台架上，使得感应器设置与水平状态，移动感应器所在滑块至25cm位置。

③在实验架轨右端滑块 上，安装反射板，使反射面与滑块移动方向垂直。

④检查发射天线与系统信号放大输出端口是否连接可靠(RFA-out);定量分析需检查检波器感应器上IPX线缆是否已经于系统面板右下角输入端口(RF-in)可靠连接。

⑤按下系统面板 上TX发射按钮，缓慢将反射板朝着发射天线位置由远至近移

动，观察感应器灯泡变化。

实验实例：

①将设计制作的电磁波感应器半波天线安装在可旋转的极化尺支臂上，先垂直大地放置，再将极化尺滑块移到距离发射天线不小于15cm刻度处（将支臂滑块移到距离发射天线分别为20cm、30cm、40cm刻度处）；将射频电缆的小头(SMA端)与A或B端口连接，确认四极化发射天线背面未连接电缆的其他三个端口已经用SMA电阻负载封闭。

②按下仪器X发射按钮， 缓慢移动移动反射板，观察半波接收天线上灯是否有明暗变化；缓慢旋转极化尺上的半波天线至水平放置，观察半波接收天线上灯是否有明暗变化；再检查多极化天线电缆SMA头连接的发射口是否是水平极化(A端口)或垂直极化(B端口)位置，调整天线后面SAM头的链接位置，重复上述过程，观察实验结果。

③改变频率，完成上述相应实验内容。

④记录实验数据，并填入数据表。

**实验结果：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率 | 天线位置 | 波节1(cm) | 波节2(cm) | 波节3(cm) | 波节数 | 测试波长(cm) | 理论波长(cm) | 测量误差(cm) |
| 900MHz | 20cm | 89.25 | 73.00 | 54.60 | 3 | 34.65 | 33.3 | 1.35 |
| 89.99 | 72.52 | 54.62 | 3 | 35.37 | 33.3 | 2.07 |
| 88.45 | 73.40 | 55.82 | 3 | 32.63 | 33.3 | 0.67 |
| 30cm | 82.93 | 64.05 | 47.00 | 3 | 35.93 | 33.3 | 2.63 |
| 81.50 | 64.93 | 47.00 | 3 | 34.50 | 33.3 | 1.2 |
| 82.00 | 65.00 | 47.00 | 3 | 35.00 | 33.3 | 1.7 |
| 40cm | 91.30 | 74.93 | 57.32 | 3 | 33.98 | 33.3 | 0.68 |
| 92.40 | 74.35 | 57.65 | 3 | 34.75 | 33.3 | 1.45 |
| 91.13 | 74.29 | 58.32 | 3 | 32.81 | 33.3 | 0.49 |
| 1100MHz | 20cm | 83.40 | 70.51 | 56.00 | 3 | 27.40 | 27.3 | 0.1 |
| 82.10 | 68.20 | 55.50 | 3 | 26.60 | 27.3 | 0.7 |
| 83.10 | 68.00 | 54.20 | 3 | 28.90 | 27.3 | 1.6 |
| 30cm | 85.94 | 71.54 | 57.30 | 3 | 28.64 | 27.3 | 1.34 |
| 87.35 | 73.00 | 57.50 | 3 | 29.85 | 27.3 | 2.55 |
| 85.51 | 72.00 | 58.50 | 3 | 27.01 | 27.3 | 0.29 |
| 40cm | 88.00 | 76.00 | 62.75 | 3 | 25.25 | 27.3 | 2.05 |
| 88.10 | 76.00 | 63.50 | 3 | 24.60 | 27.3 | 2.7 |
| 88.00 | 75.65 | 62.50 | 3 | 25.50 | 27.3 | 1.8 |

数据处理：

理论波长：

测量波长：以900MHz，20cm距离时为例，

测量误差：

**实验结论：**

1. 当电磁波辐射频率固定时，波长与之对应，与测量位置无关。

2、在驻波中，两个相邻波腹的长度为半波长，两个相邻波节的长度为半波长。实验中移动反射波所观察到感应器灯最暗处，为不同波节所在的位置，感应器灯最暗的相邻两个波节位置点，其间的距离为半波长。

3、通过放射灯移动的距离与白炽灯的亮暗测量波节的位置，最后计算出电磁波波长。