



北京邮电大学

电磁场与微波技术应用

Electromagnetic fields and Microwave Technology Application

王亚峰

wangyf@bupt.edu.cn



序论

北京邮电大学

- 这门课程的基本信息
- 学习这门课程的意义
- 课程内容和时间安排
- 课程重点和难点
- 一些需要注意的问题



什么是微波

- 介于普通无线电波（长波、中波、短波、超短波）与红外线之间的电磁波
- 波长与电路或元器件尺寸可比拟（分米、厘米、毫米）
- 电路→电磁场解（集中参数、分布参数）
- 国内外对微波定义的区别：
 - ❖ 中国（1米~1毫米）
 - ❖ 美国（30厘米~0.3毫米）



什么是微波

- 微波：频率非常高的电磁波，它的频率范围目前尚无统一的明确规定。通常将频率规定为300MHz~3THz。

微波	分米波	1m~10cm	300MHz~3GHz
	厘米波	10cm~1cm	3GHz~30GHz
	毫米波	10mm~1mm	30GHz~300GHz
	亚毫米波	1mm~0.1mm	300GHz~3THz

电气和电子工程师学会（IEEE）规定



什么是微波

- 微波波段中的一些“特殊”子波段，这些字母代号起源于早期雷达研究保密的需要

字母	UHF	L	Ls	S	C	Xc	X
频率	0.3-1.12	1.12-1.7	1.7-2.6	2.6-3.95	3.95-5.85	5.85-8.2	8.2-12.4
波段	m	23cm	15cm	10cm	6.5cm	4.5cm	3cm

字母	Ku	K	Ka	U	E	F	G、R
频率	12.4-18.0	18.0-26.5	26.5-40	40-60	60-90	90-140	140-325
波段	2cm	1.4cm	9.5mm	6.2mm	4.2mm	2.7mm	1.5mm



什么是微波

- 不同工作频率的微波系统具有不同的技术特性、生产成本和用途。一般说来，微波系统的工作频率越高，其结构尺寸就越小、生产成本也越高；
- 微波通信系统的工作频率越高，其信息容量越大；
- 微波雷达系统的工作频率越高，微波大气传输的方向性和系统分辨力就可能提高；
- 微波的频率越高，其大气传输和传输线传输的损耗就越大。



微波的基本特点

波长短→易于实现定向发射

- 雷达→利用无线电波的反射测定目标的位置
- 波束宽度→目标的方向

抛物面天线电磁波发射波束角：

$$\theta = \frac{140^\circ}{D/\lambda}$$

D和 λ 分别是抛物面的直径和波长

5°波束角(可以相当精确定位)

微波→ $\lambda=3\text{cm}$, $D=84\text{cm}$

短波→ $\lambda=10\text{m}$ (波长最短) , $D=280\text{m}$ (困难)



微波的基本特点

- 频率高（绝对带宽大）、信息容量大
 - 信道→传递某种信息所必须的频带宽度(中心频率百分之几)
 - 人耳能听到的声音频率范围约20-20000Hz
 - 听懂语言300-3400Hz(电话:3000Hz信道)
 - 相当逼真传递语言和音乐6-15kHz频带(广播)
 - 传送图象和声音我国8MHz频带(电视)
 - 多路通讯→信道中心频率必须是被传递信息频带宽度的几十甚至上百倍



微波的基本特点

- 能穿透电离层
- 视距传播→传输距离依赖于天线高度
 - 长波：沿地球弯曲表面传播（地波传播-距离远）
 - 中波过渡到短波，地波衰减增大
 - 短波：60-300公里电离层的折射（天波传播-不稳定）
 - 超短波和微波：视距内沿直线传播（空间波→穿透电离层）
- 限制作用范围到所需区域(控制天线作用距离)，减少干扰
- 中继通信(视距)、卫星通信(穿透)、天文观测(窗口)



这门课程的基本信息

■ 任课教师

❖ 姓名：王亚峰

❖ 办公室：明光楼915

❖ 电话：62283232

❖ Email：wangyf@bupt.edu.cn



学习这门课的意义

北京邮电大学

军事应用：

- 雷达→目标跟踪、导弹制导、火炮瞄准、测量（成像）、预警
- 通讯→点对点、保密、空间（三个互为 120° 位于外层空间的同步卫星可实现全球通讯）
- 电子对抗→干扰和抗干扰
- 微波武器→微波炮、微波弹、微波武器平台（集雷达侦察和火控制导、超强干扰和定向能攻击于一体多功能电子对抗平台）



学习这门课的意义





军事应用



射出的炮弹时速高达8690公里！

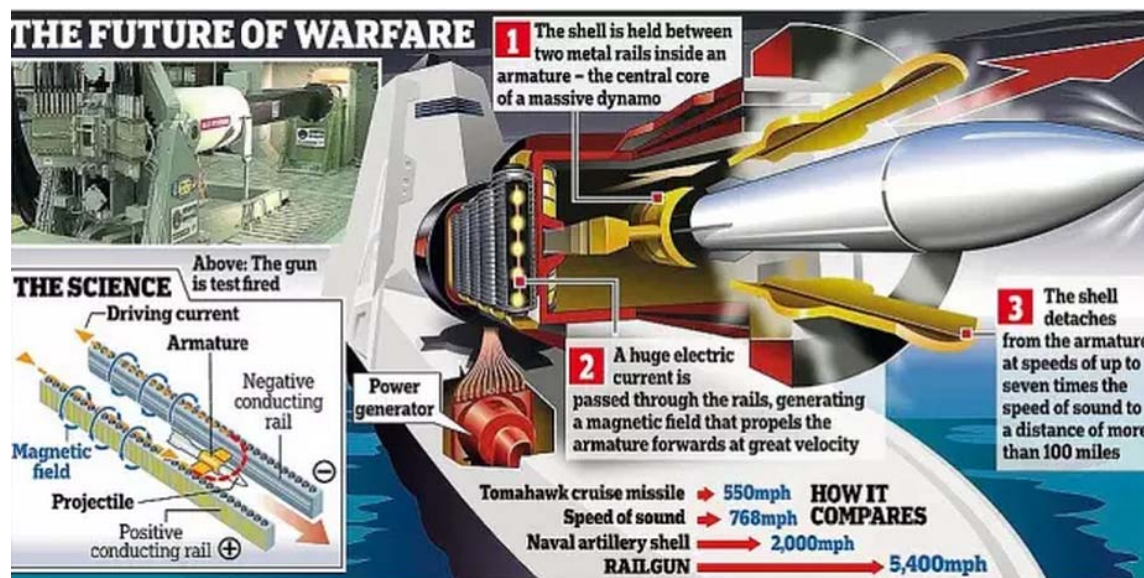
无需火药助推，它就能将一枚10公斤的炮弹以8690公里时速发射出去！

来对比下，战斧式巡航导弹的发射速度大概是885公里/时，近10倍！

音速大概是1236公里/时，7倍音速！

这是英国宇航系统公司给美国海军的电磁轨道炮项目交的货。今年会正式在美国军舰上进行试验。

磁场与电流相互作用，产生强大的安培力，推出炮弹





学习这门课的意义

北京邮电大学

民用

- 雷达→气象、导航、汽车防撞、遥感-动态信息
- 通讯→中继通信、多路通信、卫星通信、广播电视
- 微波加热应用→食物制作（微波炉）、材料烘干（干燥机）、消毒（牛奶、医用）、微波治疗（癌症、前列腺疾病和理疗等）

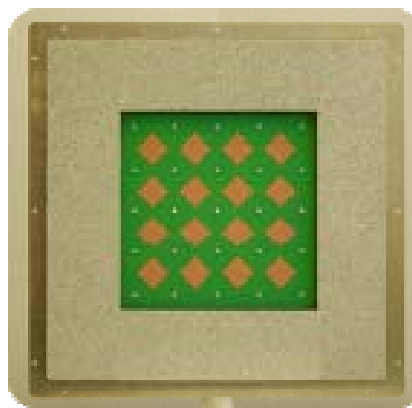
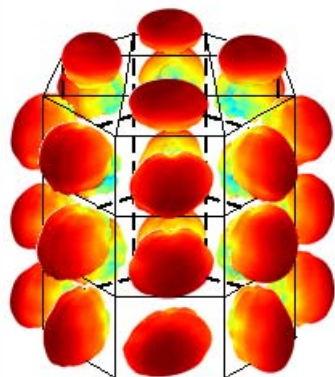


北京邮电大学

学习这门课的意义



全向阵列天线



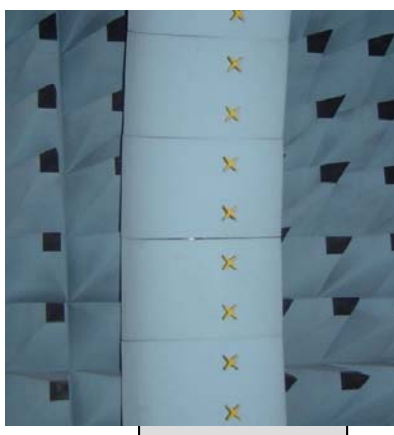
均匀平板阵列天线



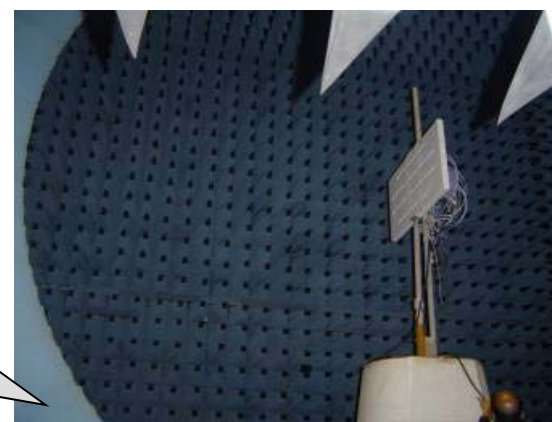
线性阵列天线



Massive MIMO



电磁场与微波技术应用



天线校准

2018/3/6

15



学习这门课的意义

科学研究

- 加速器→核医学、对撞机、洁净能源等
- 等离子体加热→核聚变能源
- 射电天文观测（20世纪六十年代天文学四大发现—类星体、中子星、2.7K背景辐射（1978年诺贝尔物理学奖）和星际有机分子都是以微波作为主要观测手段）
- 微波与物质相互作用
- 材料的微波处理→烧结、合成、改性
- 微波化学→加速反应过程
- 微波生物效应→改变生物成长过程



课程内容和时间安排

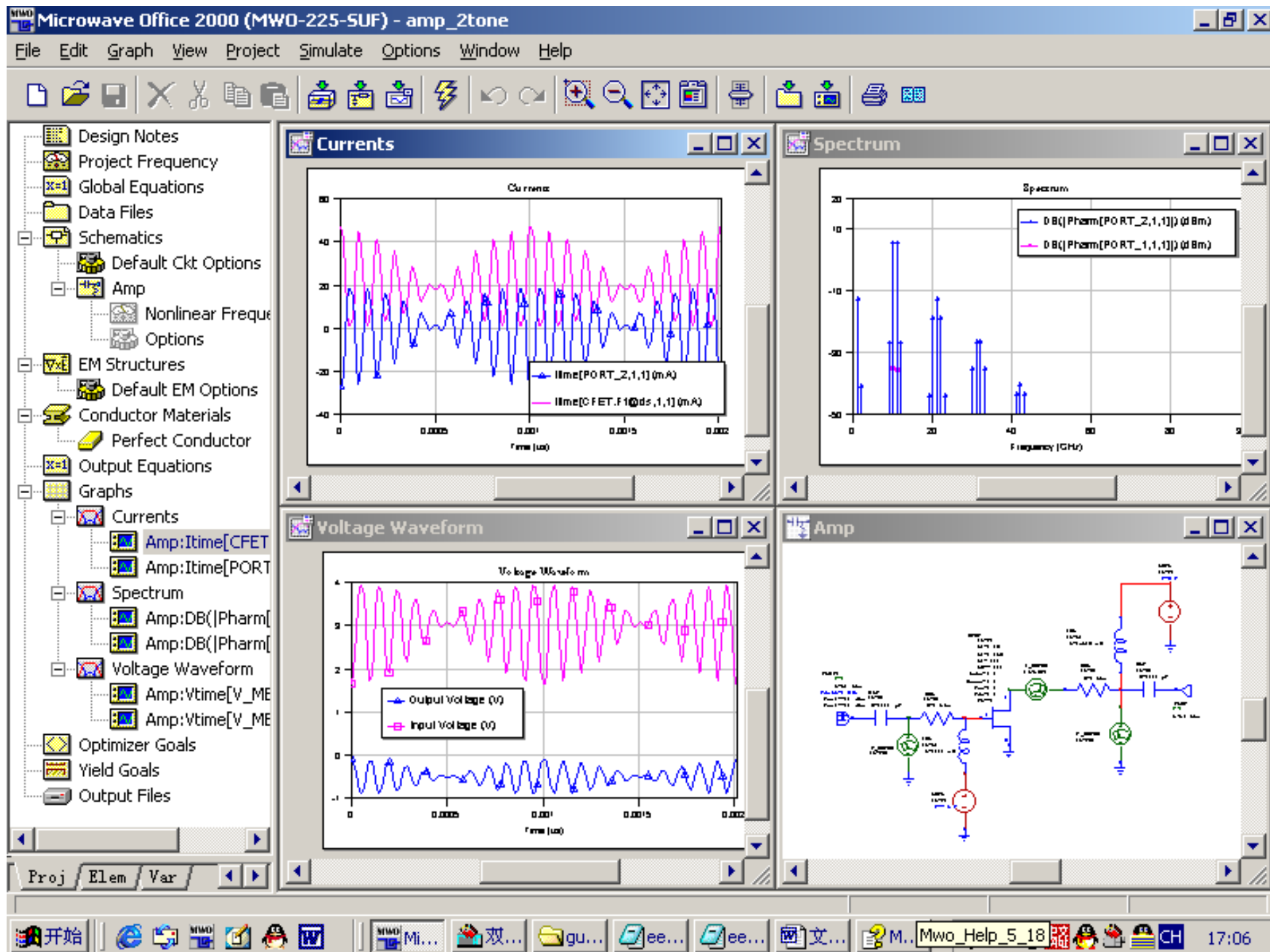
■ 本课程分成16学时的理论教学和16学时的实验教学，基本教学内容如下：

1、理论学习（16学时）

- 传输线理论基础理论和阻抗匹配概念
- 史密斯圆图的基本思想及其在传输线求解和在阻抗匹配等方面的应用
- 微波网络基础理论

2、实验学习（16学时）

- 微波仿真软件MICROWAVE OFFICE学习
- L形匹配网络实验、微带分支线匹配器实验
- 微带多节阻抗变阻器、微带功分器、微带分支线定向耦合器、微带带通滤波器和宽频带放大器等





课程重点和难点

■ 重点：

- ◆ 传输线理论
- ◆ 史密斯圆图及其应用
- ◆ 阻抗匹配
- ◆ 微带线

■ 难点：

- ◆ 传输线理论分析
- ◆ 史密斯圆图的熟练应用
- ◆ 分布参数等概念的理解



学习注意事项

■ 学习：

- 预习、听讲、笔记、复习、作业

■ 教材&参考书

- 《微波技术基础（第2版）》，李秀萍等，电子工业出版社（2017）
- 《电磁场与电磁波》，焦其祥，科学出版社（2012）
- 《MicroWave Engineering》 David M. Pozar

■ 考核方式

- 开卷：理论课成绩50% + 实验课成绩50%



谢谢大家！