



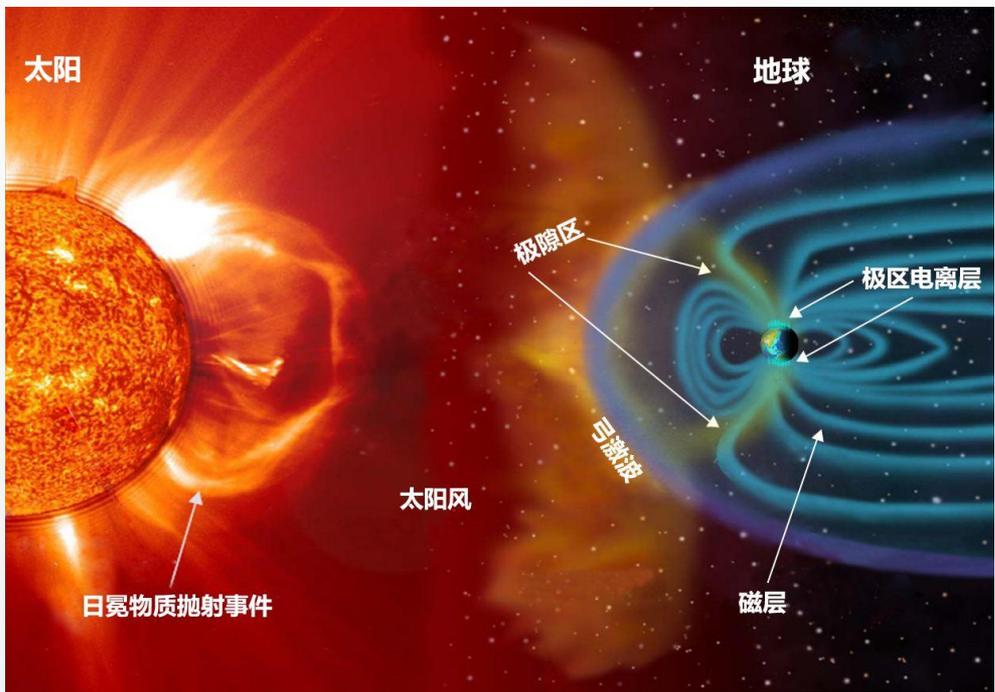
电磁场理论

Electromagnetic Theory

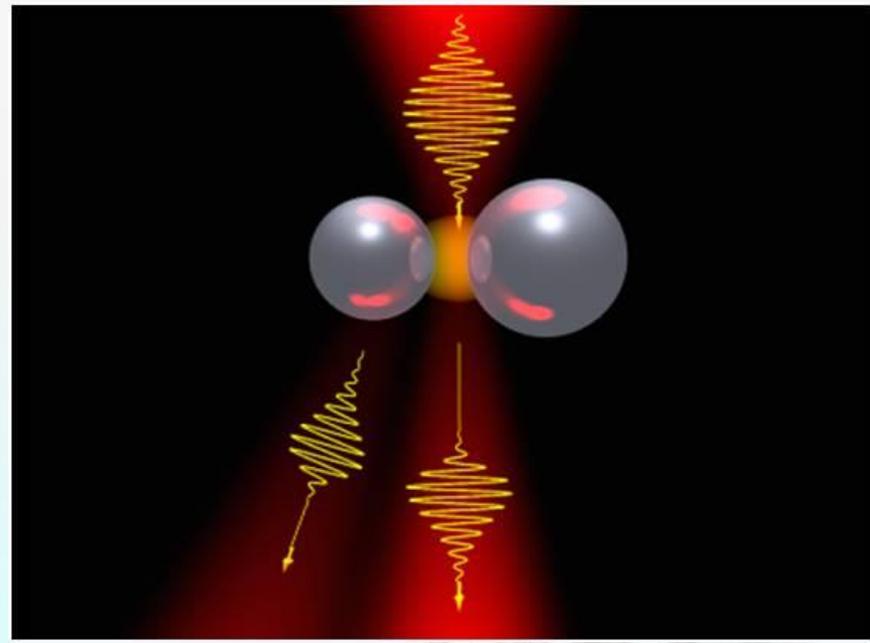
中国科学技术大学
苏觉

电话：63601373

Email: sjue@ustc.edu.cn



纳米天线



太阳风暴下的地球磁场



绪 论

- 一、电磁场理论发展简史
 - 二、课程的性质与地位
 - 三、电磁场理论的应用
 - 四、学习的目的、方法及其要求
 - 五、课程内容安排
- 

一、电磁场理论发展简史

1. 电磁场理论的早期研究

电、磁现象是大自然最重要的往来现象，也最早被科学家们关心和研究的物理现象，在公元前600多年《管子·地数》中写到“上有磁石者，其下有金铜”。但由于科技落后，且电磁场现象看不到摸不着，在很长一段历史中都未能发展。



鸱 (chi) 鱼

19世纪以前，电、磁现象作为两个独立的物理现象，没有发现电与磁的联系。但是由于这些研究（特别是伏打1799年发明了电池），为电磁学理论的建立奠定了基础。

2. 电磁场理论的建立



库仑于1779年通过实验和采用类比方法归纳、导出了两个静止点电荷间的相互作用规律，即库仑定律，是静电学理论建立的实验基础。



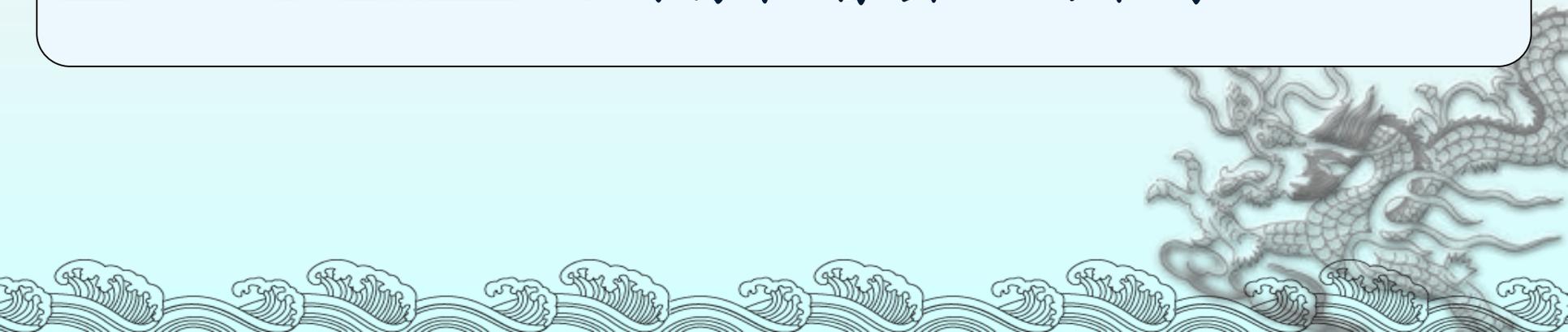
18世纪末期，德国哲学家**谢林**认为，宇宙是有活力的，而不是僵死的，认为电是宇宙的活力和灵魂；电、磁、光、热现象是相互联系的。

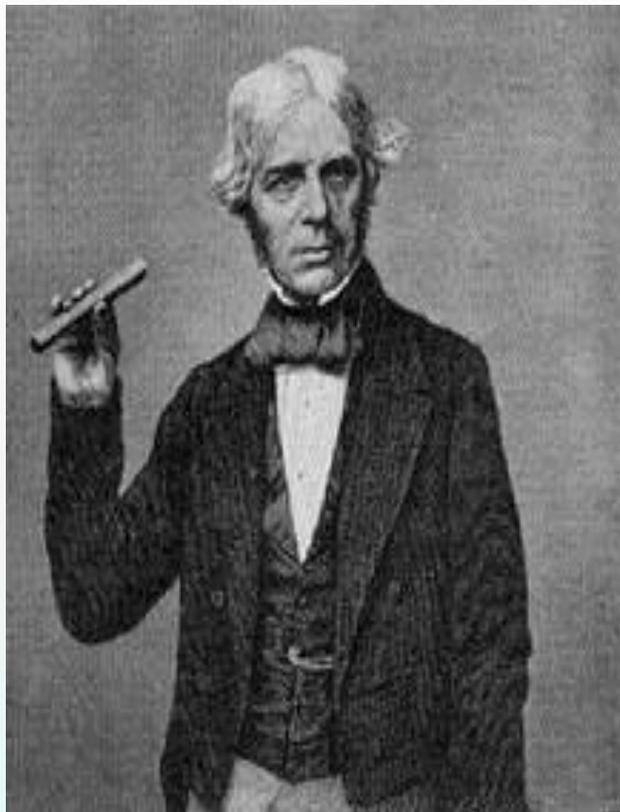


奥斯特是谢林的信徒，从1807年开始研究电与磁之间的关系。
1820年发现电流以力作用于磁针

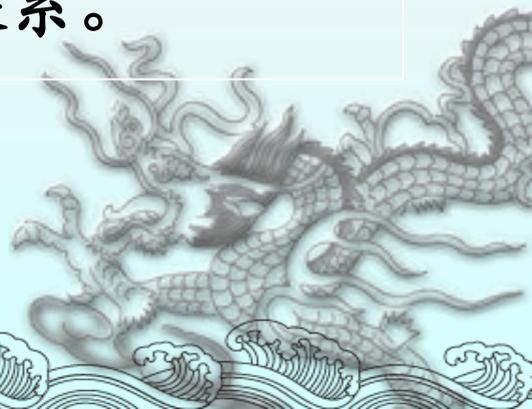


安培发现作用力的方向和电流的方向以及磁针到通过电流的导线的垂直线方向相互垂直，并定量建立了若干数学公式。这表明，电流与磁之间存在着密切的联系。





法拉第相信电、磁、光、热是相互联系的。奥斯特1820年发现电流以力作用于磁针后，法拉第敏锐地意识到磁也一定能够对电产生影响。1821年他开始探索磁生电的实验1831年他发现：当磁棒插入导体线圈时；导线圈中就产生电流。这表明，电与磁之间存在着密切的联系。



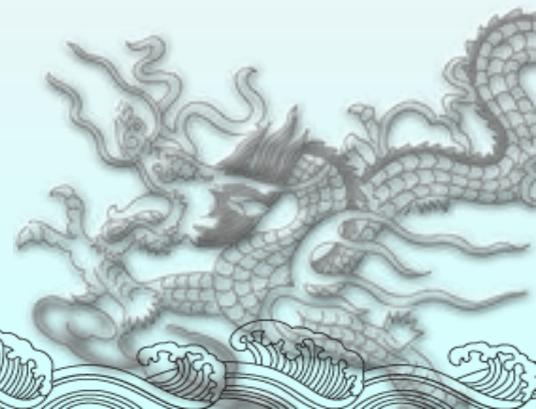


直到1865年英国物理学者**麦克斯韦 (Maxwell)** 总结和概括了物理学家法拉第、安培和高斯等前人的工作，创造性地提出了位移电流的概念。这个概念的核心思想是：变化着的电场能产生磁场；与变化着的磁场产生电场相对应。在此基础上建立了宏观电磁现象满足的基本规律——麦克斯韦方程组和光的电磁波学说。

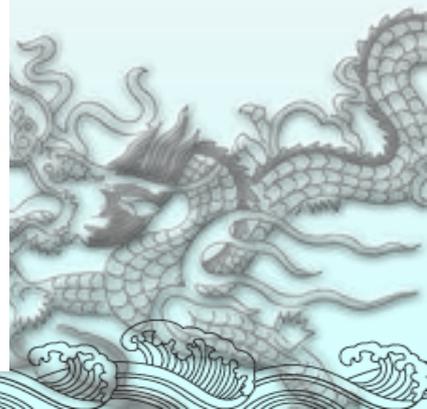
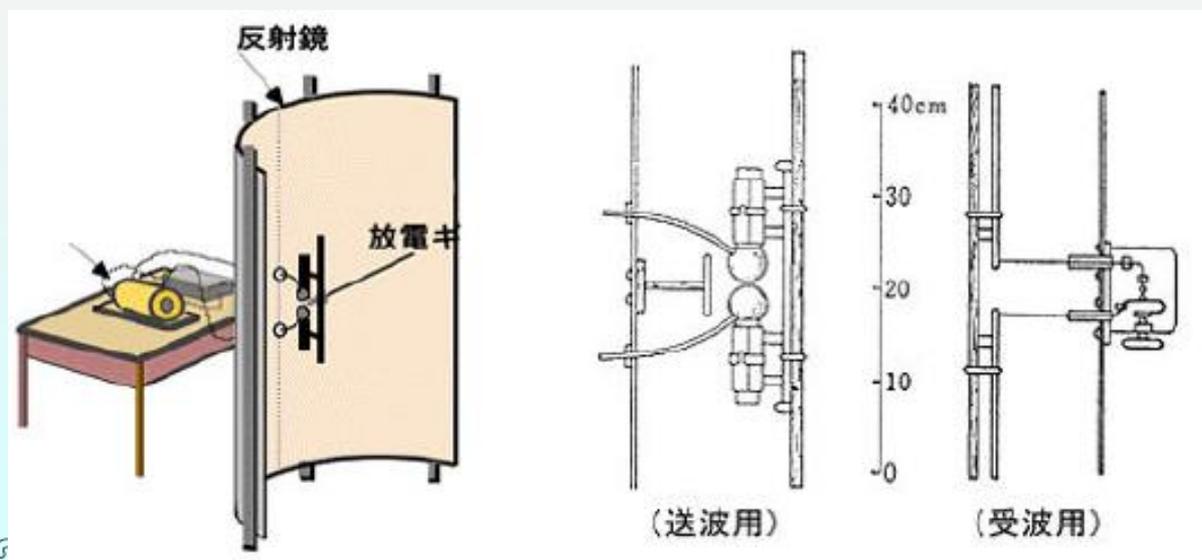
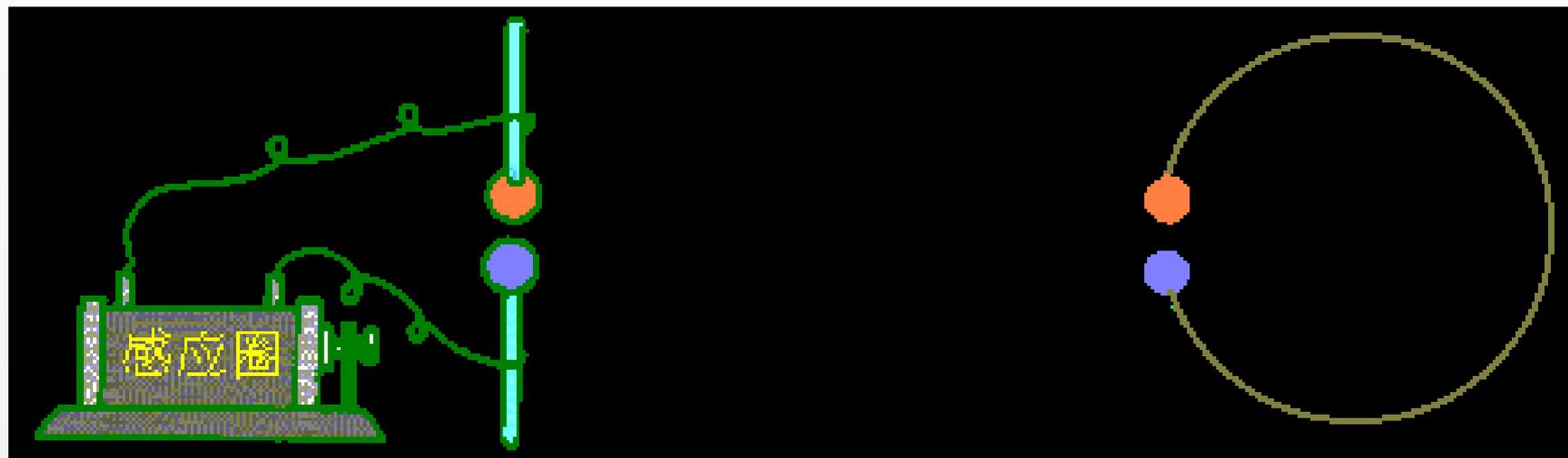




1887年，德国科学家赫兹用火花隙激励一个环状天线，用另一个带隙的环状天线接收，证实了麦克斯韦关于电磁波存在的预言，这一重要的实验导致了后来无线电报的发明。从此开始了电磁场理论应用与发展时代，并且发展成为当代最引人注目的学科之一。



赫兹设计的电磁波发生和接收装置

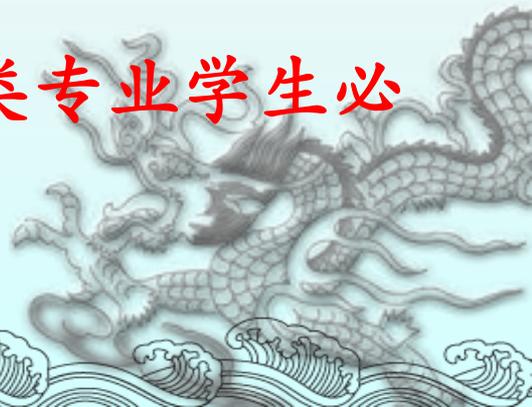


随着近百年来科学技术的进步，尤其是无线电电子学、计算机和网络的迅猛发展，使得电磁场理论得到了广泛的应用和发展。

发展的新课题：

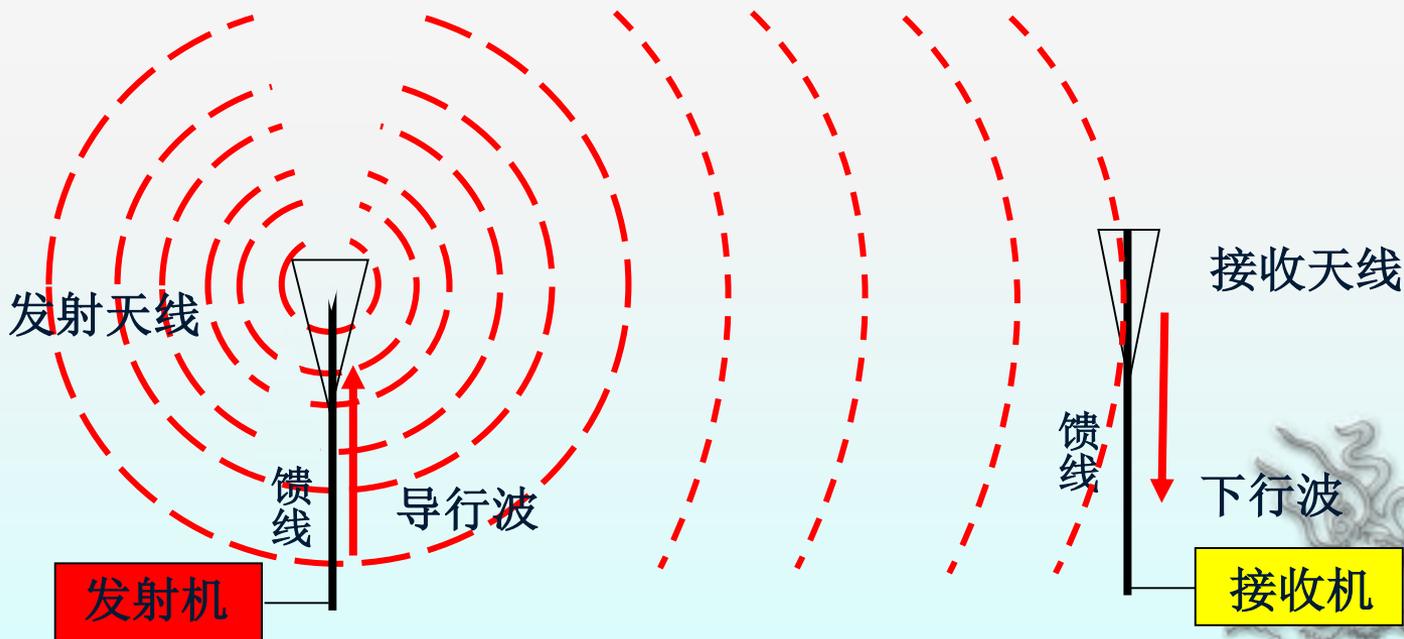
- 等离子体物理学
- 磁流体力学
- 电化学
- 量子电动力学
- 环境电磁学
- 生物电磁学
- 电磁兼容……

“电磁场理论”成为世界各国大学电类专业学生必修的一门基础课程。



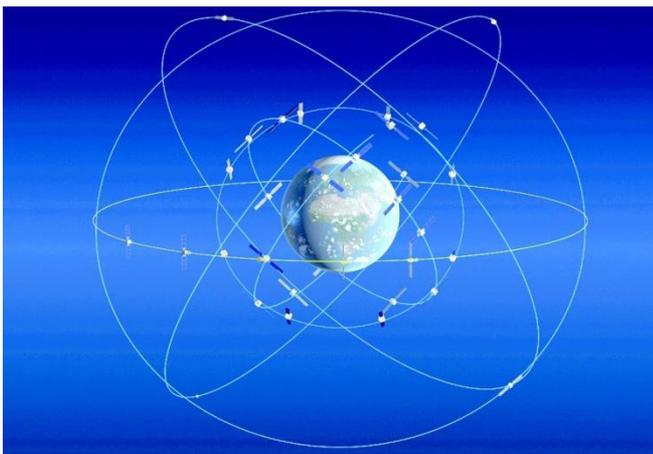
二、电磁场理论的性质和地位

☑它是电子工程的基础，“电”的产生、辐射、传播、传输、接收都与电磁场理论有关。

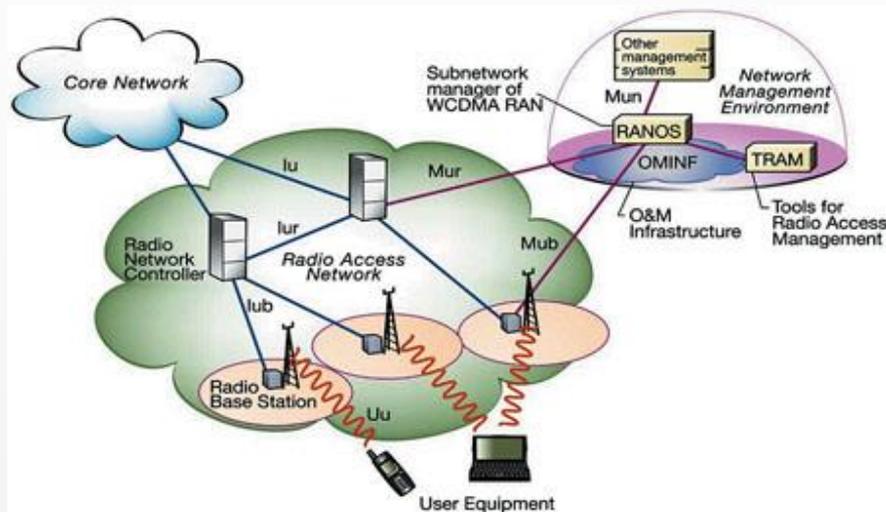


☑ 电磁场（或波）为能量一种形式，是当今世界最重要的能源，其研究领域涉及电磁能产生、存储、变换、传输和应用。



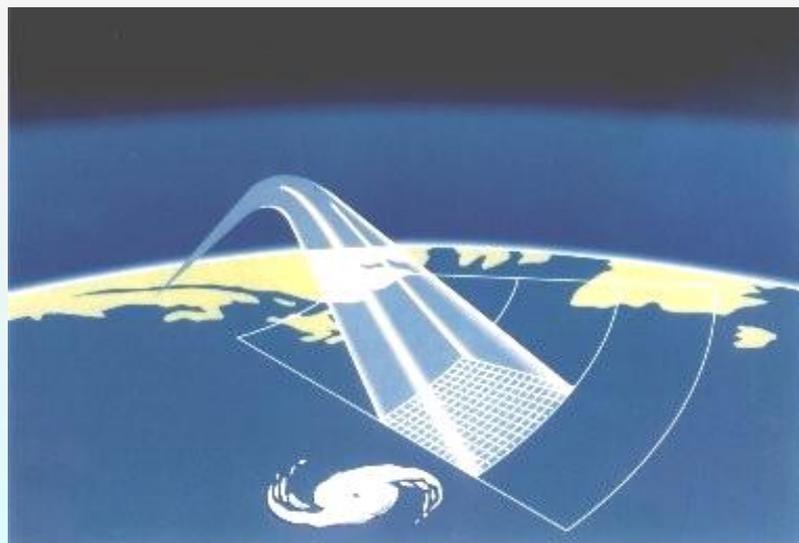


琥珀金 银钻灰 玫瑰金



☑ 电磁波作为信息的载体，成为当今社会发布和获取信息的主要手段，研究内容包括信息的产生、获取、交换、传输、储存、处理、再现和应用。

☑ 电磁波作为探测未知世界的一种重要手段，主要研究领域为电磁波与目标的相互作用特性、目标探测及其特征的获取



哈勃卫星拍摄星空



以细菌为宿主的噬菌体

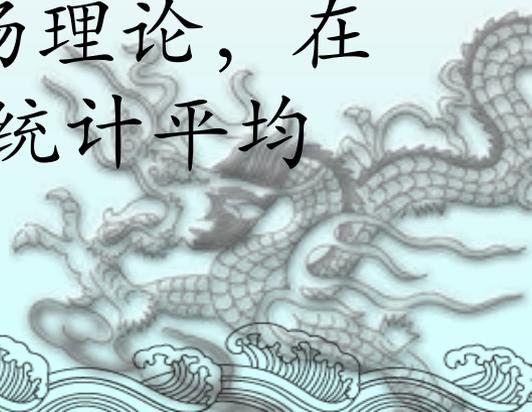


放大1000万倍

基础概念：电尺寸 l/λ

l 是传输距离 λ 是电磁波的波长

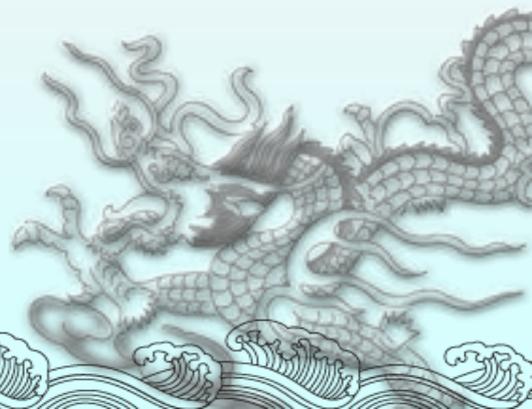
- (1) 当 $l \ll \lambda$ 时我们采用电路理论研究如何解决问题。
- (2) 当 $l \gg \lambda$ 时我们采用几何光学研究如何解决问题。
- (3) 当 $l \sim \lambda$ 时我们采用电磁场理论研究如何解决问题。
- (4) 局限性：是宏观媒质的电磁场理论，在有介质时，是一定尺度范围内的统计平均结果。什么叫一定尺度？



三、电磁场理论的应用

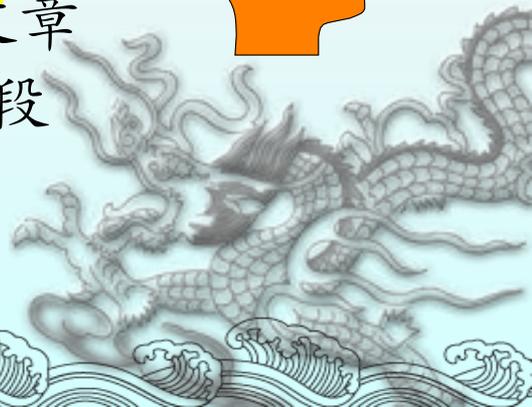
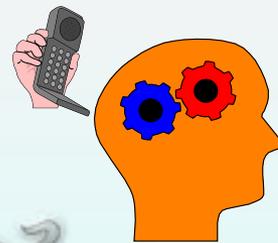
- ◇ 日常生活
- ◇ 通信
- ◇ 产生和接收
- ◇ 遥感
- ◇ 高速高密度电路
- ◇ 雷达
- ◇ 军事

总之：应用广泛

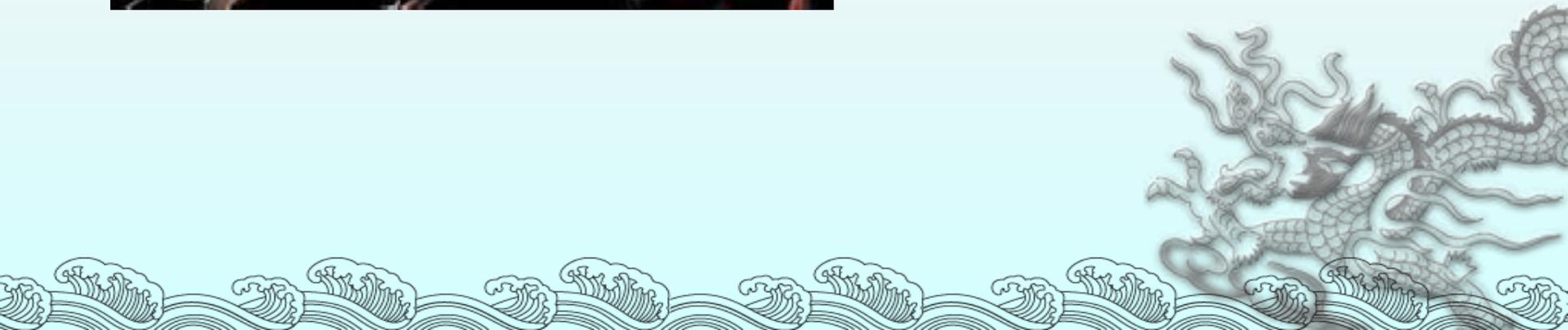
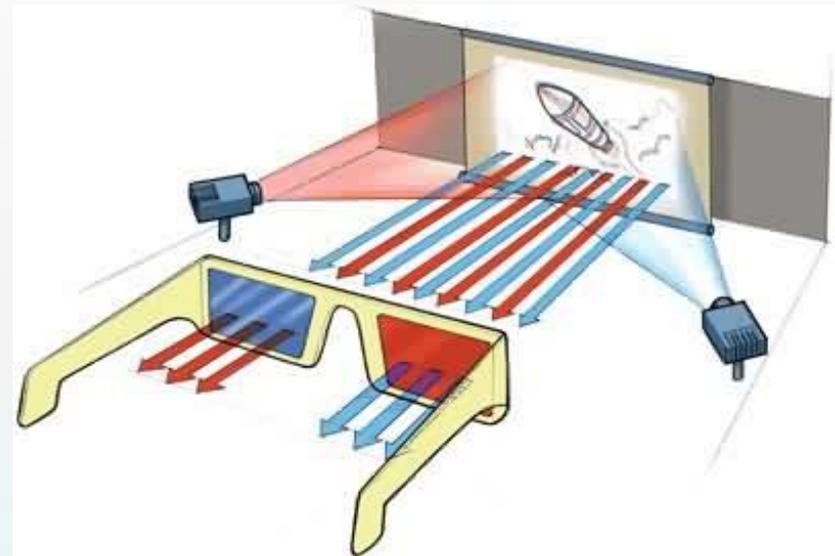


实际生活中用到的电磁场

- ◆ 防静电措施——避雷针；
- ◆ 电视天线（阻抗、极化匹配）
 - ◆ 室内天线
 - ◆ 公用天线
- ◆ 在移动通信上的应用
 - ◆ 互联网无线接入
 - ◆ 蓝牙技术
 - ◆ RF/MMIC技术
 - ◆ 手机辐射对人体影响：见IEEE/MTT文章
 - ◆ 高速数字电路：CPU主频达到微波频段
 - ◆ 射频电路中的串扰（cross-talk）

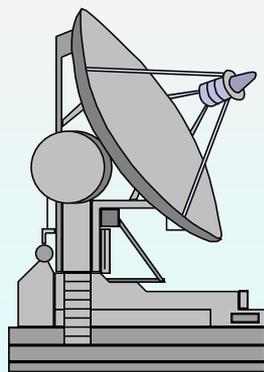
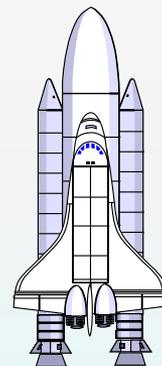
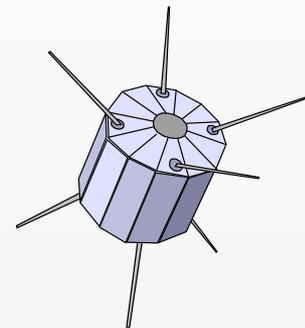


立体电影

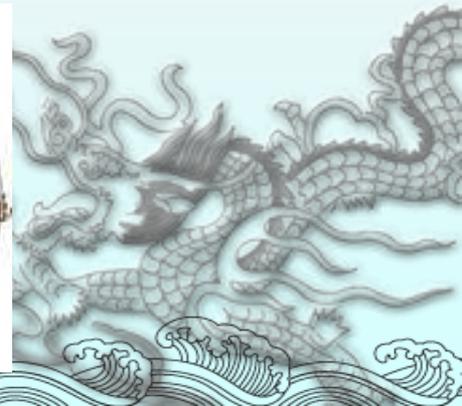
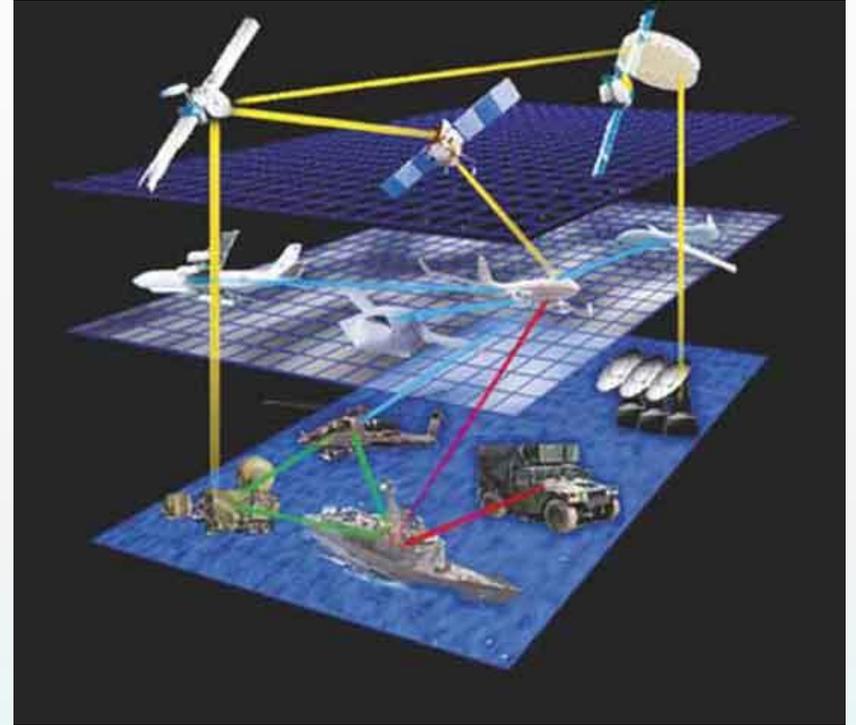


在国防上的应用

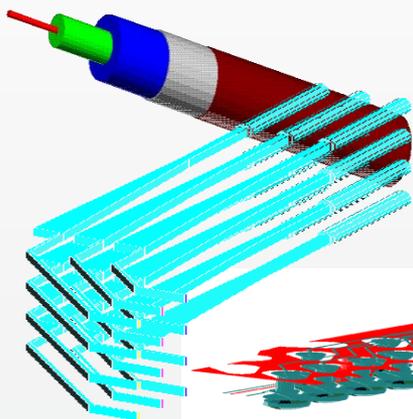
- ◆ 隐身技术
- ◆ 防空导弹系统、预警系统
- ◆ 卫星通信、卫星遥感
- ◆ C⁴I
- ◆



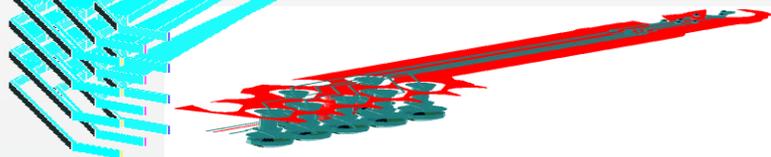
卫星定位技术



电磁场理论与现代通信技术



Connectors
Packages
Cables

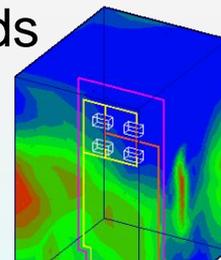


PCB

Calculate R, L, C Matrices

	vss 1b	vss 2b	vss 3b	vss 4b
vss 1b	9.38e 09	f.78e 09	f.06e 09	G.73e
vss 2b	f.78e 09	8.99e 09	f.02e 09	G.68e
vss 3b	f.06e 09	f.02e 09	8.36e 09	G.70e
vss 4b	G.73e 09	G.68e 09	G.70e 09	f.92e
vss 5b	G.42e 09	G.36e 09	G.29e 09	G.34e
vss 6b	b.78e 09	b.73e 09	b.68e 09	b.61e
vss 7b	b.36e 09	b.32e 09	b.28e 09	b.21e
vss 8b	4.20e 09	4.18e 09	4.18e 09	4.11e
vss 9b	4.28e 09	4.24e 09	4.20e 09	4.18e

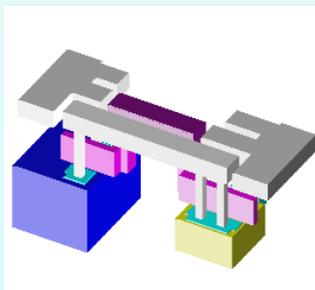
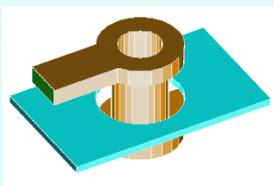
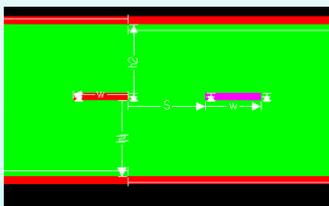
Plot fields



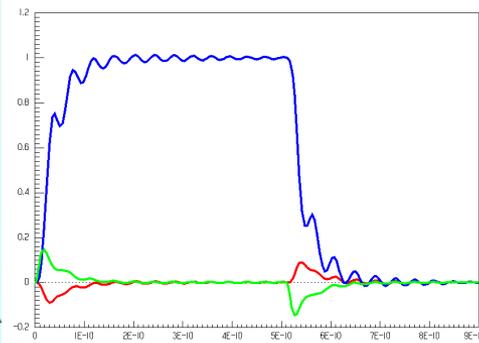
Create SPICE
netlists

```
L002 7 8 7.37328E-010
R002 8 9 0.0177806
C002 9 3 4.07407E-010
L003 10
R003 11
C003 12
```

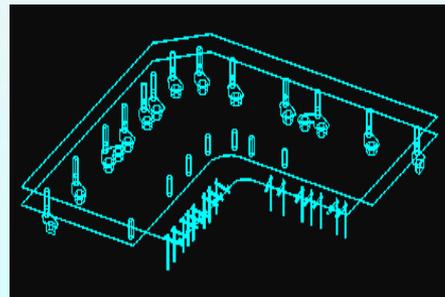
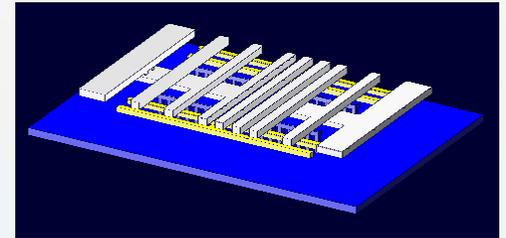
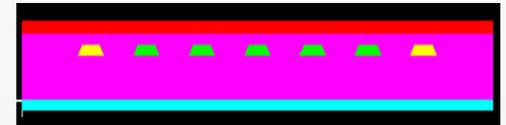
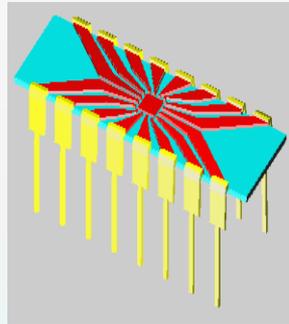
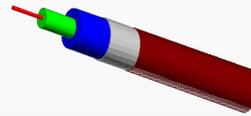
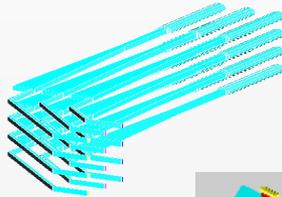
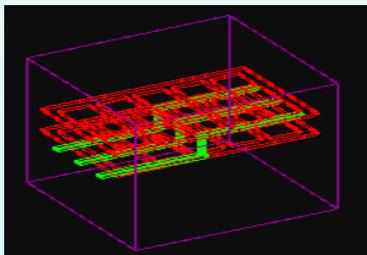
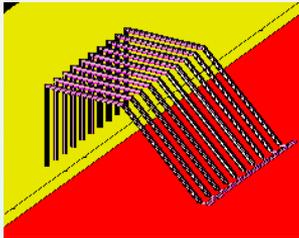
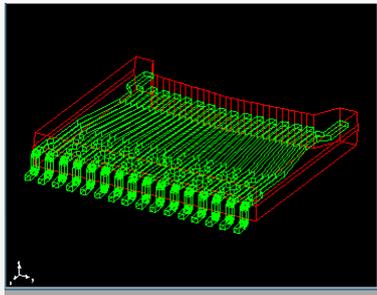
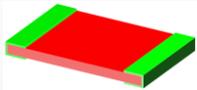
Interconnect Substrates



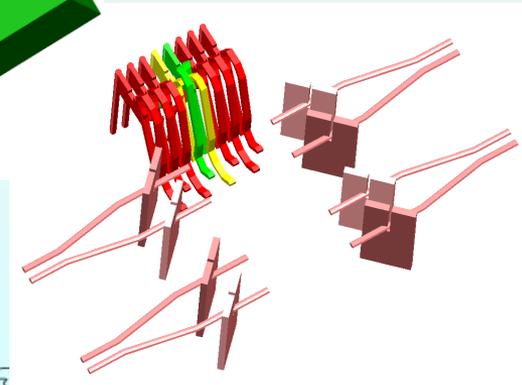
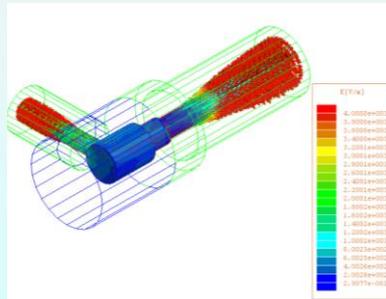
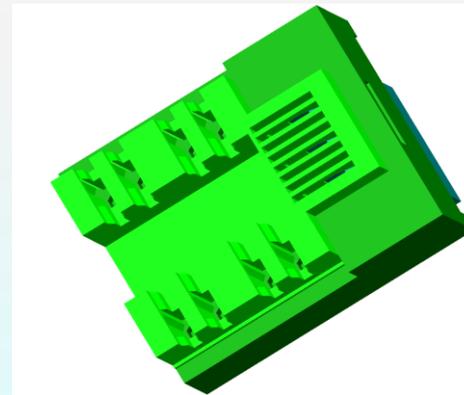
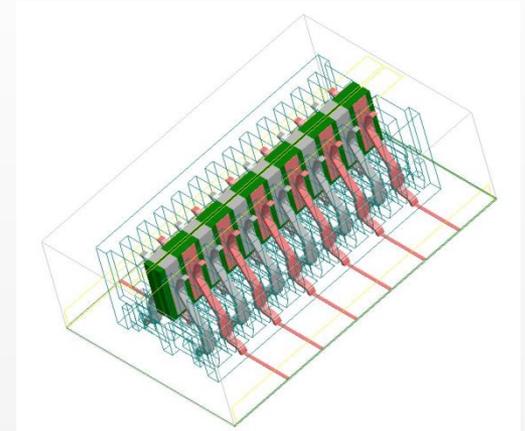
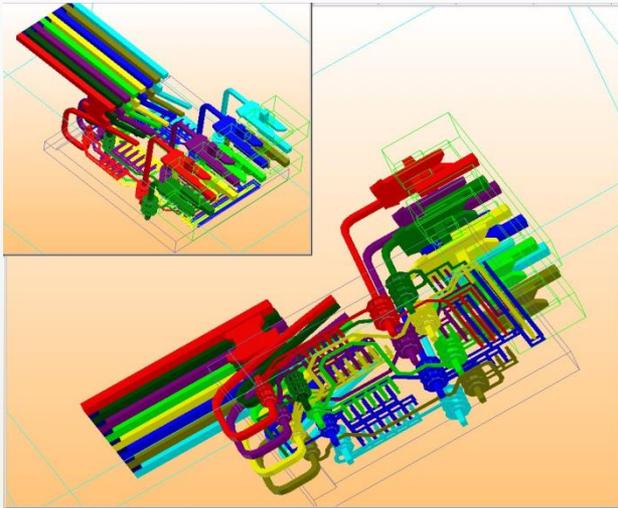
Simulate
signal
integrity



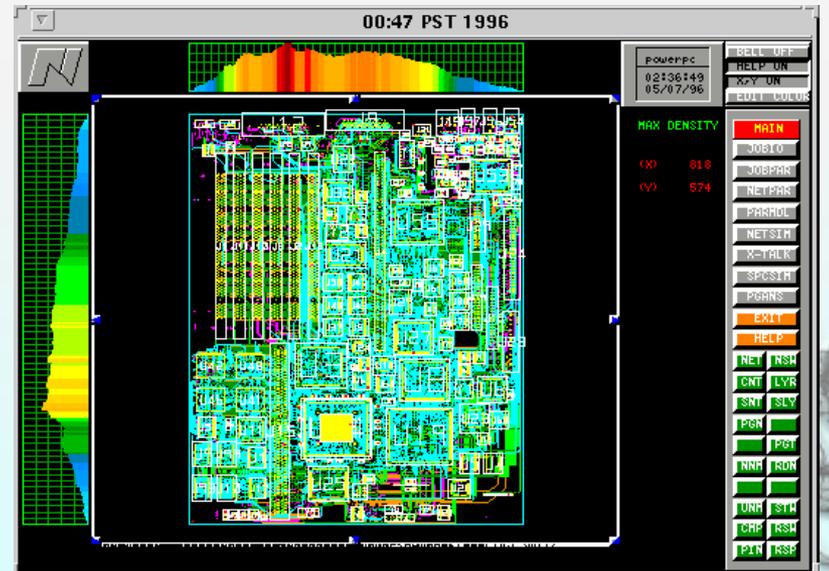
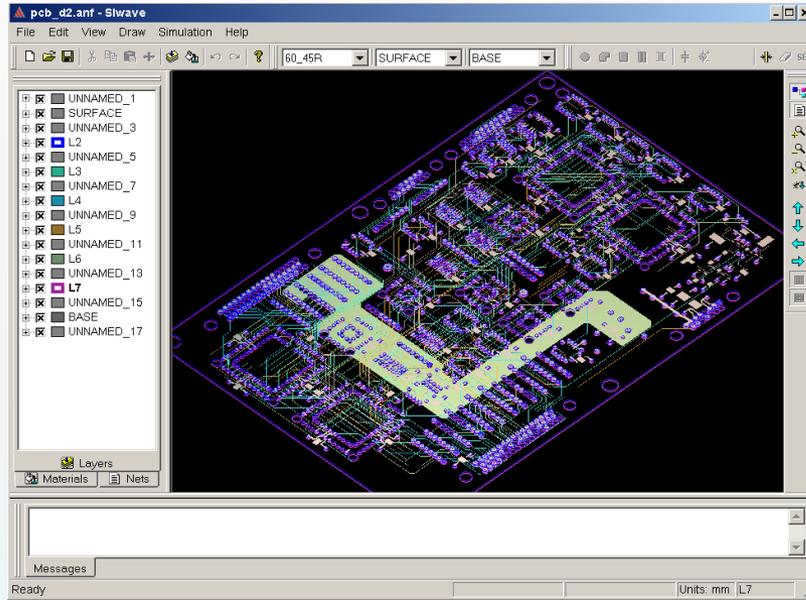
现代电子技术



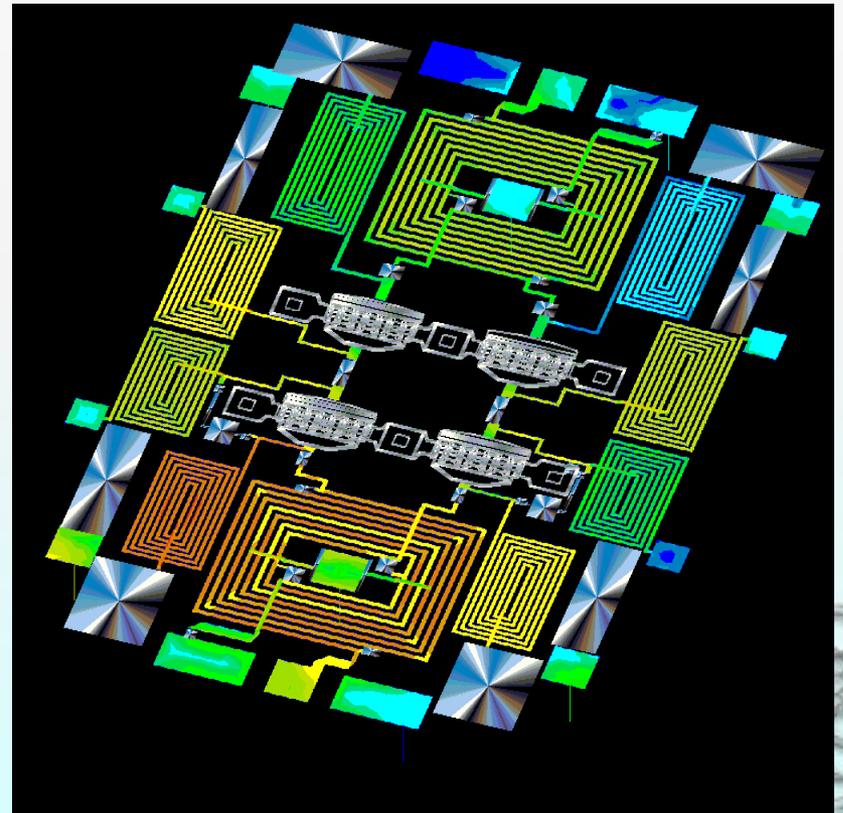
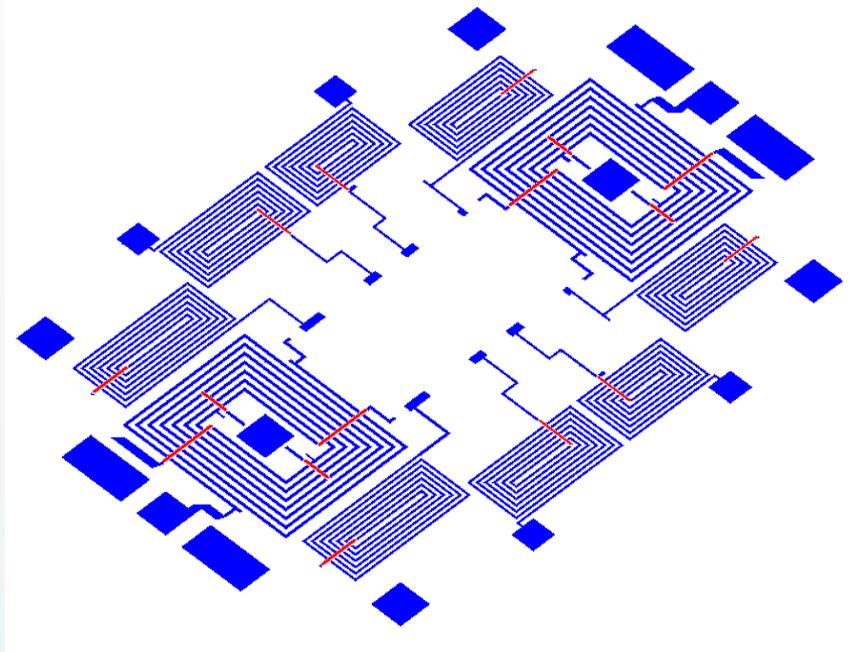
连接中的电磁场问题



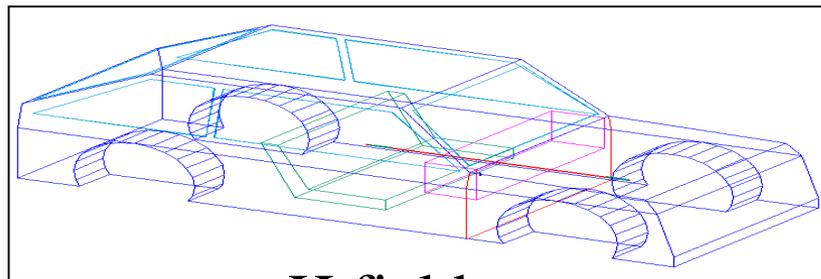
信号完整性



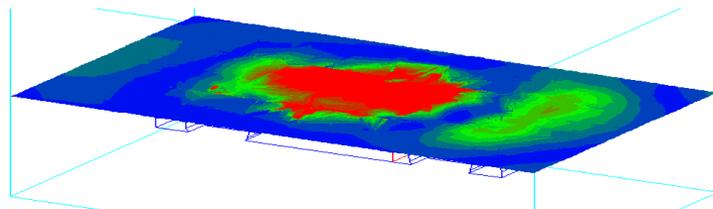
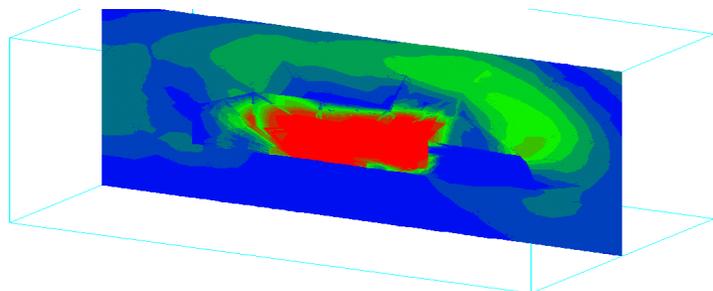
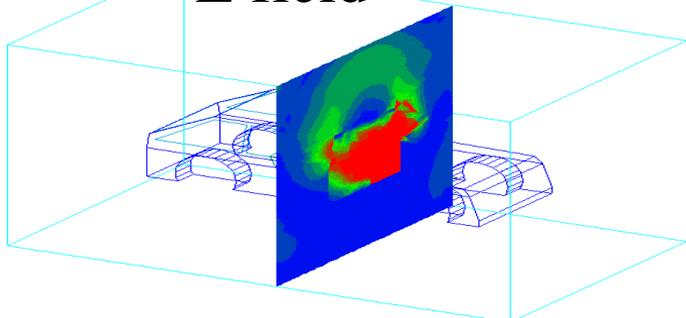
低噪放设计



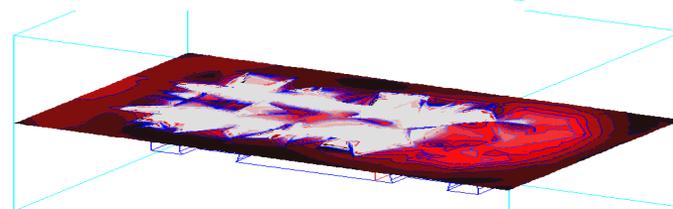
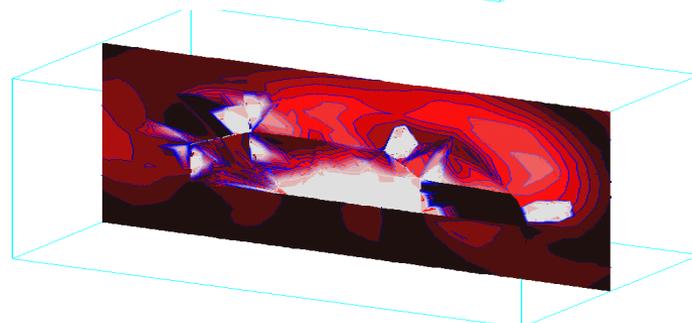
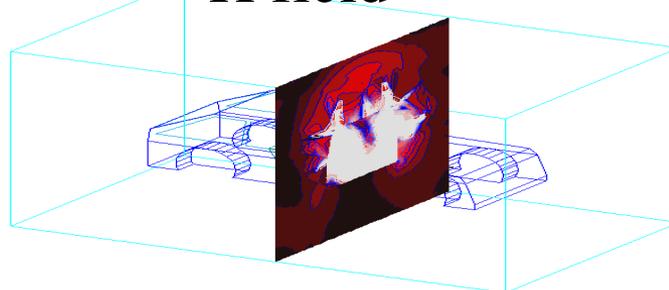
汽车EMI/EMC



E field



H field



电磁场与我们密不可分

天线



中、短波发射天线



微波接力天线

暗室



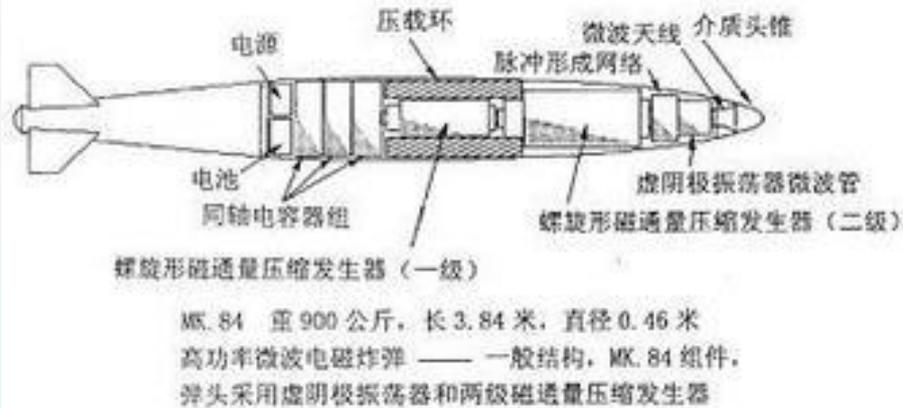
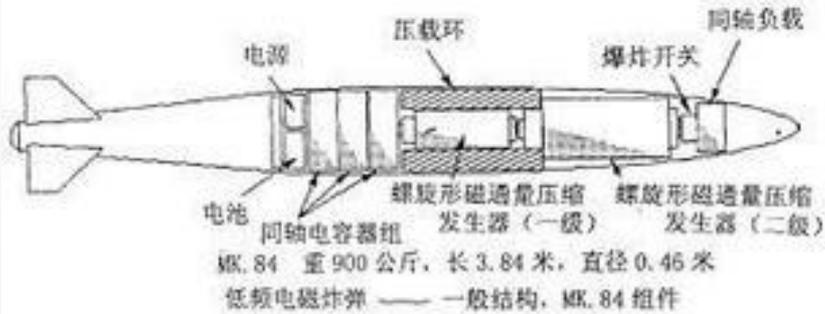
磁悬浮



利用电磁场 车身悬浮起来



电磁脉冲炸弹



舰载激光炮



四、学习的目的、方法及其要求

(1) 本课程的地位

基础课有着承前启后的作用，研究电磁相互作用规律的基础学科。

电磁学

微积分

复变函数

数理方程

电磁
场理
论

天线基础

微波技术

高等电磁场

耦合模理论

介质波导结构与应用

电磁场数值解法

微波系统与工程

.....

(2) 学习目的和要求

掌握宏观电磁场的基本属性和运动规律

掌握宏观电磁场问题的基本求解方法

了解宏观电磁场的主要应用领域及其原理

训练分析问题、归纳问题的科学方法

培养用数学解决实际问题的能力

独立完成作业，做好课堂笔记

精读一至二本教学参考书

五、课程内容安排

第一章 矢量分析

第二章 静电场 { 真空中的静电场
存在介质时的静电场

第三章 静电场的边值问题的解法与恒定电流的电场

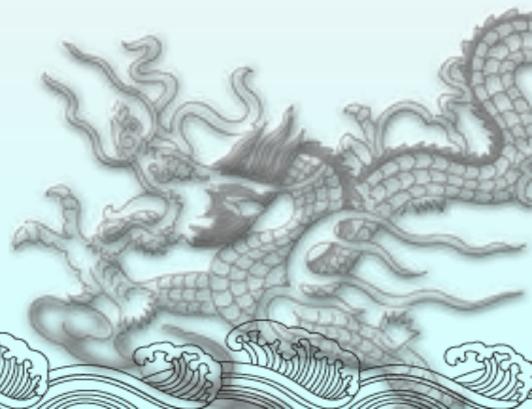
第四章 恒定磁场

第五章 电磁感应与磁场能量

第六章 时变电磁场

第七章 平面电磁波

第八章 电磁波的辐射

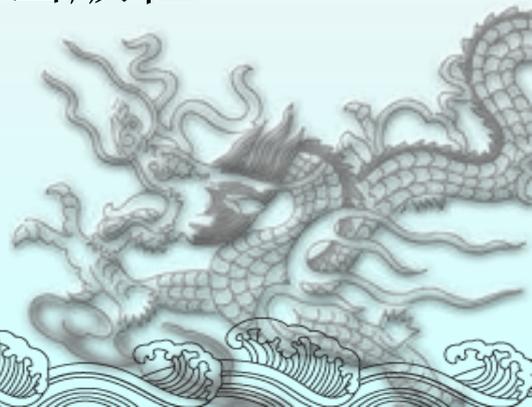


教材与参考书

《电磁场理论基础》 王蔷、李国定等著 清华大学出版社

主要参考书

- 【1】 J. D. Kraus, Electromagnetism with Application (Fifth Edition)
- 【2】 毕德显, 电磁场理论, 电子工业出版社
- 【3】 郭硕鸿, 电动力学 (第二版)
- 【4】 王蔷等, 电磁场理论基础, 清华大学出版社
- 【5】 谢处方, 电磁场与电磁波, 高等教育出版社



学时、学分、作业与考试

(1) 60学时

(2) 3学分

(3) 每周一次作业

(4) 考核方式:

作业	期末考核
30%	70%

