

# 学术学位 研究生核心课程指南(二)

(试 行)

国务院学位委员会第七届学科评议组 编

高等教育出版社·北京

# 目 录

0801 力学一级学科研究生核心课程指南 .....	1
01 连续介质力学 .....	1
02 高等动力学 .....	4
03 计算力学 .....	6
04 实验力学 .....	9
05 非线性动力学 .....	11
06 高等流体力学 .....	13
07 高等固体力学 .....	15
08 工程力学 .....	17
09 生物力学 .....	19
10 数学建模 .....	21
0802 机械工程一级学科研究生核心课程指南 .....	24
01 高等工程数学 .....	24
02 现代设计理论(含高等工程力学) .....	27
03 先进制造理论与技术(含工程材料) .....	30
0803 光学工程一级学科研究生核心课程指南 .....	33
01 高等光学(或高等物理光学、光及电磁理论等) .....	33
02 光电子学(或光子学原理与应用) .....	35
03 激光光学(或激光物理学等) .....	37
04 光波导技术 .....	40
05 高等光学工程实验 .....	41
06 虚拟现实与增强现实技术 .....	43
07 光学原理 .....	45
08 微纳光子学及应用 .....	47
09 光电成像技术与系统 .....	50
10 现代光学设计及仪器 .....	52
11 先进光学制造技术 .....	54
0804 仪器科学与技术一级学科研究生核心课程指南 .....	58
01 仪器科学前沿 .....	58
02 量子精密测量导论 .....	60
03 仪器开发与创新 .....	63
04 动态测试信号处理与建模 .....	65
05 微纳器件与系统 .....	67
06 微弱信号检测与处理 .....	70
07 机器视觉 .....	73
08 超精密测量技术 .....	76

### 01 高等光学(或高等物理光学、光及电磁理论等)

#### 一、课程概述

本课程为光学工程专业的入门课程,兼顾本领域的基本理论与前沿发展。课程涉及光及电磁波理论、晶体光学、电光效应、声光效应等知识,介绍电磁波在金属、介质、晶体等媒介的传播机理,学习光场特性的调控技术,学习利用电磁场理论求解并分析光学中的基本问题,特别是利用电磁场理论分析求解光学工程应用中出现的光学现象及解决应用问题,同时本课程还可讲授光探测的基本理论和光场的相干理论,以及激光应用的最新进展等,从而使学生对该领域有一个更全面的了解,课程的学习将为今后学习导波光学、非线性光学、量子光学等打下坚实基础。

#### 二、先修课程

普通物理,高等数学(微积分、微分方程和傅里叶变换部分),工程光学。

#### 三、课程目标

通过本课程的学习,掌握光学电磁理论、晶体光学、电光效应和声光效应等基本理论与概念,并能够利用这些基本理论解决现代光学中的具体问题。

(1) 掌握电磁波理论的基本知识,学习在不同介质和不同的边界条件下求解麦克斯韦方程组的基本方法。

(2) 学习利用电磁场理论求解并分析光学中的基本问题。

(3) 利用电磁场理论分析,求解并分析现代光学中出现的光学现象及应用问题。

#### 四、适用对象

本学科硕士研究生及以上。

#### 五、授课方式

课程授课方式鼓励课题教学法与其他教学方式相结合,例如可以采用现场教学法、自主学习法、任务驱动法等,鼓励采用翻转课堂、同伴教学等方法,充分利用现代信息技术,体现传承与创新相结合。

## 六、课程内容

课程内容主要包括:

(1) 电磁场理论基础及麦克斯韦方程组,主要包括场论基础,静电场、静磁场基本定律,时变电磁场,真空中的麦克斯韦方程组,介质中的麦克斯韦方程组,电磁边界条件,无源波动方程,有源波动方程,电磁场的能量,麦克斯韦方程组的完备性和对偶性等。本章的重点主要包括电磁场基本理论、麦克斯韦方程组和波动方程组,主要难点包括麦克斯韦方程组、电磁边界条件等;

(2) 电磁波在无限大均匀介质中的传播,主要包括无限大均匀介质中的平面波解、无限大均匀介质中的球面波解、无限大均匀介质柱坐标下高斯基模解、单色平面波的基本特性、平面电磁波的能量和能流密度、准单色光波、任意简谐波及相速度、光波偏振等。重点在于无限大均匀介质中的平面波解和球面波解、光波偏振等;

(3) 电磁波在分层介质中的传播,主要包括平面电磁波在介质界面上的反射和折射、全反射和倏逝波、古斯-汉森位移、电磁波在分层介质上的反射和透射等;

(4) 电磁波在金属中的传播,主要包括复介电常数、复折射率的引入,电磁波在金属界面上的折射,有损介质的复数波矢,电磁波在金属表面的反射,电磁波的色散等;

(5) 电磁波在金属波导中的传播,主要包括波导管中的场方程及边界条件,矩形波导中的电磁波,无穷大平板波导中的电磁波,圆形规则波导中的电磁波等;

(6) 电磁波的衍射理论(标量或矢量电磁波衍射理论),表面偶极子模型,电磁波的散射与辐射,光波的相干性,光波谐振特性与谐振腔;

(7) 电磁波在介质波导中的传播,主要包括薄膜介质波导的概念,射线法分析薄膜波导,用电磁理论求解薄膜介质波导,介质薄膜波导中的场分布,介质平板波导的传输功率,圆形介质波导(光纤)的一般概念,圆形介质波导的电磁理论解法,矢量解的特征方程,矢量解的模式分类及特征方程,矢量模的特性,非均匀光纤等。重点在于用电磁理论求解薄膜介质波导、矢量解的特征方程等;

(8) 电磁波在晶体中的传播,主要包括晶体中光波的结构,电磁波在不同晶系的晶体中的传播,晶体宏观光学性质的几何表示,光波在晶体表面的折射和反射,双轴晶中的内锥折射和外锥折射,晶体中的非线性效应,电光效应及其应用,介质中的磁光,声光效应等,其他的非线性光学效应等。重点在于光波在晶体表面的折射和反射,双轴晶中的内锥折射和外锥折射,晶体中的非线性效应,电光效应及其应用等;

(9) 部分相干及标量衍射理论,主要包括相干性的基本概念,多色光场的解析信号描述,互相干函数及其谱表示相干度的测量,准单色光的干涉,准单色光的传播和衍射,范西特-泽尼克定律,部分相干光的衍射等;惠更斯-菲涅耳原理和衍射现象的标量处理;基尔霍夫衍射理论;夫琅和费衍射条件;夫琅和费衍射和傅里叶变换;瑞利距离和菲涅尔数;衍射光学系统的分辨率,基本粒子等非光学系统中衍射现象等;

(10) 相干及衍射的应用:衍射光栅、各种光栅分析;光栅光谱仪;光谱分辨率;光谱仪设计,声光光栅与声光调制;法布里-波罗干涉仪,法布里-波罗干涉仪的特性参数,法布里-波罗干涉仪用作光谱分析,法布里-波罗干涉仪增强法拉第旋光效应;光学薄膜等。

## 七、考核要求

本课程考核方式应全面评价学生的知识掌握程度、强化应用能力和创新能力考核,把注重考核学生实际能力、全面考核、过程考核相结合,建立多种双向式、过程化考核反馈机制,实行多形式、多阶段、多类别考核方式,强化自主学习等比重。

## 八、编写成员名单

刘崇(浙江大学)、袁晓东(国防科技大学)、徐威(国防科技大学)、张检发(国防科技大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 02 光电子学(或光子学原理与应用)

### 一、课程概述

本课程是光学工程专业的专业必修课程,主要讲述光电子和光子学器件领域的理论基础、基本原理及其在光学工程领域中的应用,主要内容包括光的波动特性、介绍波导和光纤、半导体学与发光二极管、受激辐射器件——光放大器和激光器、光探测器和图像传感器、光的偏振和调制等。另外,课程还在每一专题适当介绍先进技术和产品化光电子器件的实例,扩大和深化学生对基本内容的理解。本课程强调通过物理概念理解光子学基础原理,提供例题加强光子学原理在光电子器件上的实践应用。

本课程作为光学工程专业光电信息技术的基础,是从事光电子技术相关领域科学理论和信息技术研究以及器件设计、制造必须掌握的一门专业知识。

### 二、先修课程

大学物理,物理光学,以及电磁场与电磁波基础知识。

### 三、课程目标

通过本课程的学习,加深对光子学原理的深刻理解,提高分析和设计光电子器件的能力,掌握利用光子学原理进行光电子学前沿理论分析、新型光电子器件设计以及光电信息技术应用的能力,培养学生发现问题、解决问题的理论分析以及工程实践能力,为进一步学习光电信息技术知识打下良好的基础。

通过本课程的学习力求使学生达到:

- (1) 掌握光的波动性的基本概念和基本原理;

- (2) 掌握介质波导与光纤的色散等基本特性与设计方法;
- (3) 掌握半导体物理的基本原理和发光二极管设计方法;
- (4) 掌握受激辐射器件以及光电探测器件的工作原理;
- (5) 掌握光的偏振和调制器件原理以及设计方法;
- (6) 提高学生发现问题、分析问题以及解决问题的实践能力。

#### 四、适用对象

适用于博士研究生和硕士研究生,也适用于电子科学与技术学科的物理电子学专业方向。

#### 五、授课方式

##### 1. 课堂讲授部分

课堂讲授包括教学方法和手段设计。引导学生对课程内容的总体把握,在掌握课程基本理论和基本方法的基础上,结合光电子器件实例使学生能够触类旁通;加强互动式、启发式教学,启发学生能够从光子学概念、基本原理去分析光电子器件的性能,从而培养学生分析问题、解决问题的能力并锻炼提高学生自主学习和创新能力。

##### 2. 专题研讨和研究课题方案设计

主要以培养学生独立从事研究和创新能力为目的,设计不同的研究课题,启发学生查找参考资料,设计创新性技术方案,独立完成专题论文。将理论教学和光电子器件实例紧密结合,以小组为单位,围绕光电子学器件的基本原理和系统基本方法,设计多个系列化的研究专题项目,引导学生开展专题研究与讨论,提高学生理论联系实际能力,培养学生探索精神和创新意识。

#### 六、课程内容

##### 1. 光的波动性

均匀介质中光波特性和光的折射率和色散特性,光的群速度和群折射率,斯涅耳定律及其全内反射,菲涅耳方程,增透膜及其介质镜,光的吸收特性和复折射率,光的时间和空间相干性,光波的干涉和衍射特性等。

##### 2. 介质波导和光纤技术

对称平面介质波导,平面波导传输模式及色散特性,阶梯折射率光纤,数值孔径,单模光纤的色散特性,光纤色散修正及补偿,梯形折射率光纤,光纤衰减特性,光纤制作技术等,附加内容:波分复用器件(WDM),在光纤和 DWDM 器件中的非线性效应,布拉格光纤,光子晶体光纤,布拉格光栅和传感器等。

##### 3. 半导体物理及 LED

半导体统计学,非本征半导体,直接带隙和非直接带隙半导体,PN 结原理,PN 结反向电流,PN 结动态电阻和电容,复合寿命,LED 发光原理,量子阱高亮度 LED,LED 发光材料及结构,LED 发光效率及亮度,用于光纤通信的 LED,白光 LED 特性。

##### 4. 受激辐射器件

光放大器及激光器,受激辐射、光放大及激光器原理,受激辐射方程及辐射横截面,掺铒光纤放大器,He-Ne 气体激光器,气体激光器输出光谱,激光振荡阈值及增益带宽,激光增益曲线

及线宽加宽特性,脉冲激光特性:调 Q 和锁模,激光二极管发光原理。

#### 5. 光电探测器及图像传感器

PN 结光电二极管原理,Shockly-Ramo 理论及外光电流,吸收系数及光电探测器材料,量子效率及相应度,PIN 光电二极管,雪崩光电二极管,异质结光电二极管,肖特基光电二极管,光电导增益及光电导探测器,光电探测器噪声特性,图像传感器,光伏器件:太阳能电池。

#### 6. 光的偏振及调制特性

光的偏振特性,光在非均匀介质中的传播,双折射光学器件,光学旋光器件,液晶显示器件,电光效应,集成光学调制器,声光调制器,法拉第效应及光学隔离器,非线性光学级二次谐波。

### 七、考核要求

总评成绩:理论考核成绩+专题研讨和课题方案设计+其他环节。其中:理论考核成绩指期末考试成绩,专题研讨和课题方案设计根据专题讨论和方案报告综合评定,其他环节根据作业、课堂讨论、课堂提问以及考勤综合评定。

### 八、编写成员名单

徐德刚(天津大学)、李小英(天津大学)、王肇颖(天津大学)、刘博文(天津大学)、胡明列(天津大学)、雷兵(国防科技大学)、刘伟(国防科技大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 03 激光光学(或激光物理学等)

### 一、课程概述

激光光学课程是光学工程专业与激光器、激光技术和激光应用研究有关的研究生必修的专业课,也是相关专业与激光应用有关的研究生很好的选修课。激光光学是光的波动学理论的重要分支之一。如果说几何光学是关于无限细的光线的理论,波动光学是关于无限大的平面光波的理论,那么激光光学则是关于有限口径光束的基本理论。

激光光学研究激光及其与物质相互作用的基本规律,是光学工程专业的专业基础课。激光光学课程主要讲述激光与物质相互作用的半经典理论与量子理论,其作用和任务是为在未来的实际工作中分析解决与激光有关的深层次理论问题打下基础。

### 二、先修课程

物理光学,激光原理,量子力学,电动力学。

### 三、课程目标

本课程是一门专业基础理论课程,本课程把有限口径光束作为基本学习对象。本课程专门研究基于开式谐振腔的激光器中光束的基本特性和一般激光束在自由空间的基本传输特性。本课程主要基于两条基本线索,一是开式谐振腔中光束的基本模式,二是一般有限口径光束在自由空间的基本传输特性。通过本课程的学习,使学生深入理解激光束的基本特性,了解什么样的光束是最好的光束,如何获得最好的光束,当需要获得某种特殊的光束时可以进行的基本思考等基础问题,从而为开展与激光器、激光技术和激光应用等相关研究打下基础,为学生理解最前沿的激光技术进展提供帮助。

### 四、适用对象

光学工程、光电信息工程、物理电子学等专业从事激光器、激光技术、激光应用领域研究的硕士研究生和博士研究生,与激光应用相关专业的硕士研究生和博士研究生。

### 五、授课方式

(1) 根据课程学时数,着重突出基本思想方法、基本概念、基本理论、基本数学方法、物理意义等内容。

(2) 针对基础理论课程运用数学工具过多、数学推导较多的特点,对繁杂的数学推导与运算,尽量要理清思路。为避免学生掉入数学的汪洋大海、忽视问题的物理本质的倾向,要特别注重物理背景和物理意义的阐述。

(3) 尽量利用 CAI 教学手段,提高教学效果,但应保证必要的板书推导。

(4) 考虑到学科交叉的结果是大量非光学类专业本科生进入光学类专业攻读研究生,课程教学需要从比较基础开始,同时又需要照顾到本科是光学类学生的需求,需要不断调整课程的学习进度。

### 六、课程内容

本课程要求学生掌握以开式谐振腔输出的激光束为代表的有限口径光束的产生和传输规律。针对研究生的特点重点掌握激光器开式谐振腔的过去和未来发展,开式谐振腔中谐振光束的基本形式,以激光束为代表的光束在自由空间的传输特性,光束质量的基本表示等基本问题。

#### 第一章 激光光学简介

##### 1.1 激光器简介

激光器基本组成,激光器基本特点,激光的高相干性,激光发明的历史过程,开式谐振腔的基本特点。

##### 1.2 激光与相干性

相干性的基本概念,谐振模式之间的相干关系,如何减少谐振模式,开腔是否是唯一合适的谐振腔?

##### 1.3 开式谐振腔的分析方法基础

麦克斯韦方程组在  $\lambda \rightarrow 0$  时的光线近似,麦克斯韦方程组在标量平面波下的近似,傍轴近似



下的矩阵光学近似。

#### 1.4 高斯光学基础

傍轴近似下的波动方程高斯光束解,高斯光束的传播特性。

### 第二章 激光光学理论分析基础

#### 2.1 衍射方程

#### 2.2 激光模式和光束质量概念

### 第三章 矩阵光学基础

#### 3.1 变换矩阵和 ABCD 定律

#### 3.2 几何光学的矩阵方法

#### 3.3 复杂光学系统的程函公式

#### 3.4 Collins 公式

### 第四章 简单两镜光学谐振腔

#### 4.1 共轴球面腔的约束稳定性

#### 4.2 等价共焦腔

#### 4.3 不稳腔及其光束特征

### 第五章 光学谐振腔的衍射积分方程理论

#### 5.1 光学谐振腔的本征积分方程

#### 5.2 光学谐振腔的本征积分方程的解

#### 5.3 Fox-Li 数值迭代法

#### 5.4 光腔损耗的计算与思考

### 第六章 高斯光束

#### 6.1 高斯光束的基本性质

#### 6.2 高斯光束通过光学系统的变换

#### 6.3 高斯光束的聚焦和准直

#### 6.4 高斯光束的匹配

### 第七章 M<sup>2</sup> 参数理论

#### 7.1 M<sup>2</sup> 参数的定义

#### 7.2 M<sup>2</sup> 参数的最小值

#### 7.3 一般光束的光束参量通过光学系统的变化

#### 7.4 M<sup>2</sup> 参数与光束质量

### 第八章 激光光学最新进展

选取激光光学领域最新的几个进展做介绍,例如贝塞尔光束、涡旋光束、矢量光束等。

## 七、考核要求

开卷考试、大作业或完成关于激光谐振腔或激光光学系统的设计,并完成设计论文。

## 八、编写成员名单

陈培锋(华中科技大学)、汪之国(国防科技大学)、袁保伦(国防科技大学)、袁杰(国防科技

大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 04 光波导技术

### 一、课程概述

本课程是光通信系统、光传感系统、光电器件、光传输介质等研究与应用方向重要的核心基础课程。

### 二、先修课程

物理光学,数学物理方法,电磁场理论,光纤光学。

### 三、课程目标

本课程通过对光波导理论与技术的学习,了解和掌握光波导分析的基本方法以及光波导器件与集成光子技术的理论与设计工艺,并介绍光波导技术在光传输、光传感和光检测等领域的重要应用。

### 四、适用对象

光学工程、光电信息工程、物理电子学等专业的博士/硕士研究生。

### 五、授课方式

(1) 完善课程教学大纲,优化设计课程教学内容,探索采用双语教学,尝试通过慕课建设实现课程在线共享,构建与学生互动交流的信息化实时沟通平台。通过讨论激发、培养学生创新意识和创新思维能力,调动学习积极性,从而增进学生的学习兴趣和变被动学习为主动学习。

(2) 融合理论实验与数值仿真等教学手段提高教学质量。通过理论与实践教育相结合,夯实学生的理论基础,培养学生通过实践与仿真计算来分析解决问题的能力。

(3) 开展教学与科研相结合的教学模式:

① 研究以项目群的形式将专题内容分解成研究生易于理解和动手操作的小模块,各模块之间有机结合又彼此不同,保证参与的学生们光学工程学科的视野和具体的专业技能。

② 在教学实践环节,研究如何发挥学生的积极性和创造性,营造启发式、讨论式、探究式等研究性教学方法,促进学生探究性、创新型学习。

③ 研究合理的过程评价体系,设立阶段性考核指标,针对学生背景制定课外研究性阅读大纲,通过对学生的课堂参与度和课外研究性学习情况进行综合考虑,在激发学生自主学习积极

性和创新能力培养等方面制定科学的学业评价方法。

## 六、课程内容

### 第一章 序言

### 第二章 电磁场理论概要

### 第三章 平板光波导

#### 3.1 阶跃型平板光波导

#### 3.2 渐变型平板光波导

### 第四章 条形光波导

### 第五章 圆柱光波导

#### 5.1 阶跃型光纤波导

#### 5.2 弱导光纤波导

#### 5.3 渐变型光纤波导

### 第六章 光波导性能与非线性

### 第七章 光波导器件

### 第八章 光波导信号处理

## 七、考核要求

考试:平时成绩+结业考试。

## 八、编写成员名单

刘德明(华中科技大学)、司马朝坦(华中科技大学)、孙琪真(华中科技大学)、夏历(华中科技大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 05 高等光学工程实验

### 一、课程概述

本课程的目的为光学工程专业的研究生巩固光学专业课程知识,锻炼实验技能而设立的实验课程。本课程主要以光源、光信息产生与调制、光信息传输、光信息处理、光探测及显示等实验以及有关的光学工程基本实验理论、实验基础知识为教学内容,目的是使学生了解光学工程专业常用的仪器设备、技术手段与实验技能,熟悉光学工程相关实验的设计思路和一般过程,掌握光学工程领域基本实验方法和实验技能,培养独立思考和创新能力,为后续专业课程的

学习和应用光学工程基本知识解决科学研究、工程实践中的问题奠定必要的基础。

## 二、先修课程

高等光学(高等物理光学、光及电磁理论),激光原理,工程光学,光电检测技术。

## 三、课程目标

通过本实验课程,学生应该掌握光学工程基本实验技能,并能够利用这些实验技能解决现代光学中的具体问题。

通过光学工程实验,进一步对现代光源、光信息调制、光信息处理、光信息传输、光探测及显示等光学工程知识点进行理解。

通过光学工程实验,掌握光学工程实验中涉及的光学表征、测试等关键技术以及相关仪器设备的使用方法。

通过光学工程实验,培养和提高学生光学实验的动手能力和创新能力,能发现并解决光学工程实验中碰到的问题。

## 四、适用对象

硕士研究生及以上。

## 五、授课方式

实验室课程,也可以采用实验与知识讲授相结合的方式。实验进行前,要求学生对实验原理做好充分的预习;实验过程中,教师先对实验内容和意义进行介绍,由学生进行实验方案设计,自主实验,完成实验的全过程操作。

## 六、课程内容

光学工程实验的主要内容应围绕和覆盖以下知识点:

### 1. 光源

LED光源、激光器及谐振腔等。主要实验内容包括:LED光源的原理,结构与基本特性,光束特点,与光学系统的准直耦合等;激光器的基本结构,阈值条件,发散角,偏振度,光谱等光学特性测试;掌握激光器的耦合,准直等光路的调节;激光器的典型应用等。

### 2. 光信息的产生与调制

主要实验内容可包括电光效应与电光调制,声光效应与声光调制,磁光效应与磁光调制,空间光调制器的特性及应用等。

### 3. 光信息传输

主要实验内容包括光纤特性测试,光放大特性及测试,光传输信号的多路复用,利用幅度调制、频率调制进行光信息传输,副载波调制进行光信息传输等。

### 4. 光信息处理

主要实验内容包括光学傅里叶变换的性质,空间滤波,白光信息处理,实时相干光处理,相关器、同步积分器、低噪声放大器的研究及其主要参数测量等。

### 5. 光信号探测

主要实验内容包括光电二极管、光电三极管、光电倍增管、电荷耦合器件、单光子计数等的特性和参数的测试及典型的应用等。

### 6. 光信息记录及显示

主要实验内容包括全息光栅的设计,制备及性能测试,全息透镜的制作及应用,全息光栅的制作及在光信息中的应用,LED 显示与液晶显示系统的特性和参数测试等。

## 七、考核要求

本课程考核方式应全面评价学生的实验能力。创设实验问题情境,激发学生在实验过程中提出问题,自主提出解决问题的方案,考核学生在整个实验中独立探索及实际动手的能力。需综合考量实验前预习、实验设计方案、实验结果、实验报告整个实验过程。

## 八、编写成员名单

郑晓东(浙江大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 06 虚拟现实与增强现实技术

### 一、课程概述

虚拟现实与增强现实技术是信息领域一个新兴的多学科交叉研究方向,综合了计算机图形、光电成像、融合显示、多传感器、图像处理、计算机视觉等多门学科。以全新的信息呈现方式建立起物理世界和信息世界新的交互方式,在医疗手术、工业设计、市政规划、军事仿真、教育培训、文化娱乐等领域具有广泛的应用前景。在评选影响未来的十项科学技术中,虚拟现实技术位居第二,已经和理论分析、科学实验一起,成为人类探索客观世界规律的三大手段。

本课程旨在培养学生在虚拟现实与增强现实领域的研究与创新能力以及应用该技术解决有关问题的综合应用能力,掌握虚拟现实与增强现实应用系统的设计方法,全面了解三维注册技术、渲染显示技术、人机交互技术等虚拟现实与增强现实领域的关键技术。以高沉浸感、多感知多模式交互的虚拟现实/增强现实内容开发平台和虚拟现实/增强现实系统与设备为目标,从感知与理解、建模与绘制、呈现与交互、分布与协同等方面增强学生对虚拟现实与增强现实知识的理解,了解当前虚拟现实与增强现实技术面临的机遇与挑战,对于培养高素质信息科技人才,增强我国虚拟现实/增强现实创新创业活力具有十分重要的意义。

## 二、先修课程

线性代数,数值分析,数字图像处理。

## 三、课程目标

通过本课程的学习,掌握虚拟现实与增强现实技术的基础理论,了解系统的工作原理、结构和应用领域,学习图像和视觉计算、三维建模和可视化知识等。提升学生们针对实际应用需求设计开发相应的虚拟现实及增强现实系统的能力,具有三维场景设计、人机界面设计、三维引擎开发能力,形成对虚拟情境、人机交互方式进行设计分析的思维模式。

## 四、适用对象

博士研究生和硕士研究生。

## 五、授课方式

理论与实践相结合,课程以课堂讲授为主线,穿插系统分析、课堂讨论以及上机实践。

## 六、课程内容

课程的主要内容包括以下五部分。

### 1. 虚拟现实和增强现实系统概述

(1) 虚拟现实系统概述

(2) 增强现实系统概述

(3) 虚拟现实和增强现实系统的关键技术

讲授方式:理论讲授与课堂讨论。

重点与难点:梳理分析虚拟现实与增强现实技术在核心关键技术及其应用领域的异同点。

### 2. 图像和视觉计算的相关知识

(1) 射影几何、坐标系转换及估计

(2) 摄像机模型与多视几何

(3) 基于计算机视觉的注册方法

讲授方式:理论讲授与课堂讨论。

重点与难点:重点掌握基于视觉的各种跟踪定位算法的原理和方法,难点在于能够针对不同的应用场景选择不同的跟踪定位算法,并对其进行优化。

### 3. 虚拟现实和增强现实系统的硬件

(1) 融合显示设备

(2) 人机交互设备

讲授方式:理论讲授与参观体验。

重点与难点:重点掌握各种显示设备、交互设备的工作原理及其优缺点,对比分析各显示与交互设备的适用范围与应用场景。

### 4. 虚拟现实和增强现实系统的建模和可视化

- (1) 几何与运动建模
- (2) 物理建模与行为建模
- (3) 三维图像可视化

讲授方式:理论讲授与上机实践。

重点与难点:通过课堂讲授以及上机实践能够熟练使用 Unity3D 等三维渲染开发引擎。

#### 5. 虚拟现实与增强现实系统开发与典型应用

- (1) 系统开发工具包
- (2) 医学领域的应用
- (3) 普适娱乐领域的应用

讲授方式:理论讲授、上机实践与参观体验。

重点与难点:通过课堂讲授、上机实践以及参观与体验掌握系统开发工具包的使用,如 Vuforia、ARKit、Hololens SDK 等。难点在于把握各领域应用开发的需求特点,针对不同的领域进行定制式开发。

## 七、考核要求

考核方式:平时作业与闭卷考试。

## 八、编写成员名单

王涌天(北京理工大学)、刘旭(浙江大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 07 光学原理

### 一、课程概述

光学工程是把光学理论应用到实际应用的一级学科,在激光、光通信、显示、成像、数据存储等信息技术领域占据重要地位。光学原理是实现光学工程各种实际应用的理论基础,包括设计各种光学器件和系统,以及利用各种光电性质的设备,如镜头、显微镜、望远镜、传感器、光谱仪及各种测量系统等。近年来,随着多学科交叉融合的快速发展,光学工程在生物、医疗、工业加工等领域也越来越受到广泛的重视。

光学原理是光学工程专业研究生必修基础课程,详细介绍电磁波的基本性质、干涉理论基础和干涉仪、傅里叶光学、衍射理论基础、二元光学和微光学、光的吸收、色散及散射、晶体光学等内容。相关知识是光学工程学科中其他课程的基础,在光学工程研究生课程体系中占据重要地位。

## 二、先修课程

光学和电磁场理论,如光学、物理光学、波动光学等相关课程。

## 三、课程目标

(1) 回顾电磁场的基本性质及波动光学的基本理论等,巩固光学和物理光学课程中的基础知识。

(2) 掌握干涉理论基础、各种干涉仪以及相关应用。

(3) 掌握衍射理论、傅里叶光学以及光信息处理应用等。

(4) 掌握光的吸收、色散、散射及相关理论。

(5) 掌握二元光学和微光学相关理论,了解微纳加工技术及在微纳器件方面的应用等。

(6) 掌握光在各向异性介质中的传播,掌握晶体的电光效应、弹光效应、非线性效应以及相关应用。

(7) 培养英文文献查找、阅读和分析报告的能力。理解光学原理在光学前沿研究中的基础性作用。

## 四、适用对象

光学工程学科硕士研究生。

## 五、授课方式

以讲授为主。

## 六、课程内容

### 1. 电磁场的基本性质

回顾电磁场理论,包括麦克斯韦方程组、边界条件,波动方程和光速等。

### 2. 干涉理论基础和干涉仪(重点)

包括时间相干性和空间相干性、薄膜干涉、迈克尔逊干涉以及其他各种干涉仪及应用等,光干涉测试技术,波面位相的实时检测技术,光学薄膜等;

### 3. 衍射理论基础(重点、难点)

衍射条件,惠更斯原理,菲涅耳衍射,夫琅和费衍射,单缝和多缝衍射,光栅,光学仪器分辨率,高斯光束及激光衍射,矢量衍射理论,傅里叶光学及光信息处理应用等;衍射光栅,各种光栅分析;光栅光谱仪等;光全息技术:全息原理及全息图特性,全息测试技术,全息技术的应用,计算全息技术等;散斑及其性质,散斑计量技术,散斑应用等;

### 4. 二元光学和微光学

二元光学及微光学理论基础,微纳加工技术,光学天线及光学相控阵列,微纳光学器件应用等。

### 5. 光的吸收,色散及散射

光与物质相互作用的机理,吸收理论,色散现象及经典解释,散射现象及理论等。



## 6. 晶体光学

光的偏振,光在各向异性介质中的传播,晶体的电光效应,晶体的弹光效应,光波在非线性介质中的传播等。

## 7. 光学领域进展等

光镊技术,光的力学效应,光阱产生方法,光镊系统的应用,超分辨荧光显微成像技术,激光多普勒效应等。

学时安排:电磁场的基本性质 12 学时,干涉理论基础和干涉仪 15 学时,衍射理论基础 15 学时,二元光学和微光学 6 学时,光的吸收/色散及散射 6 学时,晶体光学 10 学时。

## 七、考核要求

课后作业+期末考试。

## 八、编写成员名单

武鹏飞(南开大学)、刘洪亮(南开大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

# 08 微纳光子学及应用

## 一、课程概述

随着微纳加工技术和纳米科学的发展,微纳光子学已经发展为现代光学与光子学的前沿基础理论,微纳光子学的基本原理、方法和技术已经与光学工程许多传统领域融合(如应用光学、光信息处理与全息、激光技术、光波导与光通信技术、光学材料等),成为这些领域的重要研究方向,在光学工程学科知识体系与多学科交叉融合中越来越占据核心地位。因此,微纳光子学及应用在光学工程研究生课程体系中也应占据重要地位。

本课程是光学工程专业硕士必修课程,讲授微纳光子学的原理、技术、方法和应用,使得光学工程专业的硕士研究生掌握重要人工电磁微结构的原理和性质,理解微纳光学材料的基本光学性质,了解微纳光学的表征和加工技术,掌握常见电磁场数值模拟和器件设计方法,理解基本光学原理在光学前沿研究中的基础性作用。相比于光学原理和光电子学等课程,本课程更偏向前沿和应用,强调基础知识的同时,侧重培养科研能力和专业技能。

## 二、先修课程

物理光学和电磁场理论,如物理光学、光学原理等相关课程;光波导理论与光电探测器件,如光电子学等相关课程;固体物理学或相关课程。

### 三、课程目标

介绍微纳光子学的原理、技术、方法和应用,掌握重要人工电磁材料的原理和性质,了解微纳光学材料表征、制备和加工技术,掌握常见电磁场数值模拟和器件设计方法,培养英文文献查找、阅读和分析报告的能力,巩固光学原理和光电子学课程中的基础知识,理解这些基本原理在光学前沿研究中的基础性作用。

### 四、适用对象

光学工程学科硕士研究生。

### 五、授课方式

课堂基础知识讲授,课堂仿真设计演示与课后仿真实践,英文文献阅读、报告和课堂讨论,微纳仪器设备使用与实验。

### 六、课程内容

本课程含课堂讲授及课堂仿真与讨论。

#### 第一章 绪论 微纳米光子学简介(2学时)

- 1.1 微纳光学的研究领域与范畴
- 1.2 学习和研究微纳光学的意义
- 1.3 微纳光学实例与应用

#### 第二章 纳米光子学的电磁理论基础(6学时)

- 2.1 光的电磁理论基础(重点)
- 2.2 光的经典色散和吸收理论(重点)
- 2.3 光在各向异性介质中的传输
- 2.4 光子、电子相互作用比较

#### 第三章 纳米光子学的数值模拟方法(4学时)

- 3.1 微纳光子学求解的基本电磁问题(重点)
- 3.2 时域有限差分法
- 3.3 有限元法
- 3.4 严格耦合波分析
- 3.5 平面波展开法

#### 第四章 光子晶体(10学时)

- 4.1 晶体的对称性及其能带理论
- 4.2 周期性电介质的电磁理论(重点)
- 4.3 一维、二维光子晶体的能带性质(重点)
- 4.4 光子晶体微腔和波导(重点)
- 4.5 光子晶体平板及其慢光效应
- 4.6 光子晶体的空间色散及其负折射

4.7 三维光子晶体

4.8 光子晶体光纤

#### 第五章 表面等离子体激元(10 学时)

5.1 金属光学(重点)

5.2 SPP 的电磁理论基础(重点)

5.3 SPP 的耦合与表征

5.4 低频电磁波的 SPP

5.5 SPP 的传输、辐射与应用

5.6 局域表面等离子体子体(重点)

课堂仿真作业演示与文献讨论(一)(4 学时)

#### 第六章 亚波长共振光栅和纳米微腔(6 学时)

6.1 亚波长光栅的基本概念

6.2 亚波长介质光栅

6.3 亚波长金属光栅

6.4 纳米微腔

#### 第七章 人工电磁超材料(4 学时)

7.1 超材料的基本概念

7.2 超材料的人工电磁谐振

7.3 超材料的双负折射及超透镜

7.4 超表面及其相位控制器件

#### 第八章 纳米光电材料(4 学时)

8.1 量子阱、点和线

8.2 半导体超晶格

8.3 纳米线

8.4 碳纳米管

8.5 石墨烯

课堂仿真作业演示与文献讨论(二)(4 学时)

#### 第九章 微纳光学的表征技术(4 学时)

9.1 近场光学原理

9.2 超分辨成像技术

#### 第十章 微纳光学的制备和加工技术(6 学时)

10.1 光刻工艺

10.2 刻蚀工艺

10.3 外延工艺

10.4 气相沉积

10.5 氧化、扩散与离子注入

10.6 应用举例

课堂仿真作业演示与文献讨论(三)(4 学时)

## 七、考核要求

课后作业与考勤+文献阅读与讨论+开放式仿真设计+期末考试。

## 八、编写成员名单

范飞(南开大学)、向东(南开大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

# 09 光电成像技术与系统

## 一、课程概述

光电成像技术及其应用是当前国际上学科发展的前沿方向,不仅在军事、航天航空、工业、医学、科学研究、公共安全等领域具有广泛且重要的应用,而且与互联网、移动通信、影视传媒等消费电子领域息息相关,对现代人们的生活产生重大影响。

随着光电成像传感器技术和数字图像处理技术的发展,光电成像及其数字图像处理已成为诸多应用的基础,各种光电成像模式不断涌现,这既展现了技术蓬勃发展的趋势,也给研究生的课程学习带来挑战。为此,结合“光学工程”学科发展规划和高层次人才培养的需要,将“光电成像理论分析”课程吐故纳新,重新打造硕士研究生的“光电成像技术与系统”核心课程,在以往重视光电成像理论分析的基础上,增加新型光电成像技术与系统等内容,扩展研究生对光电成像理论以及新型光电成像技术与系统知识的理解,了解典型光电成像技术与系统实施的难点和重点,提升研究生的科学和工程研究能力。

## 二、先修课程

工程光学(或应用光学、物理光学),光电技术与实验,光电成像原理与技术(本)。

## 三、课程目标

通过本课程的学习,使研究生:

- (1) 掌握光电成像系统成像过程的基本理论和性能分析方法;
- (2) 了解光电成像系统图像探测性能分析理论和模拟仿真实验;
- (3) 掌握光电成像系统基本理论和性能分析方法的具体应用。

## 四、适用对象

光学工程、物理电子学、仪器科学与技术等学科的硕士研究生。

## 五、授课方式

课堂讲授及课堂讨论。

## 六、课程内容

### 第一章 绪论

### 第二章 光电成像系统的一般理论

- 2.1 光电成像过程空域分析
- 2.2 光电成像过程的频域分析
- 2.3 光电成像系统动态特性分析
  - 2.3.1 光电成像过程中的惰性因素
  - 2.3.2 瞬时时间传递函数的概念
  - 2.3.3 光电成像系统动态传递函数分析
- 2.4 光电成像系统空间离散特性分析
  - 2.4.1 空间离散结构的传像特性分析
  - 2.4.2 空间离散器件的传递函数
  - 2.4.3 空间离散图像的重构与恢复

### 第三章 光电成像系统信噪比与图像探测性能分析

- 3.1 图像的信号与噪声
- 3.2 像管的噪声与信噪比
- 3.3 像管信噪比传递函数与像管图像探测特性分析
- 3.4 像管信噪比的实际测量方法与技术
- 3.5 电视摄像过程的信噪比
- 3.6 图像探测与辨识理论

### 第四章 微光夜视系统性能分析

- 4.1 微光夜视系统的构成与特点
- 4.2 微光夜视系统性能参数及其分析
- 4.3 微光夜视系统的视距估算

### 第五章 红外热成像系统性能分析

- 5.1 红外热成像系统的构成与特点
- 5.2 红外热成像系统性能参数及其分析
- 5.3 红外热成像系统的视距估算

### 第六章 光电成像系统的模拟仿真技术

- 6.1 光电成像系统模拟仿真技术的现状
- 6.2 光电成像系统的半实物仿真
- 6.3 光电成像系统的数字仿真
- 6.4 光电成像系统仿真过程中噪声的处理

## 第七章 新型光电成像技术与系统

- 7.1 多波段自然感彩色夜视技术与系统
- 7.2 真彩色微光夜视技术与系统
- 7.3 偏振成像技术与系统
- 7.4 高光谱成像技术与系统
- 7.5 HDR 成像技术与系统
- 7.6 仿生复眼成像技术与系统
- 7.7 激光雷达成像技术与系统
- 7.8 非视域成像技术与系统
- 7.9 太赫兹成像技术与系统
- 7.10 压缩感知成像技术与系统

## 七、考核要求

成绩按百分制考核,课堂考核+报告。

## 八、编写成员名单

金伟其(北京理工大学)、白廷柱(北京理工大学)、王霞(北京理工大学)、何玉青(北京理工大学)、曹峰梅(北京理工大学)、许廷发(北京理工大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 10 现代光学设计及仪器

### 一、课程概述

本课程是光学工程学科的核心课程,适用于硕士研究生。本课程的目标是使学生掌握光电仪器设计的理论和实际知识,掌握现代光学设计的基础知识和像差理论知识,然后以国外最先进的光学设计软件 Zemax 作为基础,详细介绍采用 Zemax 设计新型光学系统的方法,包括望远镜物镜、显微镜物镜、目镜、照相物镜等典型光学系统的设计,同时也介绍了公差分析、热光学以及变焦距等内容。本课程的特点是紧密结合当前各应用领域最新的一些光学系统,例如非球面系统、衍射元件、自聚焦透镜、照明光学系统、液晶投影仪和背投电视等,既有理论又有实际例子,使学生在学习本课程光学设计理论与方法的同时,对各种各样新型光学系统都有清楚的了解,同时学会 Zemax 软件的使用方法,并可以将本课程中给出的实例作为其以后工作中类似设计的初始系统进行设计。

本课程所教授的内容都是目前光电仪器设计的热点,通过本课程学生不只能学到光学设计的理论知识,同时可以学习和锻炼实际动手能力,对国内外最新的相关知识有所掌握和了解,对于培养高素质科技人才具有非常重要的意义。

## 二、先修课程

大学物理,高等数学,应用光学。

## 三、课程目标

通过本课程的学习,使研究生:

(1) 能够掌握现代光学系统像质评价所采用的方法,能够采用几何像差、垂轴像差、波像差、点列图、包围圆能量、光学传递函数等常用像质评价指标对光学特性进行成像质量评价,能够熟练使用 Zemax 软件中相应的功能;

(2) 能够利用光学自动设计的原理,掌握适应法和阻尼最小二乘法两种自动优化方法的原理和特点,能够利用 Zemax 软件中自动优化功能进行优化设计;

(3) 了解公差分析与计算的原理,掌握常用光学系统公差分析与计算的方法,能够利用 Zemax 软件中公差分析计算功能进行公差分析计算;

(4) 学习经典光学系统的设计方法,了解变焦距系统的原理和设计方法,能够利用 Zemax 软件中相应功能熟练设计光学系统,提升光电仪器设计的能力;

(5) 学习和掌握空间光学系统、红外光学系统、非球面光学系统等现代典型光学系统的特点和设计方法,提升对现代光电仪器的设计和研制能力;

(6) 掌握光学仪器设计中的光学基本原理;

(7) 能够从能量和信息量两个角度进行初步光学的总体设计;

(8) 能够根据仪器的使用要求、技术指标初步确定光学系统方案;

(9) 能够初步确定光学系统主要参数,并能够初步评估光学系统像差和误差。

## 四、适用对象

硕士研究生。

## 五、授课方式

本课程采用多媒体授课,在教学过程中以讲授、研讨与自学相结合方式进行。

## 六、课程内容

本课程的教学内容如下:

### 1. 光学系统像质评价方法

包括光学系统的坐标系统、结构参数和特性参数、检测阶段的像质评价指标——星点检验、检测阶段的像质评价指标——分辨率测量,几何像差的定义及其计算,垂轴像差的概念及其计算,用波像差评价光学系统的成像质量,光学传递函数,点列图、OTF 的基本概念,OTF 的计算与测量,光学成像中其他环节的传递函数,用 OTF 评价光学系统成像质量等;

## 2. 光学自动设计方法

阻尼最小二乘法光学自动设计程序,光学自动设计的全局优化;

## 3. 公差分析与计算

公差设计中的评价函数,光学公差的概率关系,公差设计中的随机模拟检验,公差设计中的偏心光路追迹等;

## 4. 经典光学系统设计

建议包括薄透镜系统的初级像差理论,望远系统——倍率与长度关系问题,摄影系统——光度与像差关系问题,计量显微系统——精度与数值孔径关系问题等;

## 5. 变焦距光学系统设计

建议包括变焦距系统分类与特点,变焦距物镜的高斯光学,体视变倍显微镜等;

## 6. 其他光学系统设计

建议包括红外光学系统,空间光学系统,共形光学设计,计算机直接制版镜头,投影仪扩展广角镜头,星体测量相机,空间激光通信光学系统,光谱仪,成像光谱仪等;

## 7. 光学设计前沿热点

建议包括环境温度分析,衍射光学元件,偏振像差,计算机辅助光学装调,非成像光学等。

## 七、考核要求

设计报告+答辩。

## 八、编写成员名单

李林(北京理工大学)、黄一帆(北京理工大学)、付跃刚(长春理工大学)、刘智颖(长春理工大学)、高天元(长春理工大学)、胡源(长春理工大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)

## 11 先进光学制造技术

### 一、课程概述

本课程为光学工程学科专业技术类学位课程,本课程全面系统地介绍超精密光学制造技术的理论与基础知识,主要讲授超精密单点金刚石车削技术,数控研磨抛光技术,非球面注塑模压技术,离子束抛光和磁流变液抛光等超精密光学制造技术,检测技术的基本概念、原理及制造过程。

### 二、先修课程

物理光学,应用光学,光学设计。



### 三、课程目标

通过本课程的学习掌握超精密光学制造技术的基本方法,具有初步从事超精密光学制造技术的科学研究、技术分析和生产应用的综合能力。

### 四、适用对象

光学工程学术学位、专业学位硕士研究生。

### 五、授课方式

课程讲授方式主要基于超精密光学加工及检测方法讲授、视频学习、实验操作等方式,实现理论与实践完美统一。

### 六、课程内容

#### 第一章 绪论

##### 【重点难点】

超精密光学制造技术的基本概念、分析方法。

##### 【主要内容】

- 1.1 超精密光学制造技术的发展历程
- 1.2 发展超精密光学制造技术的重要性
- 1.3 超精密光学制造技术的应用及其发展展望

#### 第二章 超精密光学制造技术基础理论

##### 【重点难点】

超精密光学零件的基本面型,超精密加工技术的适用范围。

##### 【主要内容】

- 2.1 非球面光学元件的基础理论
- 2.2 微光学元件的基础理论
- 2.3 自由曲面光学元件的基本描述
- 2.4 衍射光学元件的基础理论
- 2.5 传统光学制造技术的相关理论
- 2.6 超精密光学制造技术及其工具
- 2.7 脆性光学材料的加工基础理论
- 2.8 金属光学材料的加工基础理论
- 2.9 光学塑料材料的加工基础理论

#### 第三章 单点金刚石超精密制造技术

##### 【重点难点】

- 重点:单点金刚石超精密制造技术的原理、方法。
- 难点:单点金刚石超精密车削加工的力学模型,天然金刚石刀具的设计和选择。

##### 【主要内容】

- 3.1 单点金刚石超精密制造技术的原理、工艺参数与及其方法
- 3.2 单点金刚石超精密加工的工艺参数对光学表面的影响
- 3.3 单点金刚石超精密加工所用刀具参数对表面质量的影响
- 3.4 单点金刚石超精密加工所用装备及可加工材料
- 3.5 天然单晶金刚石的定向、设计与制造
- 3.6 非球面等光学元件的单点金刚石超精密制造技术过程中的工艺理论

#### 第四章 超精密数控研磨和抛光技术

##### 【重点难点】

- 重点:超精密数控研磨方法、抛光方法及光学材料去除机理。
- 难点:光学材料去除机理。

##### 【主要内容】

- 4.1 超精密数控研磨方法及光学材料去除机理
- 4.2 小型非球面计算机数控研磨方法及材料去除工艺过程的函数描述
- 4.3 小型非球面计算机数控抛光技术及其抛光过程中的模型分析
- 4.4 非球面的计算机控制抛光技术
- 4.5 非球面光学元件加工过程中的检测技术及其方法

#### 第五章 光学零件精密注塑与模压成型技术

##### 【重点难点】

- 重点:光学塑料零件的精密注塑,光学玻璃零件的精密模压成型的原理及方法。
- 难点:光学塑料零件的精密注塑工艺过程,光学玻璃零件的精密模压成型工艺过程。

##### 【主要内容】

- 5.1 光学塑料零件的注塑成型的方法及模具设计
- 5.2 光学塑料零件注塑成型的工艺过程及模具加工
- 5.3 光学玻璃零件的精密模压成型的方法和模具设计
- 5.4 光学玻璃零件精密模压成型的工艺过程和模具加工
- 5.5 光学塑料零件、光学玻璃零件的成型装备及其控制原理

#### 第六章 超光滑表面加工技术

##### 【重点难点】

- 重点:超光滑表面的水中抛光、浮法抛光、离子束抛光、液体喷射抛光和磁流变抛光等方法。
- 难点:超光滑表面的加工机理、加工方法及测量方法。

##### 【主要内容】

- 6.1 超光滑表面的加工机理
- 6.2 水中抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
- 6.3 浮法抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
- 6.4 离子束抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
- 6.5 液体喷射抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法
- 6.6 磁流变抛光法加工超光滑表面的机理及工艺方法

## 第七章 纳米加工技术

### 【重点难点】

- 重点: 纳米加工技术的原理、加工方法及测量方法。
- 难点: 纳米级测量、纳米级加工及原子操纵。

### 【主要内容】

- 7.1 纳米技术概述
- 7.2 纳米级测量和扫描探针测量技术
- 7.3 纳米级加工技术和原子操纵
- 7.4 微型机械、微型机电系统及其纳米制造技术
- 7.5 聚焦离子束刻蚀技术综述

## 七、考核要求

开卷考试+作业+实验。

## 八、编写成员名单

薛常喜(长春理工大学)、李艳红(长春理工大学)、杨超(长春理工大学)、贾宗合(长春理工大学)、李闯(长春理工大学)、刘旭(浙江大学)、王涌天(北京理工大学)、刘泽金(国防科技大学)、陈钱(南京理工大学)、骆清铭(海南大学)、袁晓聪(深圳大学)、李小英(天津大学)、武鹏飞(南开大学)、张国玉(长春理工大学)、曹健林(中国科学院长春光机所)