**新型微纳光子器件与应用**

**目录**

[**新型微纳光子器件与应用** 1](#_Toc62148938)

[**目录** 1](#_Toc62148939)

[**第1章** **绪论（张天）** 5](#_Toc62148940)

[1.1 微纳光子器件的背景 5](#_Toc62148941)

[1.2 微纳光子器件的发展趋势与应用 5](#_Toc62148942)

[1.3 本书构成 5](#_Toc62148943)

[参考文献 5](#_Toc62148944)

[**第2章** **微纳光子学基础 （于帅、舒赢、卢晓宇）** 5](#_Toc62148945)

[2.1 电介质光波导（参考：导波光学、王健） 5](#_Toc62148946)

[2.1.1 三层均匀平面波导的射线分析法 5](#_Toc62148947)

[2.1.2 三层均匀平面波导的电磁场分析法 5](#_Toc62148948)

[2.1.3 非均匀平面波导的射线分析法 5](#_Toc62148949)

[2.1.4 平方律分布渐变型折射率平板波导 5](#_Toc62148950)

[2.1.5 多模光纤模式色散相关基础（孟子艺） 5](#_Toc62148951)

[2.2 表面等离激元波导（参考：导波光学、王健） 5](#_Toc62148952)

[2.2.1 金属的光频特性 5](#_Toc62148953)

[2.2.2 石墨烯的光频特性 5](#_Toc62148954)

[2.2.3 等离子体表面波（SPW） 5](#_Toc62148955)

[2.2.4 对称介质包层波导 5](#_Toc62148956)

[2.2.5 非对称介质包层波导 5](#_Toc62148957)

[2.3光学微腔基础 （刘京亮、刘安妮、吴钟涵）（参考：刘京亮论文） 5](#_Toc62148958)

[2.3.1 微腔的线性特性 5](#_Toc62148959)

[2.3.2 微腔的非线性特性 5](#_Toc62148960)

[2.4 耦合模式理论 5](#_Toc62148961)

[2.5 微纳光场调控 6](#_Toc62148962)

[2.5.1 超材料与超表面 6](#_Toc62148963)

[2.5.2 空间光调制器（实际光场调控机理）（桂丽丽、邓寅） 6](#_Toc62148964)

[2.5.3 硅基阵列波导（MZI的矩阵表示、MZI构建任意矩阵）（淡一航） 6](#_Toc62148965)

[2.5.4 数字微镜阵列（桂丽丽、邓寅） 6](#_Toc62148966)

[参考文献 6](#_Toc62148967)

[**第3章** **时域有限差分方法（来一航、樊泽洋）** 6](#_Toc62148968)

[3.1FDTD的发展与应用 6](#_Toc62148969)

[3.2 FDTD基本原理 6](#_Toc62148970)

[3.2.1 Yee元胞及三维差分形式 6](#_Toc62148971)

[3.2.2 介质界面电磁参数的选取 6](#_Toc62148972)

[3.2.3 数值稳定条件 6](#_Toc62148973)

[3.3 常用激励源 6](#_Toc62148974)

[3.4 Mur吸收边界条件 6](#_Toc62148975)

[3.5 完全匹配层吸收边界条件 6](#_Toc62148976)

[参考文献 6](#_Toc62148977)

[**第4章** **智能算法基础（杨志伟、于帅、郑一臻）** 6](#_Toc62148978)

[4.1 梯度类算法原理 （参考：《Python深度学习》）（杨志伟） 6](#_Toc62148979)

[4.1.1 随机梯度下降法（SGD） 6](#_Toc62148980)

[4.1.2 SGD的变体算法 6](#_Toc62148981)

[4.1.3 伴随方法 6](#_Toc62148982)

[4.1.4 目标优先法 （或者3、4合并称为拓扑优化算法？） 6](#_Toc62148983)

[4.2非梯度类算法原理 （于帅，参考《**计算智能**》、毕晓君）（郑一臻） 6](#_Toc62148984)

[4.2.1 二进制搜索算法 6](#_Toc62148985)

[4.2.2 遗传算法 6](#_Toc62148986)

[4.2.3 退火算法 6](#_Toc62148987)

[4.2.4 粒子群算法 6](#_Toc62148988)

[4.2.5 多目标优化算法 7](#_Toc62148989)

[4.3机器学习（**郑一臻**） (参考：《**机器学习**》**周志华**) 7](#_Toc62148990)

[4.3.1 支持向量机 7](#_Toc62148991)

[4.3.2 决策树 7](#_Toc62148992)

[4.3.3 卷积神经网络 7](#_Toc62148993)

[4.3.4 循环神经网络**（来一航）** 7](#_Toc62148994)

[4.3.5 储备池计算 **（来一航）** 7](#_Toc62148995)

[4.3.6 常用软件与框架 7](#_Toc62148996)

[参考文献 7](#_Toc62148997)

[**第5章** **亚波长表面等离激元（SPPs， Surface Plasmon Porlaritons）器件（张天、赵婉玉）** 7](#_Toc62148998)

[5.1 前言 7](#_Toc62148999)

[5.1.1 SPPs光子器件的背景与意义 7](#_Toc62149000)

[5.1.2 SPPs光子器件的发展现状 7](#_Toc62149001)

[5.2 SPPs的激发与应用 7](#_Toc62149002)

[5.2.1 SPPs的激发方式 7](#_Toc62149003)

[5.2.2 基于SPPs的电磁诱导透明 7](#_Toc62149004)

[5.2.3 基于SPPs的电磁诱导吸收 7](#_Toc62149005)

[5.3 非局域SPPs的调控 8](#_Toc62149006)

[5.3.1 SPPs的“彩虹捕获” 8](#_Toc62149007)

[5.3.2 可调宽频带SPPs场增强 8](#_Toc62149008)

[5.3.3 石墨烯表面三倍频的产生 8](#_Toc62149009)

[5.4 SPPs器件的智能化设计与应用 8](#_Toc62149010)

[5.4.1 SPPs波导系统 8](#_Toc62149011)

[5.4.3 可编码多功能波导系统（淡一航arxiv文章） 8](#_Toc62149012)

[**第六章 高品质因子光学微腔（刘安妮、吴钟涵，参考刘京亮论文）** 8](#_Toc62149013)

[6.1 前言 8](#_Toc62149014)

[6.1.1 高品质光子微腔的研究背景与意义 8](#_Toc62149015)

[6.1.2 高品质因子微腔的研究现状 8](#_Toc62149016)

[6.2 微腔孤子光频梳的产生与动力学 8](#_Toc62149017)

[6.2.1 微腔的倏逝波耦合 8](#_Toc62149018)

[6.2.2 孤子微光梳理论模型 8](#_Toc62149019)

[6.2.3 孤子微光梳的产生与动力学 8](#_Toc62149020)

[6.2.4 孤子微光梳的噪声分析 8](#_Toc62149021)

[6.3 微腔孤子光频梳的应用 8](#_Toc62149022)

[6.4.1 基于孤子微光梳的多频激光雷达 8](#_Toc62149023)

[6.4.2 基于孤子微光梳的超低相位噪声微波/太赫兹信号产生 8](#_Toc62149024)

[6.4 超高品质晶体微腔 8](#_Toc62149025)

[参考文献 8](#_Toc62149026)

[**第7章** **基于石墨烯的超材料器件（张天、赵婉玉）** 9](#_Toc62149027)

[7.1 前言 9](#_Toc62149028)

[7.1.1 超材料结构的背景与应用 9](#_Toc62149029)

[7.1.2 基于石墨烯的超材料研究进展 9](#_Toc62149030)

[7.2 双曲色散超材料实现远场超分辨成像 9](#_Toc62149031)

[7.2.1 双曲透镜的原理 9](#_Toc62149032)

[7.2.2 三角形双曲透镜 9](#_Toc62149033)

[7.2.3 圆柱形双曲透镜 9](#_Toc62149034)

[7.3 超材料对硅基偏振态的控制 9](#_Toc62149035)

[7.3.1 超材料对硅波导中偏振态的影响 9](#_Toc62149036)

[7.3.2 超材料辅助的偏振分束器 9](#_Toc62149037)

[7.3.3 超材料辅助的偏振旋转器 9](#_Toc62149038)

[7.4 超材料的智能化设计 9](#_Toc62149039)

[7.4.1 结构参数的设计 9](#_Toc62149040)

[7.4.2 动态可调参数的设计 9](#_Toc62149041)

[**第8章** **光子神经网络（淡一航，参考徐兴元论文）** 9](#_Toc62149042)

[8.1 前言 9](#_Toc62149043)

[8.1.1 人工神经网络的发展和应用 9](#_Toc62149044)

[8.1.2 神经拟态硬件的电子平台和挑战 9](#_Toc62149045)

[8.1.3 新型的光子手段 9](#_Toc62149046)

[8.2 人工神经网络的光子实现手段 9](#_Toc62149047)

[8.2.1 集成光子平台 9](#_Toc62149048)

[8.2.2 克尔频梳 9](#_Toc62149049)

[8.2.3 衍射光学透镜 9](#_Toc62149050)

[8.2.4 相变材料 9](#_Toc62149051)

[8.2.5 非线性平台 10](#_Toc62149052)

[8.3光子神经网络的系统结构 10](#_Toc62149053)

[8.3.1 全连接神经网络 10](#_Toc62149054)

[8.3.2 储备池计算 10](#_Toc62149055)

[8.3.3 卷积神经网络 10](#_Toc62149056)

[8.3.4 脉冲神经网络 10](#_Toc62149057)

[8.3.5 训练算法 10](#_Toc62149058)

[参考文献 10](#_Toc62149059)

[**第9章** **微纳光子器件成像（孟子艺）** 10](#_Toc62149060)

[9.1 前言 10](#_Toc62149061)

[9.2 多模光纤成像 10](#_Toc62149062)

[9.2.1 多模光纤成像机理 10](#_Toc62149063)

[9.2.1 多模光纤成像图像重构方法 10](#_Toc62149064)

[9.3 孔径掩模成像 10](#_Toc62149065)

[9.3.1 掩模的类型与制造 10](#_Toc62149066)

[9.3.2 掩模编码压缩成像系统 10](#_Toc62149067)

[9.3.3 掩模编码成像的典型应用 10](#_Toc62149068)

[9.4 其他微纳光子器件的成像应用 10](#_Toc62149069)

[参考文献 10](#_Toc62149070)

[**第10章** **基于微纳光子技术的生物计算（桂丽丽）** 10](#_Toc62149071)

[10.1 前言 （桂丽丽） 10](#_Toc62149072)

[10.1.1 生物计算的特点 10](#_Toc62149073)

[10.1.2 生物计算的颠覆性意义 10](#_Toc62149074)

[10.1.3 生物计算的国内外研究现状（桂丽丽） 11](#_Toc62149075)

[10.2 生物计算研究的基本方法（桂丽丽） 11](#_Toc62149076)

[10.3 光子技术助力生物计算研究（邓寅） 11](#_Toc62149077)

[10.3.1 光遗传学技术 11](#_Toc62149078)

[10.3.2 光学显微成像技术 11](#_Toc62149079)

[10.3.3 钙离子成像技术 11](#_Toc62149080)

[10.4 微纳光子技术助力生物计算研究 11](#_Toc62149081)

[10.4.1 微型光源阵列（μLED）（邓寅） 11](#_Toc62149082)

[10.4.2 硅基阵列波导 （邓寅） 11](#_Toc62149083)

[10.4.3 数字微镜阵列（DMD）（邓寅） 11](#_Toc62149084)

[10.4.4 空间光调制器（SLM）（邓寅） 11](#_Toc62149085)

[10.4.5 光学超构表面（王传硕） 11](#_Toc62149086)

[10.5 生物计算未来展望（桂丽丽） 11](#_Toc62149087)

**第1章 绪论（张天）**

1.1 微纳光子器件的背景

1.2 微纳光子器件的发展趋势与应用

1.3 本书构成

参考文献

**第2章 微纳光子器件物理基础 （于帅、舒赢、卢晓宇）**

2.1 电介质光波导（参考：导波光学、王健）

2.1.1 三层均匀平面波导的射线分析法

2.1.2 三层均匀平面波导的电磁场分析法

（一般平面波导中模式的种类、三层均匀平面波导中模式场的场分布与本征值方程、模截止及波导中的传输模式数、归一化参量）

2.1.3 非均匀平面波导的射线分析法

（光线在非均匀平面波导中的轨迹、非均匀平面波导中的本征值方程）

2.1.4 平方律分布渐变型折射率平板波导

（TE导模、TM导模）

2.1.5 多模光纤模式色散相关基础（孟子艺）

2.2 表面等离激元波导（SPPs， Surface Plasmon Porlaritons）（参考：导波光学、王健）

2.2.1 金属的光频特性

（金属中的亥姆霍兹方程和复相对电容率、金属光频特性的初等电子论）

2.2.2 石墨烯的光频特性

（石墨烯的线性光学响应、和非线性光学响应）

2.2.3 等离子体表面波（SPW）

（介质与金属分界面上的等离子体表面波、长程等离子体表面波）

2.2.4 对称介质包层波导

（金属、石墨烯（博士论文））

2.2.5 非对称介质包层波导

（金属、石墨烯（博士论文2.1.3、出站报告2.3））

2.3光学微腔基础 （刘京亮、刘安妮、吴钟涵）（参考：刘京亮论文）

2.3.1 微腔的线性特性

2.3.2 微腔的非线性特性

2.4 耦合模式理论

（参考论文PR的附录部分、以及出站报告的2.4节）

2.5 微纳光场调控

2.5.1 超材料与超表面

（超材料与超表面定义、超材料的负折射效应、超材料的超分辨成像特性（张天）、超表面的光场调控机理（桂丽丽、王传硕））

2.5.2 空间光调制器（实际光场调控机理）（桂丽丽、邓寅）

2.5.3 硅基阵列波导（MZI的矩阵表示、MZI构建任意矩阵）（淡一航）

2.5.4 数字微镜阵列（桂丽丽、邓寅）

参考文献

**第3章 时域有限差分方法（来一航、樊泽洋）**

**（参考：《电磁波时域有限差分方法》葛德彪，《计算电磁学(第二版)》王秉中；《微纳光子集成》何赛灵；《电磁场数值计算与仿真分析》邢锋）**

3.1FDTD的发展与应用

3.2 FDTD基本原理

3.2.1 Yee元胞及三维差分形式

3.2.2 介质界面电磁参数的选取

3.2.3 数值稳定条件

3.3 常用激励源

3.4 Mur吸收边界条件

3.5 完全匹配层吸收边界条件

参考文献

**第4章 智能算法基础（杨志伟、于帅、郑一臻）**

4.1 梯度类算法原理 （参考：《Python深度学习》）（杨志伟）

4.1.1 随机梯度下降法（SGD）

4.1.2 SGD的变体算法

4.1.3 伴随方法

4.1.4 目标优先法 （或者3、4合并称为拓扑优化算法？）

4.2非梯度类算法原理 （于帅，参考《**计算智能**》、毕晓君）（郑一臻）

4.2.1 二进制搜索算法

4.2.2 遗传算法

4.2.3 退火算法

4.2.4 粒子群算法

4.2.5 多目标优化算法

4.3机器学习（**郑一臻**） (参考：《**机器学习**》**周志华**)

4.3.1 支持向量机

4.3.2 决策树

4.3.3 卷积神经网络

4.3.4 循环神经网络**（来一航）**

4.3.5 储备池计算 **（来一航）**

4.3.6 常用软件与框架

参考文献

**第5章 SPPs器件与应用（张天、赵婉玉）**

5.1 前言

5.1.1 SPPs光子器件的背景与意义

5.1.2 SPPs光子器件的发展现状

（需要体现朝着反向设计发展，作为一个发展趋势）

5.2 SPPs的激发与应用

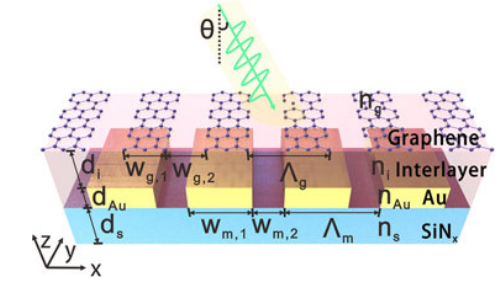
5.2.1 SPPs的激发方式

（介绍SPPs的几种典型激发方式）

5.2.2 可调宽频带场增强

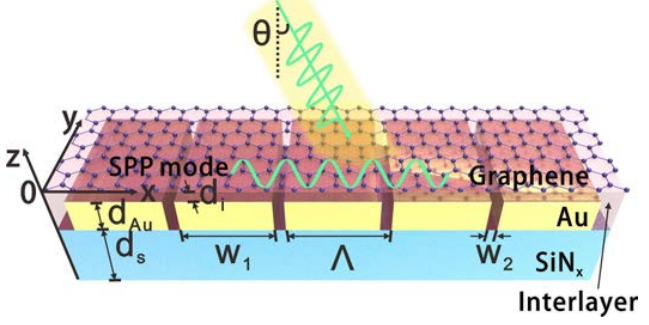
5.2.3 等离激元诱导透明

（金属电介质光栅耦合石墨烯超材料的研究（Tunable plasmon induced transparency in a metallodielectric grating coupled with graphene metamaterials）、

）

5.2.4 等离激元诱导吸收

（石墨烯纳米带波导系统的等离激元诱导吸收（Plasmon induced absorption in a graphene-based nanoribbon waveguide system and its applications in logic gate and sensor）、石墨烯协助金属电介质光栅结构的研究（Dynamically tunable plasmon induced absorption in graphene-assisted metallodielectric grating）

）

5.3 SPPs的传播与调控

5.3.1 SPPs的“彩虹捕获”

5.3.2 石墨烯表面三倍频的产生

5.4 SPPs器件的智能化设计与应用

（Efficient spectrum prediction and inverse design for plasmonic waveguide systems based on artificial neural networks）

5.4.1 SPPs波导系统

5.4.2 可编码多功能波导系统（淡一航arxiv文章）

参考文献

**第六章 高品质因子光学微腔（刘安妮、吴钟涵，参考刘京亮论文）**

6.1 前言

6.1.1 高品质光子微腔的研究背景与意义

6.1.2 高品质因子微腔的研究现状

6.2 微腔孤子光频梳的产生与动力学

6.2.1 微腔的倏逝波耦合

6.2.2 孤子微光梳理论模型

6.2.3 孤子微光梳的产生与动力学

6.2.4 孤子微光梳的噪声分析

6.3 微腔孤子光频梳的应用

6.4.1 基于孤子微光梳的多频激光雷达

6.4.2 基于孤子微光梳的超低相位噪声微波/太赫兹信号产生

6.4 超高品质晶体微腔

参考文献

**第7章 基于石墨烯的超材料器件（张天、赵婉玉）**

7.1 前言

7.1.1 超材料结构的背景与应用

7.1.2 基于石墨烯的超材料研究进展

7.2 双曲色散超材料实现远场超分辨成像

7.2.1 双曲透镜的原理

7.2.2 三角形双曲透镜

7.2.3 圆柱形双曲透镜

7.3 超材料对硅基偏振态的控制

7.3.1 超材料对硅波导中偏振态的影响

7.3.2 超材料辅助的偏振旋转器

7.3.3 超材料辅助的偏振分束器

7.4 超材料的智能化设计

7.4.1 结构参数的设计

（举两个例子，Inverse design of graphene-assisted metallodielectric grating and its applications in the perfect absorber and plasmonic third harmonic generation，和Efficient Optical Spatial First-Order Differentiator Based on Graphene-Based Metalines and Evolutionary Algorithms）

7.4.2 动态可调参数的设计

（Machine learning and evolutionary algorithm studies of graphene metamaterials for optimized plasmon-induced transparency）

参考文献

**第8章 光子神经网络（淡一航，参考徐兴元论文）**

8.1 前言

（参考：市科委项目申请书、论文《光子神经网络发展与挑战》中国激光）

8.1.1 人工神经网络的发展和应用

8.1.2 神经拟态硬件的电子平台和挑战

8.1.3 新型的光子手段

8.2 人工神经网络的光子实现手段

8.2.1 集成光子平台

8.2.2 克尔频梳

8.2.3 衍射光学透镜

8.2.4 相变材料

8.2.5 非线性平台

8.3光子神经网络的系统结构

（参考：论文《光子神经网络发展与挑战》中国激光）

8.3.1 全连接神经网络

（衍射和MZI的两种方式都要讲）

8.3.2 储备池计算

（参考储备池计算硬件实现方案研究进展[J]. 激光与光电子学进展）

8.3.3 卷积神经网络

（徐兴元文章《11 Tera-OPs/s photonic convolutional accelerator for optical neural networks》）

8.3.4 脉冲神经网络

（参考普林斯顿的书《neuromorphic photonics》）

8.3.5 训练算法

（分为非片上训练和片上训练展开，参考文章Efficient training and design of photonic neural network through neuroevolution）

参考文献

**第9章 微纳光子器件成像（孟子艺）**

9.1 前言

9.2 多模光纤成像

9.2.1 多模光纤成像机理

9.2.1 多模光纤成像图像重构方法

9.3 孔径掩模成像

9.3.1 掩模的类型与制造

9.3.2 掩模编码压缩成像系统

9.3.3 掩模编码成像的典型应用

9.4 其他微纳光子器件的成像应用

参考文献

**第10章 基于微纳光子技术的生物计算（桂丽丽）**

10.1 前言 （桂丽丽）

10.1.1 生物计算的特点

10.1.2 生物计算的颠覆性意义

（生物计算启发新的人工智能技术、离体生物计算为研究脑科学提供了重要的模型、生物计算是未来信息处理性能大幅提升的重要技术）

10.1.3 生物计算的国内外研究现状（桂丽丽）

10.2 生物计算研究的基本方法（桂丽丽）

10.3 光子技术助力生物计算研究（邓寅）

10.3.1 光遗传学技术

10.3.2 光学显微成像技术

10.3.3 钙离子成像技术

10.4 微纳光子技术助力生物计算研究

10.4.1 微型光源阵列（μLED）（邓寅）

10.4.2 硅基阵列波导 （邓寅）

10.4.3 数字微镜阵列（DMD）（邓寅）

10.4.4 空间光调制器（SLM）（邓寅）

10.4.5 光学超构表面（王传硕）

（超构表面的光场调控机理与方法、基于光学超构表面的结构光束产生、基于光学超构表面的大数值孔径透镜、基于光学超构表面的消色差透镜）

10.5 生物计算未来展望（桂丽丽）

参考文献

<http://www.bookask.com/book/1738775.html>《光物理研究前沿系列：纳米光子学研究前沿》作者：童利民 等 著；张杰 编

**3.1交初稿**