纳米光子学及其应用: 1-导论

电子和光子的主要属性 P17 光子器件与电子器件的性能比较 P18 什么是纳米 P9 为什么要研究纳米尺度 P12 什么是纳米光子学 P15 为什么要研究纳米光子学 P16 光子学与电子学的发展历程 P19 纳米光子学给我们带来什么 P下 课程大纲 P35

纳米光子学能给我们带来什么? 1、新认知-纳米尺度下独特的光学现象与规律

新发现-发展机遇纳米光学基本原理的应用

eg. 周期性金属孔洞膜的异常透射/通过手性介质的偏振旋转产生旋光性/等离子体信息传输芯片/等离子体增强光吸收/生物医学中癌症光热治疗/表面等离子体共振生化分析仪/光子晶体-纳米仿生 光学/超材料-负折射率-超表面-隐身技术/ 01 课程知识点

1 研究内容

纳米光子学基础

电子与光子异同 纳米尺度下光与物质相互作用

Q6: 我们将学到什么?

2. 研究方法

计算方法: 电磁场数值模拟

特性描述: 近场光学 制备方法: 纳米加工

量子材料: 电子的限域引起光学效应

光子晶体: 周期性介质光学

表面等离子体光学: 金属光学

亚波长共振: 在远场影响光传播和 偏振的周期性光学结构

超材料:人工设计电磁材料

35

总结

- ▶ 物理效应并不是随结构尺寸减小而均匀变化的。
- ▶ 纳米光子学是研究纳米尺度光与物质相互作用的科学。
- 人类对纳米尺度光学的新认识
- ▶ 电子器件的极限需要通过纳米光子学对光学和电子学
- ▶ 主要学习纳米光子学基本理论(原理、制备、检测、 应用)和五个分支(量子材料、光子晶体、表面等离

- 进行融合
- 体激元、亚波长光栅和超材料)
- 介绍了一些重要的有前景的应用

40

自然界纳米光子学: 天空

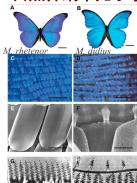




 $I(\lambda)\!pprox\!rac{I_{
m in}(\lambda)}{\lambda^4}$

- 可见光波长: 400 700 nm
- 大气尘埃颗粒远小于可见光波长
- 瑞利散射: 大小比入射光波长小很多的 颗粒(<λ/10)对光的散射.
- 云主要由尺寸为1-14 um的小水滴组成
- 米氏散射:颗粒大小同光波长可比拟或 大干光波长时发生的散射.
- 不同波长散射强度相近

自然界纳米光子学: 生物中光子晶体/变色龙



Morpho rhetenor 尖翅蓝闪蝶 Morpho didius 欢乐女神闪蝶

- 14英里外可见其炫目蓝色
- M. rhetenor 明亮而强烈,外观为金属蓝色; M. didius反射的蓝色更为弥漫
- 蓝光的绝对反射率之间的差异是由于每个物种 的离散多层单元中存在的薄片数量不同所致



欧莱雅无色素光子化妆品

Light manipulation principles in biological photonic systems, Nanophotonics 2013; 2, 289

历史中的纳米光子学: Lycurgus Cup



英国博物馆,公元4世纪罗马人制造 卢奇格斯杯

- 外侧照射,反射光呈现绿色 内测照射,透射光呈现红色
- 微量的金纳米颗粒<0.01%
- 对绿光(520nm) 产生强烈散射
- 金属纳米颗粒局域表面等离子体(LSPR)效应



哥特式建筑屋顶

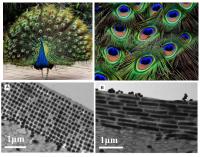


5-60 nm Au

03

From Wikipedia

自然界纳米光子学: 生物中光子晶体



孔雀羽毛的(A)横断面和(B)纵断面TEM图

角蛋白连接的黑色素棒二维光子晶体

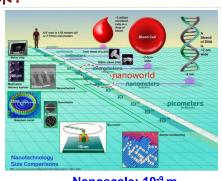
外壳表面横截面的SEM图像 象鼻虫中的多域光子晶体

Light manipulation principles in biological photonic systems, Nanophotonics 2013; 2, 289

Q1: 什么是纳米?



Richard Phillips Feynman 1918~1988 1965 Nobel Prize

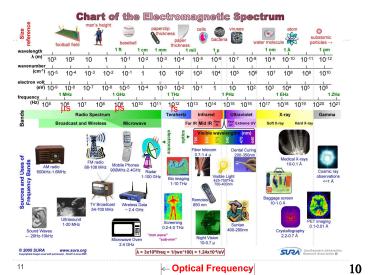


Nanoscale: 10-9 m

"There is Plenty of Room at the Bottom" was a lecture given by physicist Richard Feynman at an American Physical Society meeting at Caltech on December 29, 1959.

10

04



Q3:什么是纳米光子学?

纳米光子学 (Nanophotonics) 纳米尺度光与物质的相互作用 光学与光子学

Vave Optics

Ray Optics

几何光学(光线光学)

传播定律

波动光学(wave optics) 空间传播特性

光学 **Optics**

粒子光学 (photon optics)

光与物质相互作用

光的波动属性

粒子属性

量子力学

光子学是研究光子与物质相互作用及其应用的一门学科; 纳米光子学: 在纳米尺度对光的散射、透射、吸收、折射、量子态 等进行调控,主要通过设计光学结构来调制光在纳米尺度的行为。

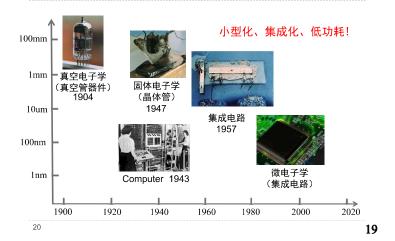
Wave-Particle Duality 15

电子和光子的主要属性

属性	光子	电子
共同点	都是具有波粒二像性的基本粒子	
质量	0	9.1×10 ⁻³¹ Kg
场特征(运动方向)	矢量场(偏振)	标量场
统计学性质	波色子(自旋1)	费米子(自旋1/2)
频率	500THz	10MHz-10GHz
能量	2eV(0.01-10eV)	40neV-40peV
传输损耗	低(光纤中)	高(铜线中)
粒子相互作用	无(低)	高
电荷	0	1.6×10 ⁻¹⁶ C

Photon vs Electron 17

光子学与电子学的发展历程-电子器件



Q2:为什么要研究纳米尺度?

gravity

- Brownian

quantum

12

Small is different

物理效应并不是随尺寸减小均匀变化的

实例:不同尺度的作用力

- cm 重力、摩擦力
- mm 重力、摩擦力、静电力
- 静电力、范德华力, 布朗力 um
- 静电力, 范德华力, 布朗力, 量子力学
- 量子力学

纳米尺度导致一些反常的物理性质

How about material optical properties at nanoscale? How about light-matter interaction at nanoscale?

Q4:为什么要研究纳米光子学?

- 发展对纳米尺度下光学效应或纳米尺度下光与 物质相互作用的新认识
- 电子学发展的极限或光学与电子学的融合需要 纳米尺度光学

纳米光子学 **Nanophotonic**

16

光子器件与电子器件的性能比较

性能	光子器件	电子器件
频率 (带宽和信息的容量)	3×10 ¹¹ ~6×10 ¹⁶ Hz 高4~5个数量级	3×10 ⁸ ~3×10 ¹¹ Hz
传输速度	在真空中以光速传播、 在光纤中以接近光速 传播	金属导线传输, 受RC时间常数限制
抗干扰能力	无电磁干扰	抗干扰能力差
信息存储能力	可实现三维光存储	磁存储

电子 能量提供与传输 光子 信息传输与处理

Electronic devices vs Photonic devices 18

光子学与电子学的发展历程-光子器件

