

2024年秋季学期第5次组会

个人工作汇报

BY2405316 严五金

moxiyan@buaa.edu.cn

汇报时间：2024 年 11 月 15 日

本周主要工作内容

1. 改善了之前透镜仿真存在的问题：圆形镜需要添加光阑，消除杂光（需要编程）
2. 学习了 Python - Lumerical API 的使用
3. 编写了 Jupyter Notebook，使用 python 完成透镜效率计算
 - 准确：坡印廷矢量积分，在半峰全宽定义范围下准确对 p_z 积分，使用光源分频函数求解入射光功率
 - 粗略：算焦平面范围内的 p_z 求和 / 光源上方监视器的全部 p_z 求和
4. FDTD 案例学习，光学原理学习
5. 日常文献阅读

文献分享

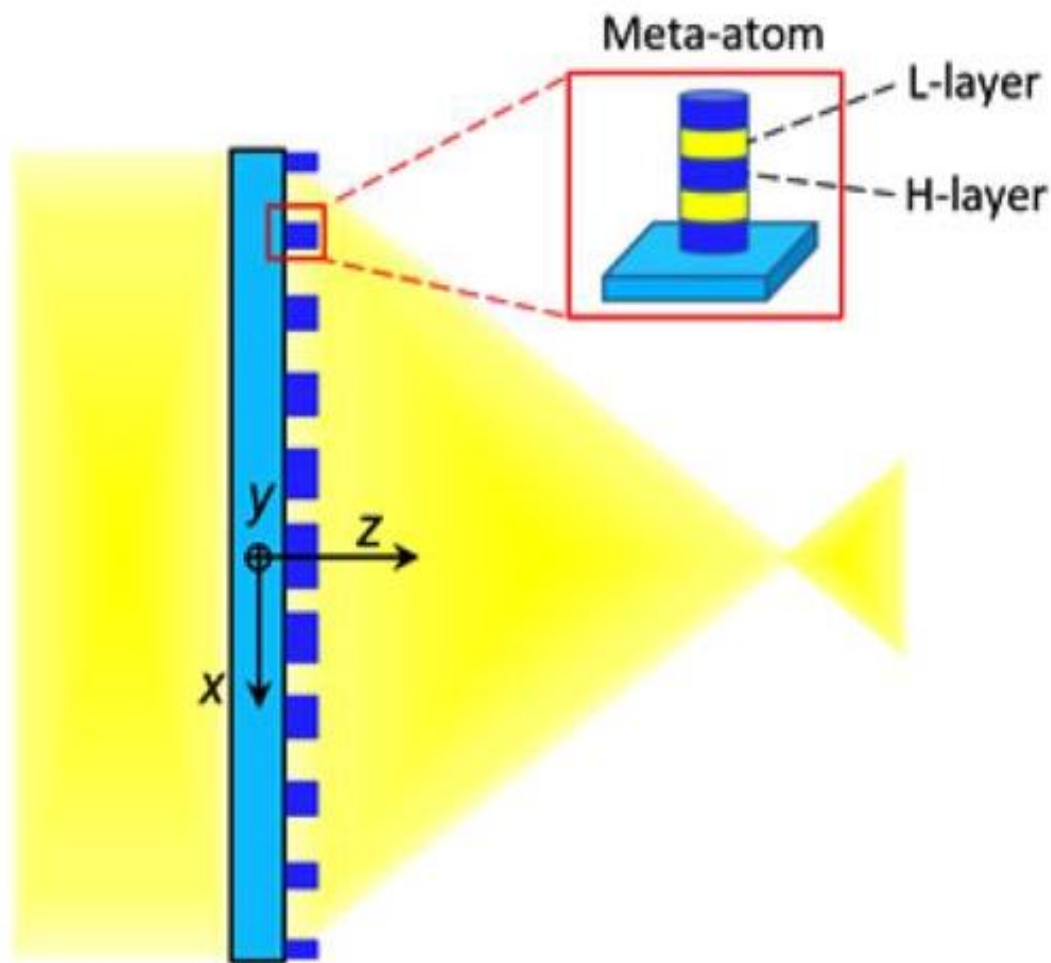
多层介质超透镜 (透射式)

- J. Carlos Basilio-Ortiz 和 Ivan Moreno
- 单位：Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia, UAZ, 墨西哥
- 发表期刊： *Optics Letters*
- 发布时间：2022年10月7日
- DOI： [10.1364/OL.474974](https://doi.org/10.1364/OL.474974) ↑

研究背景

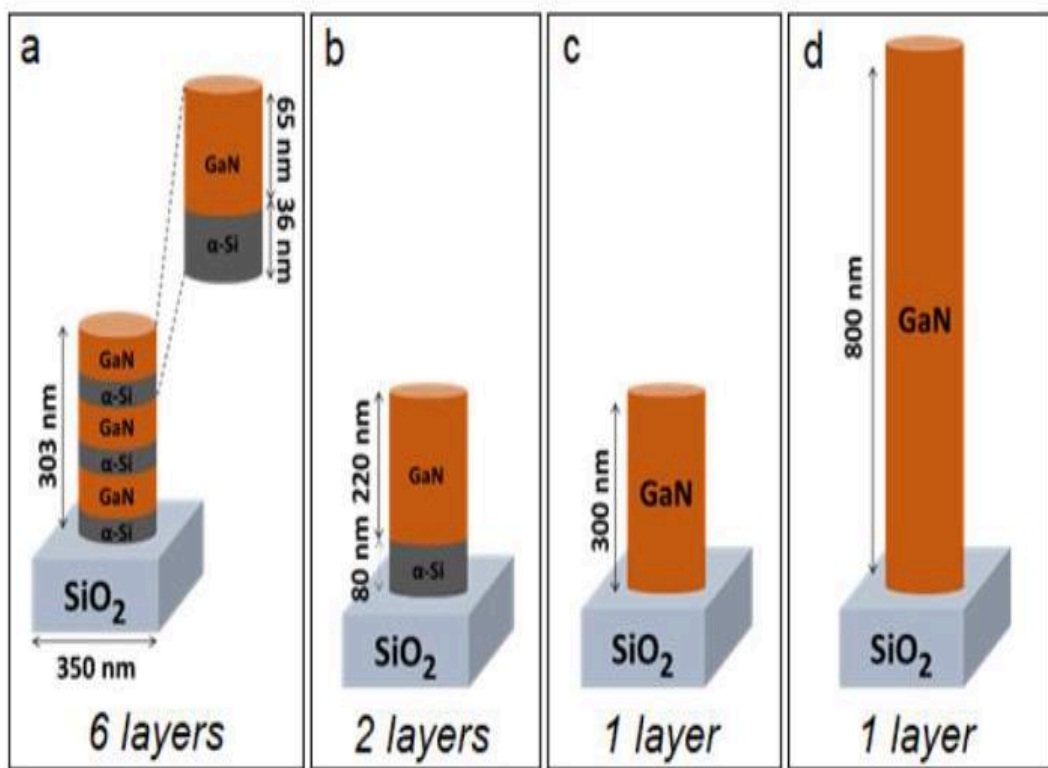
- 超透镜是基于超表面的超薄平面透镜，具有轻量化、易集成等优势。
- 传统的介质超透镜为了实现全相位覆盖，需要较高的纵横比，增加了制备难度。
- 多层超表面结构可以有效降低超原子的纵横比，并提高透射率。

超透镜设计



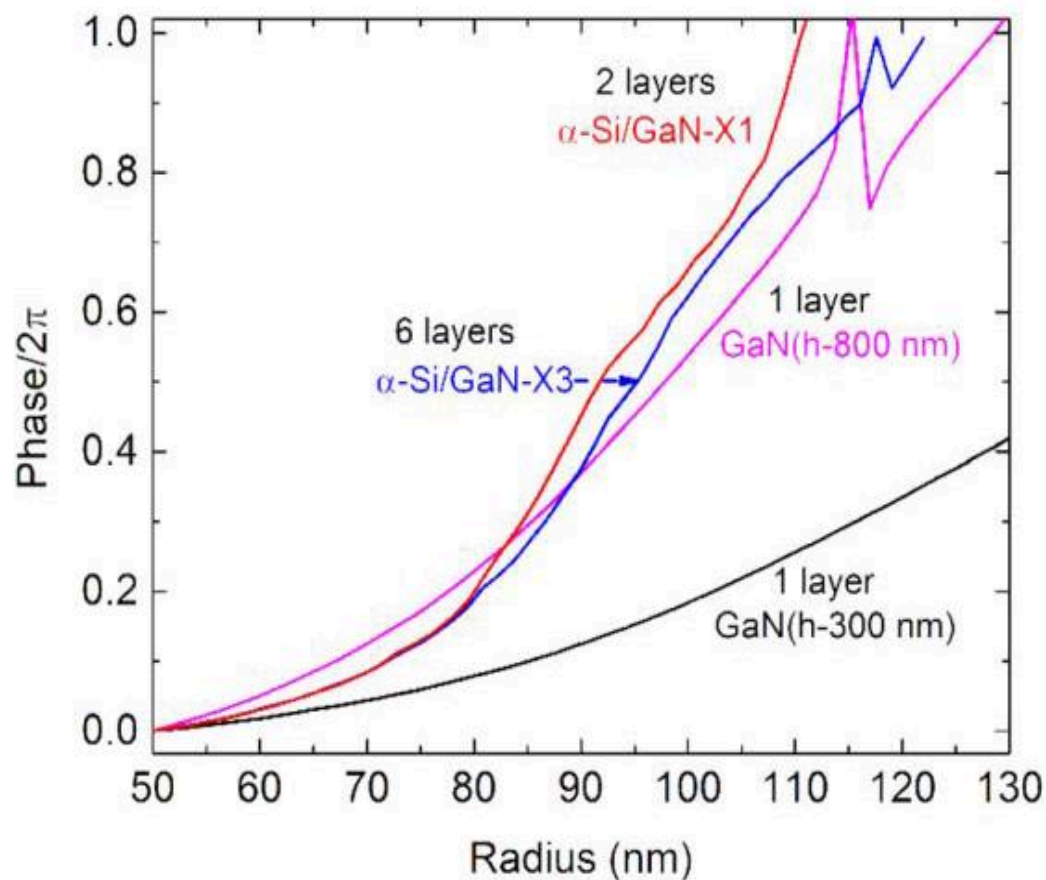
- 提出了一种基于多层介质超原子的超透镜设计。
- 超原子由交替的 α -Si (高折射率) 和 GaN (低折射率) 层组成, 每层厚度约为 $\lambda/4n$, 构成多层四分之一波片堆叠结构。
- 基底材料为熔融石英 (SiO_2), 超原子周期为 350 nm。

层结构分析



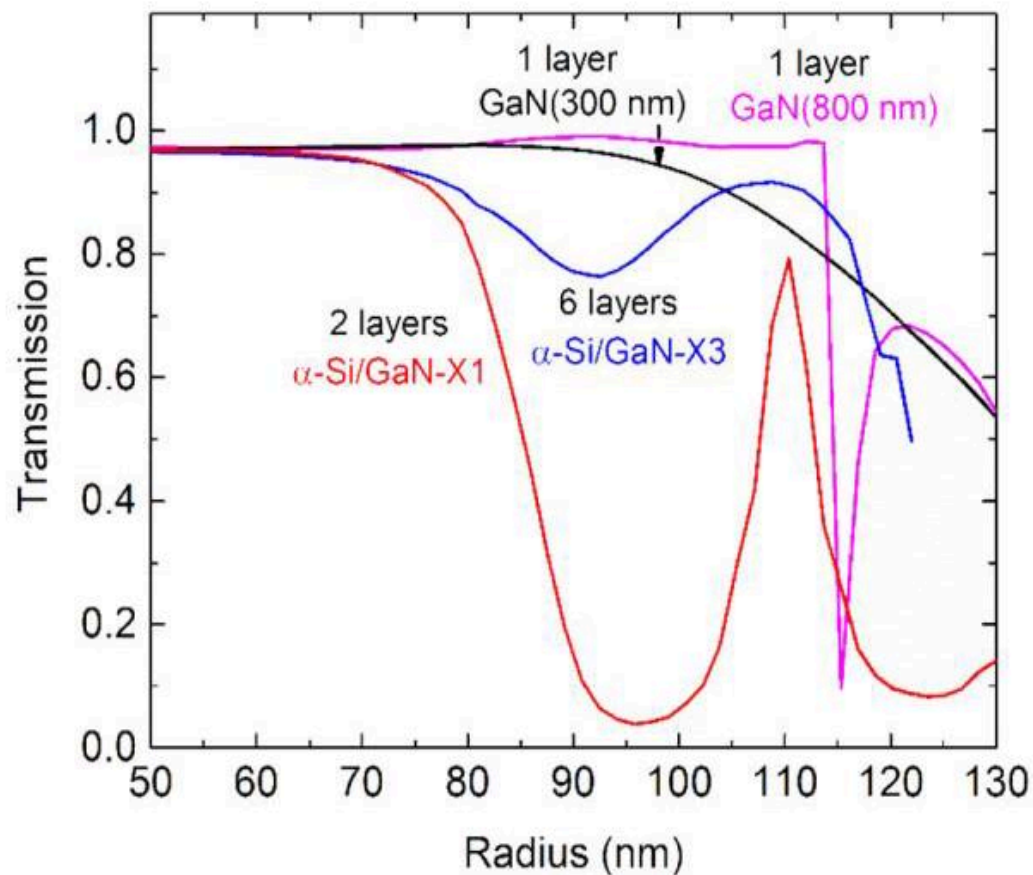
- 对比分析了四种不同结构的超原子：(a) 六层多层结构；(b) 双层结构；(c) 单层矮柱结构；(d) 单层高柱结构。
- 多层结构的总高度为 303 nm，远小于单层 GaN 结构 (800 nm) 所需的高度。

模拟结果与分析-相位覆盖



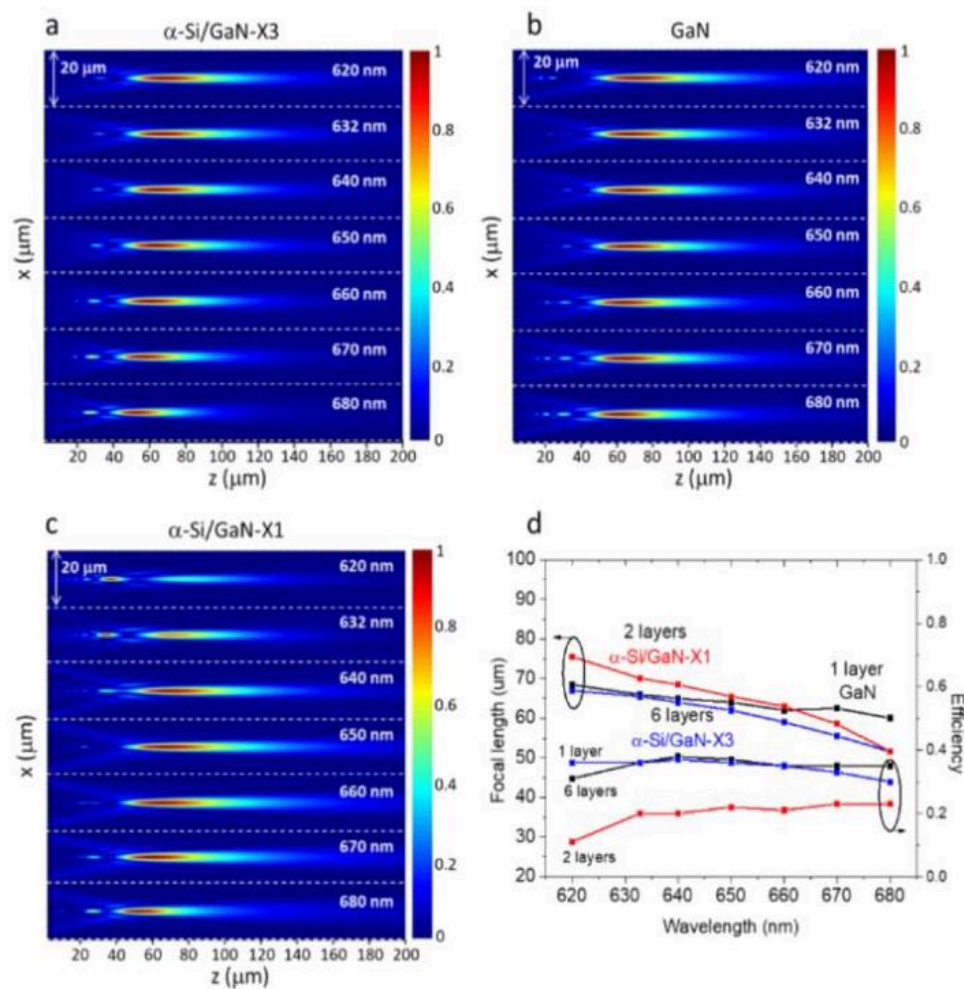
- 多层和双层结构的超原子在较小的半径范围内即可实现 2π 相位覆盖。
- 多层结构的纵横比显著降低，仅为单层 GaN 结构的 40% 左右。

模拟结果与分析-透射率



- 多层结构的透射率高于双层结构，有利于提高聚焦效率。
- 多层四分之一波片结构的引入，通过多光束干涉减反射效应，提高了透射率。

焦距分析



- 设计焦距为 $65.5 \mu\text{m}$ ，数值孔径为 0.15 的超透镜。
- 多层超透镜的色散小于双层超透镜，与单层超透镜的色散特性相近。
- 多层超透镜的聚焦效率约为 36%，与单层超透镜相近，高于双层超透镜 (20%)。

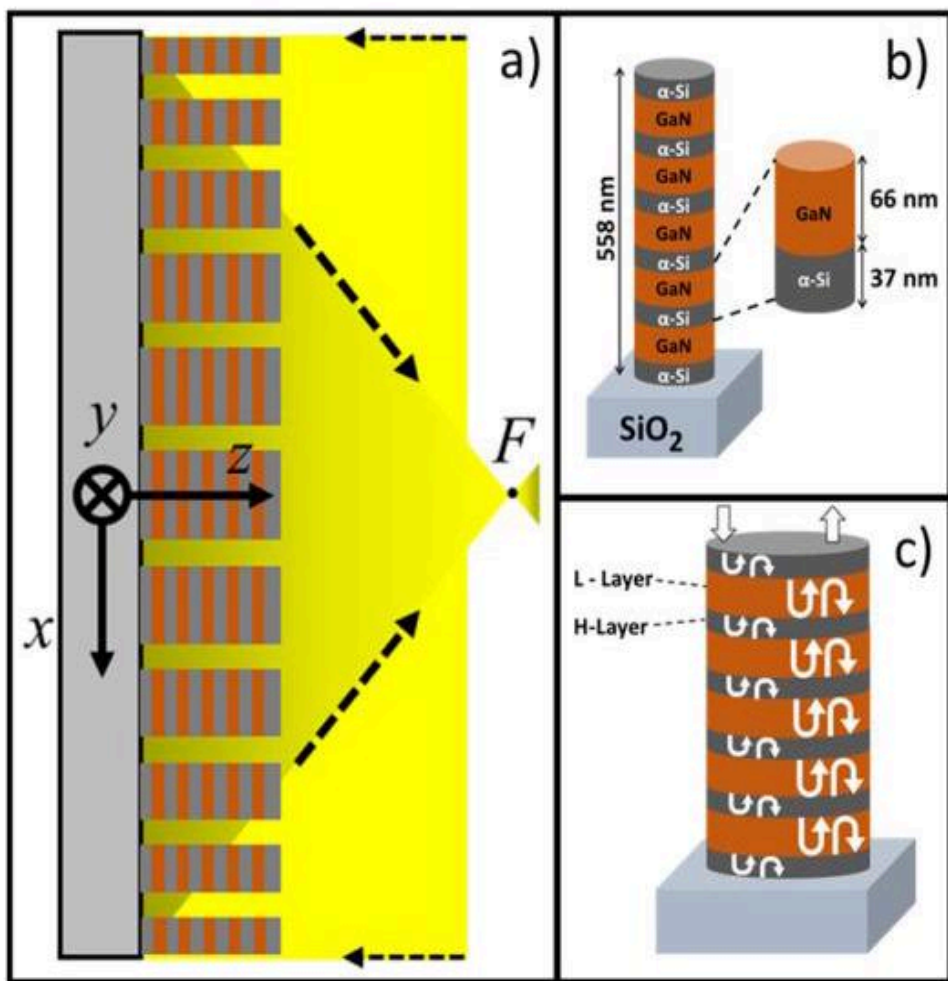
全介质反射式超透镜

- J. Carlos Basilio-Ortiz 和 Ivan Moreno
- 单位：Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia, UAZ, 墨西哥
- 发表期刊： *Optics Letters*
- 发布时间：2023年10月23日
- DOI: 10.1364/OL.505616 [↑](#)

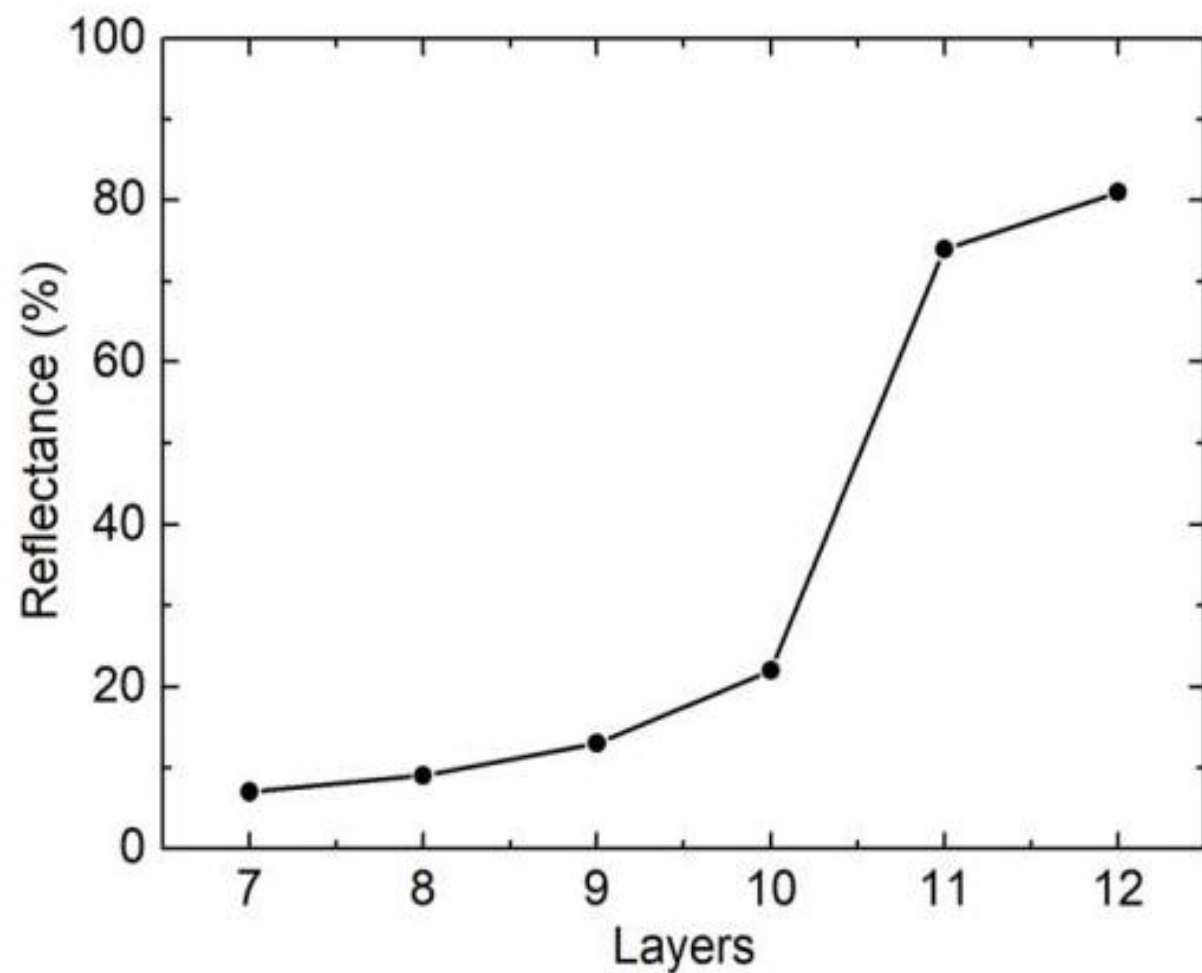
研究背景

- 反射式超透镜在提高效率和降低复杂性方面具有优势，但研究相对较少。
- 基于金属层的反射式超透镜存在能量损耗、波长范围受限等问题。
- 全介质反射式超透镜可以克服这些问题，但需要仔细选择材料以实现高反射率。

超透镜设计

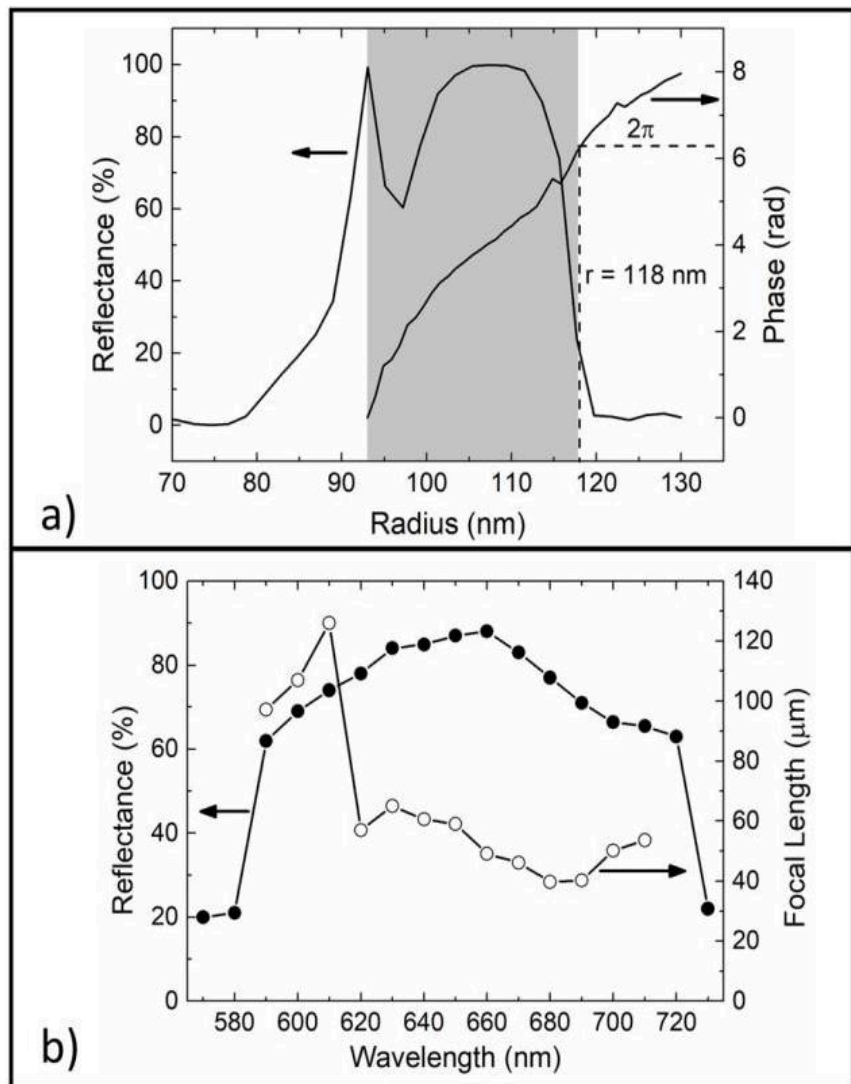


- 提出了一种基于多层介质超原子的全介质反射式超透镜。
- 超原子由交替的 α -Si 和 GaN 层组成，每层厚度约为 $\lambda/4$ ，构成多层四分之一波片堆叠结构，以最大化反射率。
- 总高度为 558 nm，由 11 个交替层组成。
- 基底材料为 SiO_2 ，超原子周期为 350 nm。

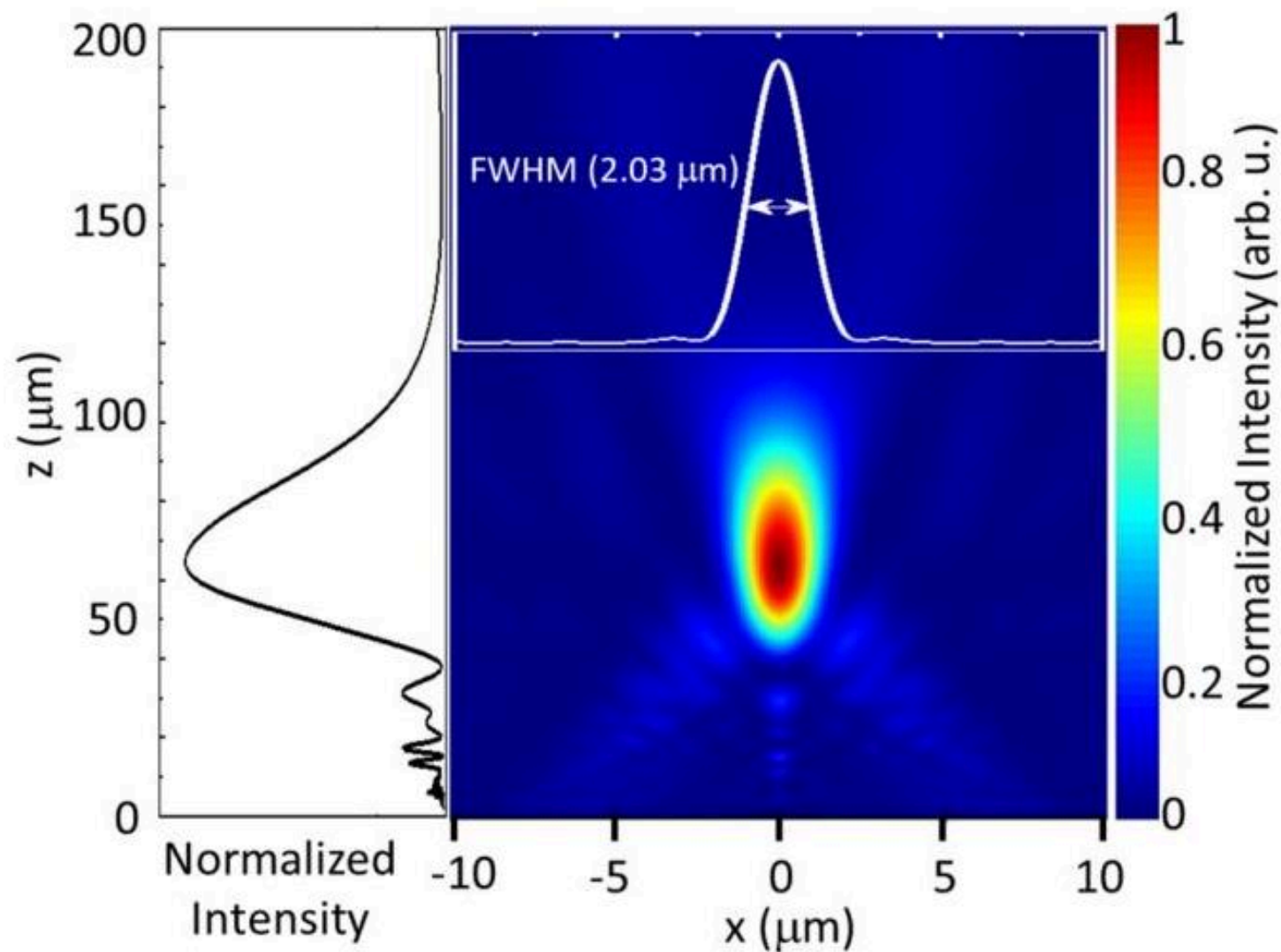


- 通过增加层数可以提高反射率。
- 11 层和 12 层结构的超原子具有最高的平均反射率，但 12 层结构接近高度限制。

模拟结果与分析



- 超原子在 93-118 nm 的半径范围内实现了 2π 相位覆盖，且反射率较高。
- 超透镜的整体反射率为 84%，聚焦效率约为 33%，远高于基于 DBR 反射器 (19%) 和金属反射器 (16%) 的超透镜。
- 超透镜在 590-720 nm 波长范围内反射率超过 60%。



- 焦斑的半高全宽 (FWHM) 为 $2.03\ \mu\text{m}$, 接近衍射极限 ($2.109\ \mu\text{m}$)。

总结与对比

特性	透射式超透镜	反射式超透镜
工作模式	透射	反射
超原子结构	6 层 α -Si/GaN	11 层 α -Si/GaN
超原子高度	303 nm	558 nm
纵横比	~3.03	低于单层结构
聚焦效率	~36%	~33%
反射率/透射率	高透射率	84%
优势	降低纵横比，提高透射率 提高效率，降低复杂性，无需金属层	

后续工作

1. 仿照文献设计，尝试多层介质超透镜，提高聚焦率，同时降低纵横比。
2. 学习 FDTD 数据处理，进一步分析超透镜的聚焦效果，学习绘图。
3. 构思文章，暂定以下几个题目：
 - Metasurface-Based Spectral Control and Focusing for Enhanced Photosynthesis Applications
 - Advanced Spectral Control and Focusing with Metasurfaces for Targeted Photosynthetic Applications
 - Design of Metasurfaces for Spectral Shaping and Focusing in Photosynthesis-Related Applications

感谢聆听!



moxiyan@buaa.edu.cn



dreamseeker_626



SH2-B216