

# 光学仿真经典案例集

## 案例目录和简介 (第一册)

注: “含讲解”是指建模和仿真全过程录制了一个讲解视频, 该视频带有语音讲解, 为零基础视频, 比较详细;  
“含演示”是指建模和仿真全过程录制了一个演示视频, 该视频没有声音。

### 目录

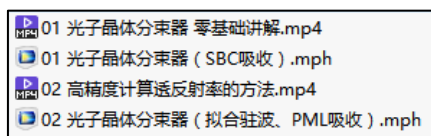
001 - COMSOL 光子晶体波导分束器 (含讲解, 50 元) .....	2
002 - COMSOL 金属纳米线波导 (含讲解, 50 元) .....	3
003 - COMSOL 纳米金球二聚体的散射 (含讲解, 50 元) .....	5
004 - COMSOL 一维光子晶体微腔 (含讲解, 50 元) .....	6
005 - FDTD 一维光子晶体微腔 (含讲解, 50 元) .....	7
006 - FDTD 脚本构建阵列结构 (含讲解, 40 元) .....	8
008 - FDTD 窄带超表面吸收器 (含讲解, 60 元) .....	9
009 - COMSOL 含 Kerr 材料的二维光子晶体波导 (仅模型文件, 30 元) .....	11
010 - COMSOL 超表面产生涡旋光 (仅模型文件, 40 元) .....	13
011 - COMSOL 基于 SRR 的二次谐波产生 (含讲解, 80 元) .....	16
012 - FDTD 金属纳米球阵列的吸收截面 (含讲解, 50 元) .....	18
013 - COMSOL 基于范德瓦尔斯结构的双曲线超材料 (仅模型文件, 30 元) .....	19
014 - FDTD 随机铺撒在基底上的微铁球吸光 (含演示, 20 元) .....	21
015 - FDTD 金纳米棒的吸收、散射、消光截面 (仅模型文件, 35 元) .....	22
016 - COMSOL 光纤-银纳米线波导之间高效耦合 (仅模型文件, 20 元) .....	23
017 - FDTD 利用脚本绘制波浪形光栅结构 (仅模型文件, 10 元) .....	25
018 - FDTD 锯齿型结构 SPP 的色散曲线 (含演示, 35 元) .....	26
019 - FDTD 光子晶体微腔 (含演示, 50 元) .....	27
020 - FDTD 光的折射 (零基础教学型案例, 含演示, 35 元) .....	29

## 001 - COMSOL 光子晶体波导分束器（含讲解，50 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：对一个典型的 T 型光子晶体分束器做了模拟；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：自定义变量、组件耦合、完美匹配层、散射边界条件、自定义网格 等；
- 绘制了：场分布和透反射率；
- 建模过程录制了时长为 54 min 的讲解视频。

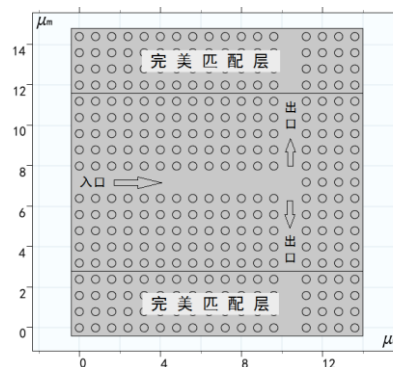
### 包含的文件截图：



### 详细描述：

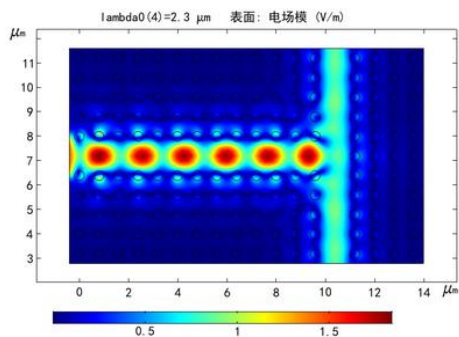
如右图所示，一个 T 形的二维光子晶体波导将一束输入光分为两束。由于在 T 形分叉口有反射，所以两个输出端口的透射率并不是都为 50%，而是小于 50%。

本案例用 comsol 模拟了入射光经过这个 T 形分束器的透射率和反射率，运用两种方法（即 SBC 吸收、PML 吸收）来对输出的光进行吸收，结果表明用 PML 吸收所得到的结果更加精确。

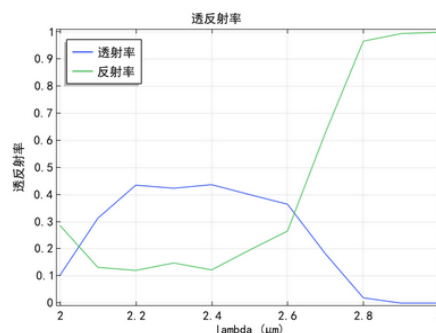


### 计算的内容和结果：

#### 1、电场分布：



#### 2、透反射率：

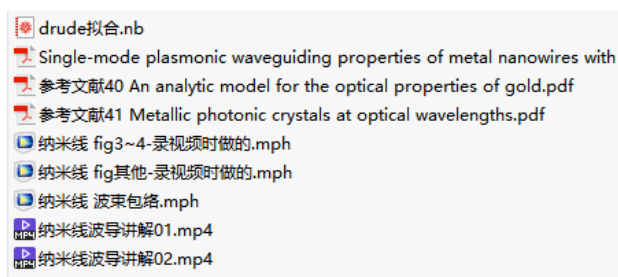


## 002 - COMSOL 金属纳米线波导（含讲解，50 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：根据发表在 *Optics Express* 上的文献《Single-mode plasmonic waveguiding properties of metal nanowires with dielectric substrates》（作者 Yipei Wang 等），重复了所有内容；
- 基于 COMSOL 波束包络求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：自定义变量、组件耦合、端口、散射边界条件、自定义网格、参数化扫描、边界模式分析 等；
- 绘制了：横截面上的场分布和能量分布、传播常数实部和虚部、文献中定义的“比功率”、有效模式面积、传播长度；
- 建模过程录制了时长为 1 h 38 min 的讲解视频。

### 包含的文件截图：



### 详细描述：

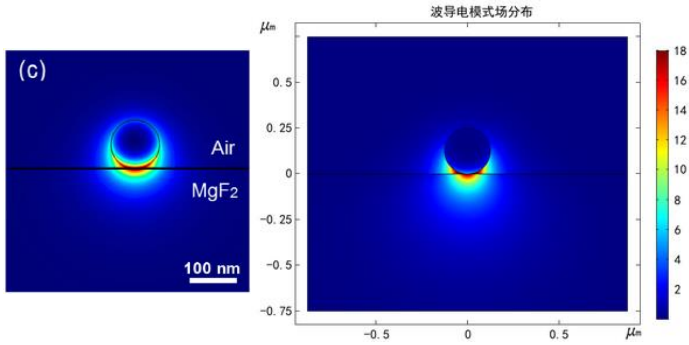


如上图所示，一根金属纳米线放置在电介质衬底上。在论文中，金属纳米线的材料考虑了 Au 和 Ag 两种，电介质衬底的材料考虑了 TiO<sub>2</sub>、ITO、SiO<sub>2</sub>、MgF<sub>2</sub> 四种情况，纳米线的直径  $D$  考虑了 50nm、100nm、200nm 三种情况。然后真空波长为 660nm 的表面等离子激元（SPP）在这个金属纳米线上传播。

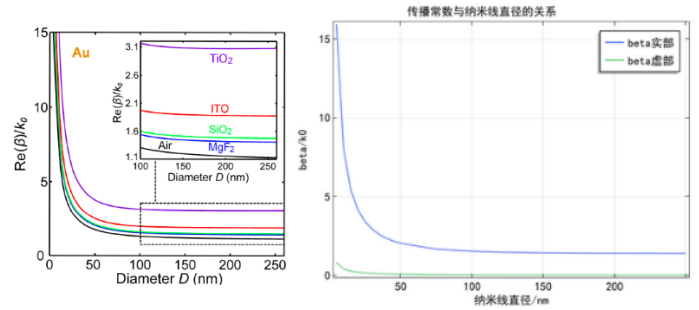
在我的案例中，取 Au 纳米线放置在 MgF<sub>2</sub> 这种情况，复现了论文中的所有结果，具体的结果请往下看，并录制了讲解视频

### 计算的内容和结果：

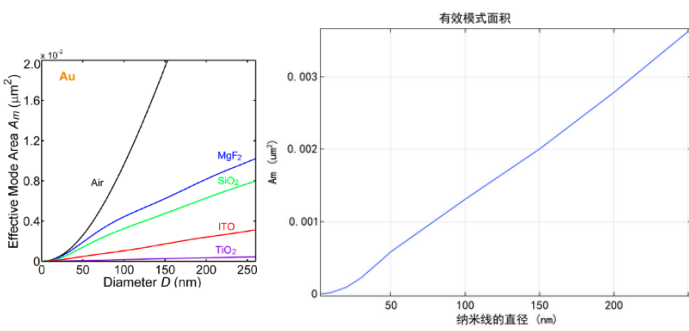
（转下页）



左图: 文献中的横向能流密度分布; 右图: 本例中计算的横向电模式场分布

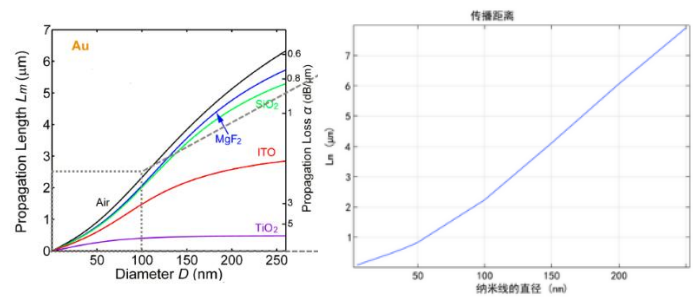


传播常数。左图: 文献中的传播常数实部; 右图: 本例计算的传播常数 (MgF₂)



有效模式面积。

左图: 文献中的结果; 右图: 本例的结果 (MgF₂)



传播长度。

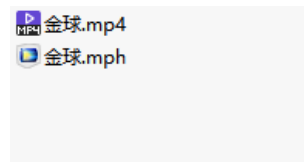
左图: 文献中的结果; 右图: 本例的结果 (MgF₂)

## 003 - COMSOL 纳米金球二聚体的散射（含讲解，50 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：对纳米金球对的散射做了模拟；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：散射场、远场域、完美电导体、完美磁导体、散射边界条件、自定义网格、对数据集的操作 等；
- 绘制了：近场分布和远场分布；
- 建模过程录制了时长为 42 min 的讲解视频。

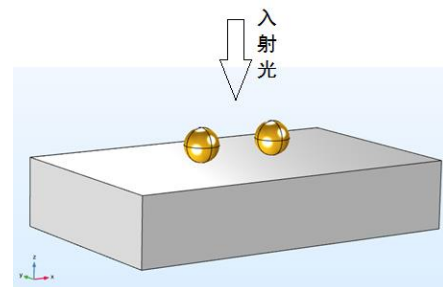
### 包含的文件截图：



### 详细描述：

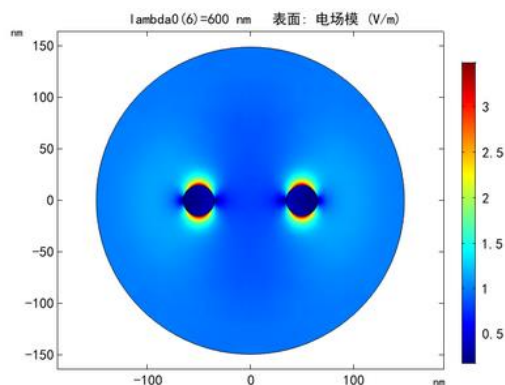
如右图所示，由两个直径为 30nm 的金纳米球组成的二聚体放置在 Si 衬底上，一束线偏振平面光从上往下正入射到金纳米球上，入射光的偏振方向垂直于两球连线。

在 comsol 中计算了电场的近场分布和散射光的远场分布。

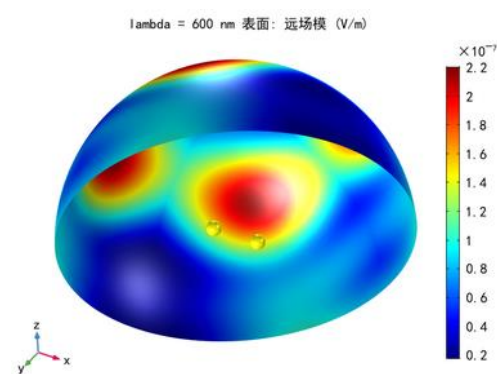


### 计算的内容和结果：

#### 1、电场的近场分布



#### 2、散射场的远场分布

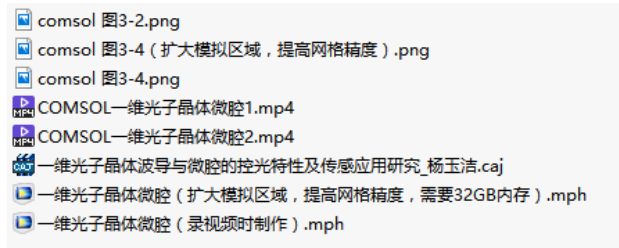


## 004 - COMSOL 一维光子晶体微腔（含讲解，50 元）

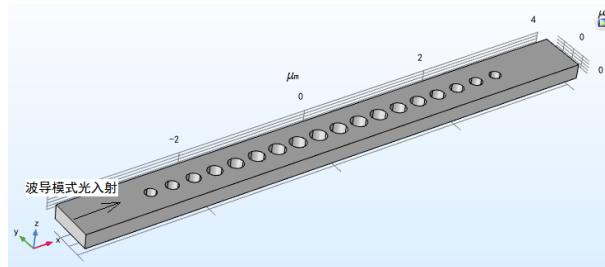
### 基本介绍：

- 主要内容：重复硕士论文《一维光子晶体波导与微腔的控光特性及传感应用研究（作者：杨玉洁）》中的图 3-2b、图 3-4a；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 计算所需的内存：8 GB；高精度需要 128 GB；
- 涉及的内容：在 App 开发器中录制和编写模型方法、端口、散射边界条件、自定义网格、边界模式分析 等；
- 绘制了：基模附近的透射率和基模的场分布；
- 建模过程录制了时长为 45 min 的讲解视频。

### 包含的文件截图：

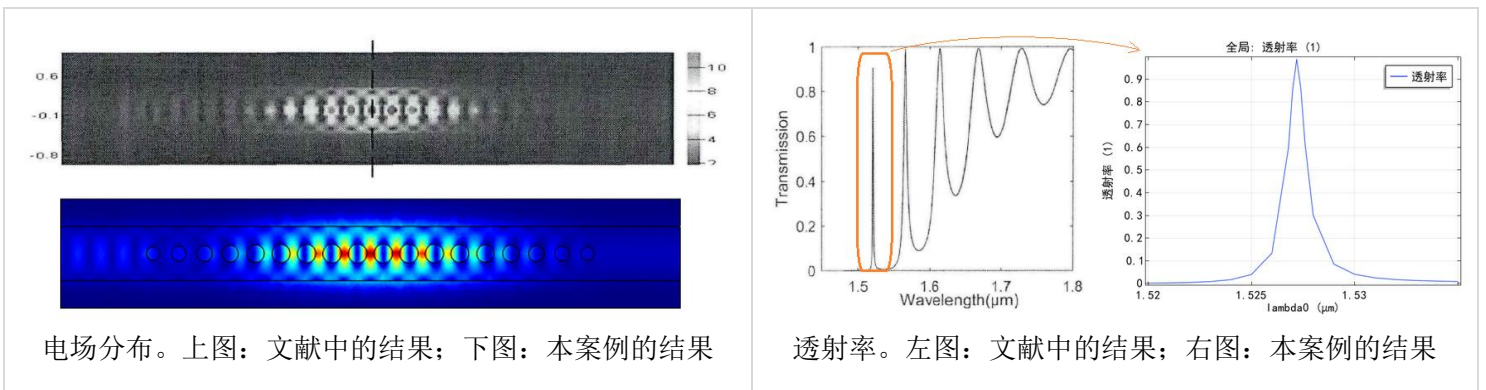


### 详细描述：



如上图所示，在一个矩形 Si 波导上刻了一排孔形成一个一维光子晶体微腔。由于微腔有很高的 Q 值，可以实现对光的窄带滤波，可用于设计高精度传感器。

### 计算的内容和结果：

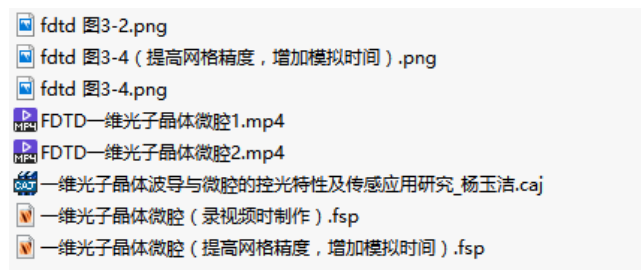


## 005 - FDTD 一维光子晶体微腔（含讲解，50 元）

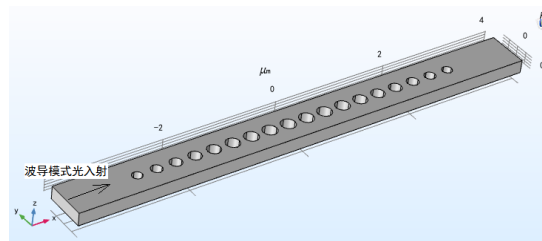
### 基本介绍：

- 主要内容：重复硕士论文《一维光子晶体波导与微腔的控光特性及传感应用研究（作者：杨玉洁）》中的图 3-2b、图 3-4a；
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：在 structure group 中编写脚本、模式光源（模式分析）、监视器-场分布、监视器-透射率、监视器-视频 等；
- 绘制了：基模附近的透射率和基模的场分布；
- 建模过程录制了时长为 28 min 的讲解视频。

### 包含的文件截图：

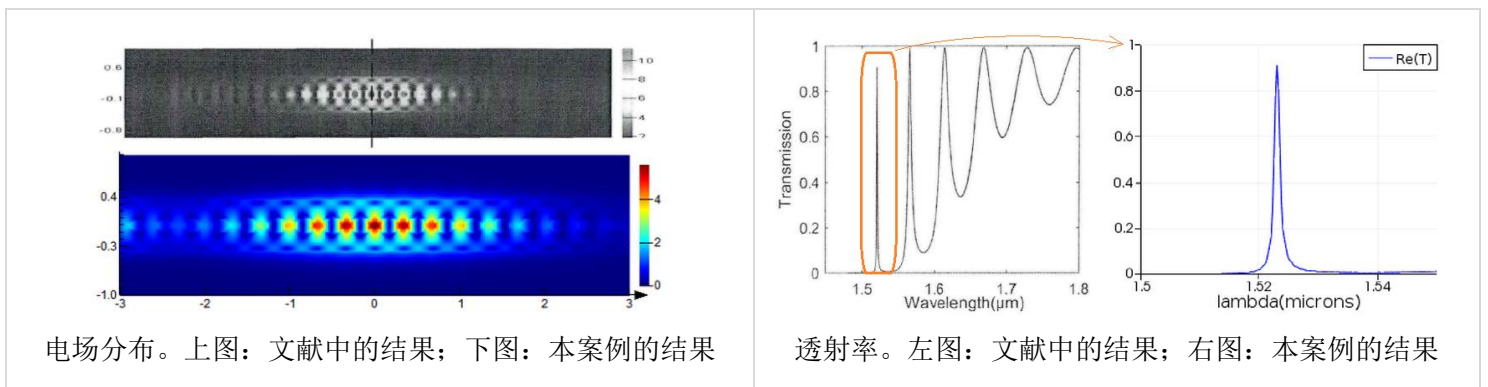


### 详细描述：



如上图所示，在一个矩形 Si 波导上刻了一排孔形成一个一维光子晶体微腔。由于微腔有很高的 Q 值，可以实现对光的窄带滤波，可用于设计高精度传感器。

### 计算的内容和结果：



## 006 - FDTD 脚本构建阵列结构（含讲解，40 元）

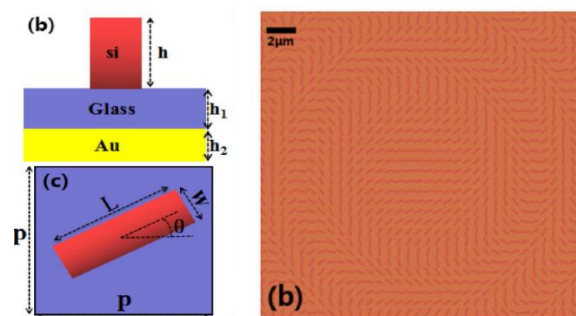
### 基本介绍：

- 主要内容：绘制论文《Reflective metalens with sub-diffraction-limited and multifunctional focusing》（作者：Hui Yang）中的图 3b；
- 基于 Lumerical FDTD Solution，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；
- 涉及的内容：在 structure group 中编写脚本；
- 建模过程录制了时长为 13 min 的讲解视频。

### 包含的文件截图：



### 详细描述：



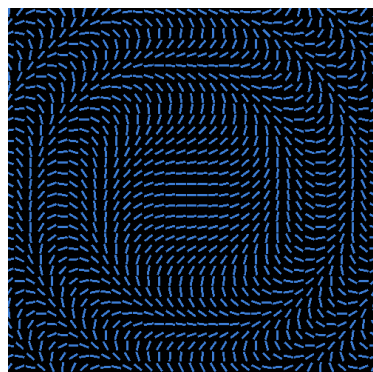
如上图所示是论文中的 Fig.1(b) 和 Fig.3(b)，其基本结构是在 Glass/Au 衬底上排列一些 Si 长方体。图中  $h = 400 \text{ nm}$ ， $h_1 = 200 \text{ nm}$ ， $h_2 = 150 \text{ nm}$ ， $W = 132 \text{ nm}$ ， $L = 600 \text{ nm}$ ， $P = 650 \text{ nm}$ 。旋转角度  $\theta$  满足方程：

$$\theta(x, y) = \pi/\lambda \cdot (\sqrt{x^2 + y^2 + f^2} - f)$$

其中波长  $\lambda = 1550 \text{ nm}$ ，焦距  $f = 20 \text{ um}$ 。

绘制这个阵列的难点在于每个 Si 长方体的旋转角度都是不同的。在本案例中，我在 FDTD 的 structure group 中编写脚本，画出了上面这个阵列结构。

### 绘制的结果：



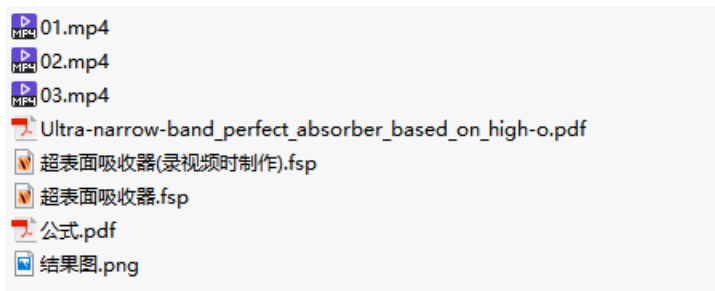


## 008 - FDTD 窄带超表面吸收器 (含讲解, 60 元)

### 基本介绍:

- 主要内容: 根据发表在 *Journal of Nonlinear Optical Physics & Materials* 上的文献《Ultra-narrow-band perfect absorber based on high-order plasmonic resonance in metamaterial 作者: Xintong Gu 等》, 重复其中的图 2 和图 3;
- 计算所需的内存: 8 GB;
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解, 使用的软件版本为 Lumerical 2016a;
- 涉及的内容: 平面光源、监视器-透反射率、编写脚本绘制吸收率、创建分析组并编写绘制电流密度分布、自定义网格 等;
- 绘制了: 反射率、吸收率、电流密度分布 (自己编写脚本);
- 建模过程录制了时长为 53 min 的讲解视频。

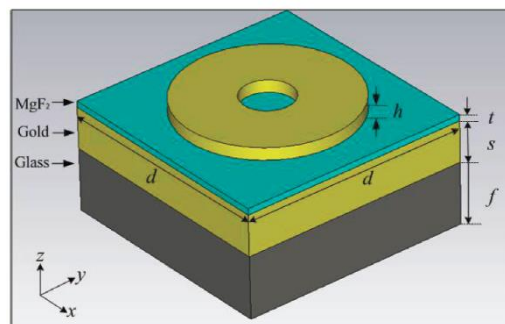
### 包含的文件截图:



### 详细描述:

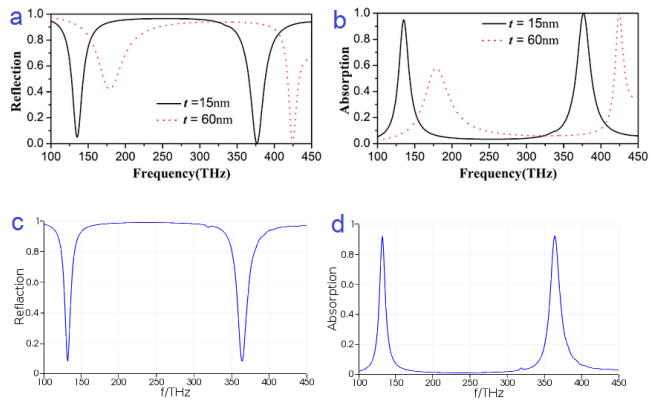
如右图所示, 在  $\text{MgF}_2/\text{Gold}/\text{Glass}$  衬底上放置一些金圆环构成一个超表面, 其中  $h = 30 \text{ nm}$ ,  $s = 100 \text{ nm}$ ,  $f = 150 \text{ nm}$ ,  $d = 540 \text{ nm}$ ,  $t = 15$  或  $60 \text{ nm}$ , 圆环的内外半径分别为  $60 \text{ nm}$ 、 $200 \text{ nm}$ 。

频率为  $100 \sim 450 \text{ THz}$  的线偏振平面光从上方正入射到这个超表面, 研究结构对电磁波的吸收。

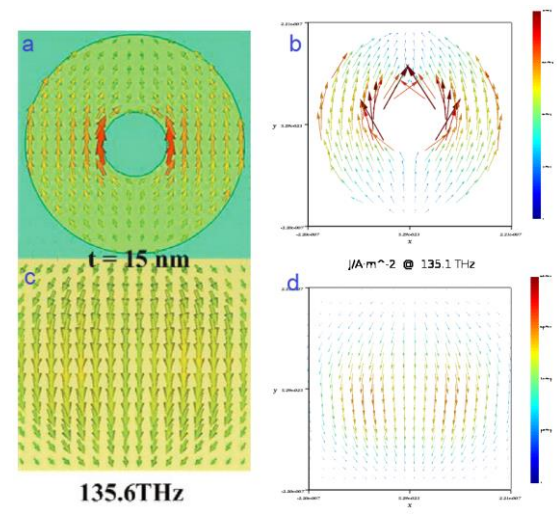


### 计算的内容和结果:

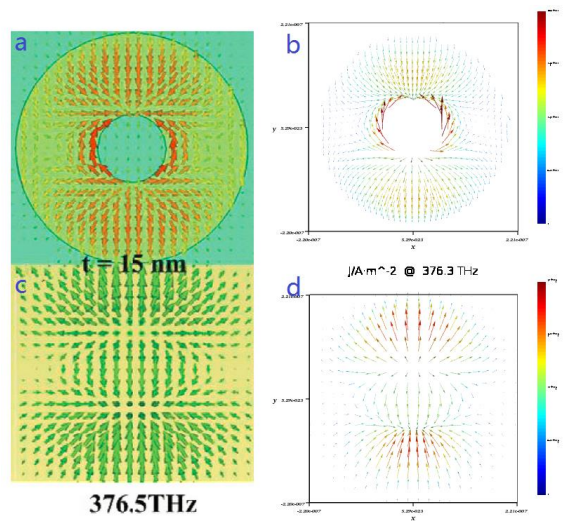
(转下页)



反射率和吸收率。a、b: 文献中的结果; c、d 本案例的结果 ( $t = 15\text{ nm}$ )



$f = 135.6\text{ THz}$  时的电流密度分布。a、c 为文献中的结果; b、d 为本案例的结果。a、b 为金环中心截面的电流密度; c、d 为第二层金基底中央截面的电流密度。



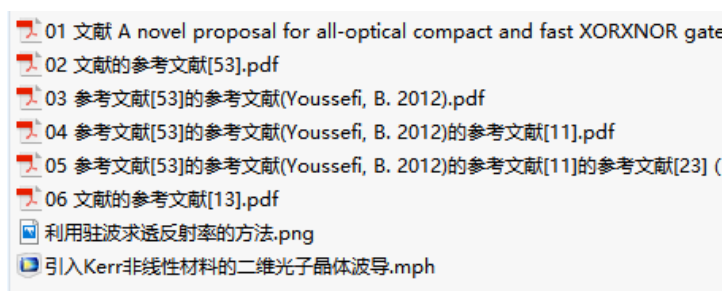
$f = 376.5\text{ THz}$  时的电流密度分布。a、c 为文献中的结果; b、d 为本案例的结果。a、b 为金环中心截面的电流密度; c、d 为第二层金基底中央截面的电流密度。

## 009 – COMSOL 含 Kerr 材料的二维光子晶体波导（仅模型文件，30 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：根据发表在 *Journal of Modern Optics* 上的文献《A novel proposal for all-optical compact and fast XOR/XNOR gate based on photonic crystal 作者：Golnaz Tavakoli 等》，用 COMSOL 重复其中的图 2；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 涉及的内容：组件耦合-最大最小值、组件耦合-积分、自定义变量、非线性材料（Kerr 材料）、完美匹配层、散射边界条件、参数化扫描 等；
- 绘制了：电场模、电场 z 分量、光强分布、折射率分布；
- 本案例仅包含模型文件。

### 包含的文件截图：



### 详细描述：

如右图所示，基本结构是三角晶格二维光子晶体波导。在两个平行波导之间制造一个“><”形状的耦合区域，耦合区域内部的介质柱替换为一种 Kerr 非线性材料。

Kerr 非线性材料的折射率与所处位置的光强有关，可表示为：

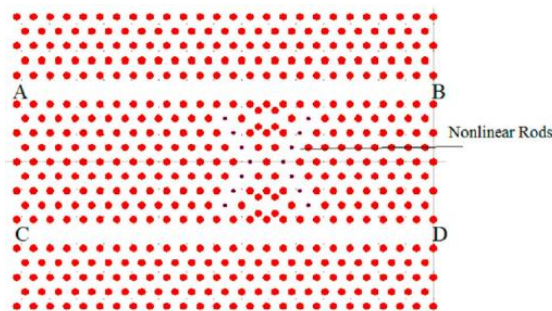
$$n = n_0 + n_2 I$$

其中

$$I = 2n_0 \epsilon_0 c |E(\omega)|^2$$

$$n_2 = \frac{3}{4n_0^2 \epsilon_0 c} \chi^{(3)}$$

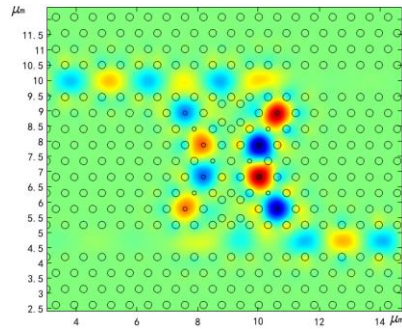
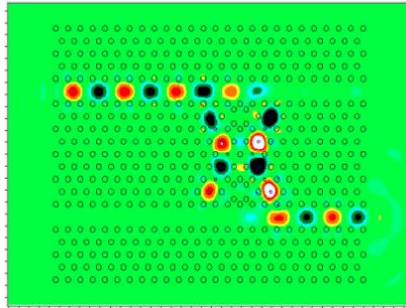
光从 A 端口入射，由于 Kerr 非线性材料的折射率与光强有关，所以光经过“><”形耦合区域后，入射光强较大时光主要从 B 端口输出，而入射光强较小时光主要从 D 端口输出。



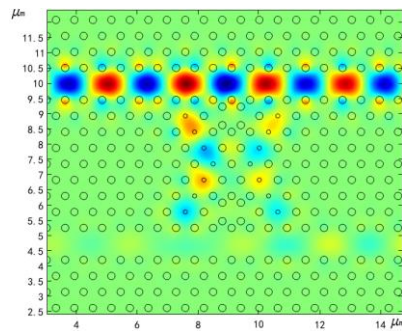
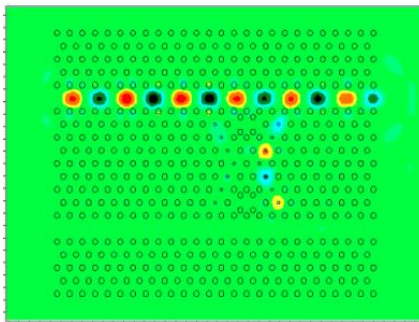
（转下页）

### 计算的内容和结果:

1、当入射光强较小时, 电场  $z$  分量分布。左: 论文中的结果; 右: 本案例的结果



2、当入射光强较大时, 电场  $z$  分量分布。左: 论文中的结果; 右: 本案例的结果

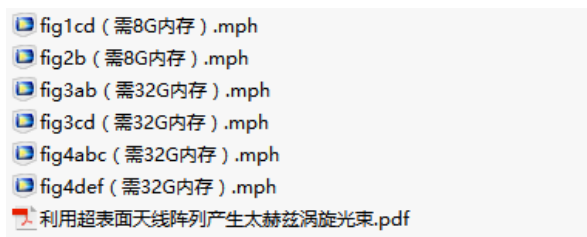


## 010 - COMSOL 超表面产生涡旋光（仅模型文件，40 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：基于文献《利用超表面天线阵列产生太赫兹涡旋光束 作者：李瑶等》，用 COMSOL 重复了所有内容；
- 计算所需的内存：32 GB；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.4 (5.4.0.225)；
- 涉及的内容：几何-程序设计、在 App 开发器用模型方法构建几何、端口、周期性条件、参数化扫描 等；
- 绘制了：透射光的振幅和相位变化图、透射光的电场分布、透射涡旋光的电场模和相位分布；
- 本案例仅包含模型文件。

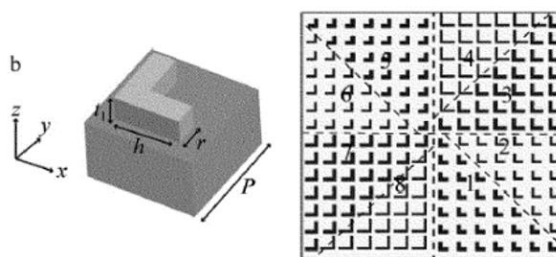
### 包含的文件截图：



### 详细描述：

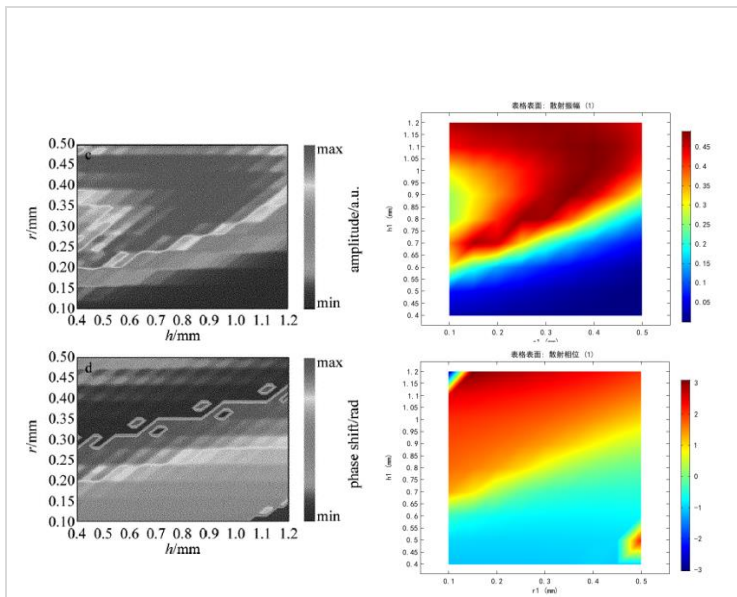
如右图所示，该器件是由 L 形金天线构成的超表面，超表面上分成 8 个区域，对应不同的  $h$  和  $r$  尺寸，从而实现对接位的调制。超表面的排列周期  $P = 1.5 \text{ mm}$ ， $t_1 = 300 \text{ nm}$ ，工作频率是  $0.1 \text{ THz}$ 。

$x$  方向偏振的高斯光束从下往上入射到超表面，能够输出一个涡旋光。

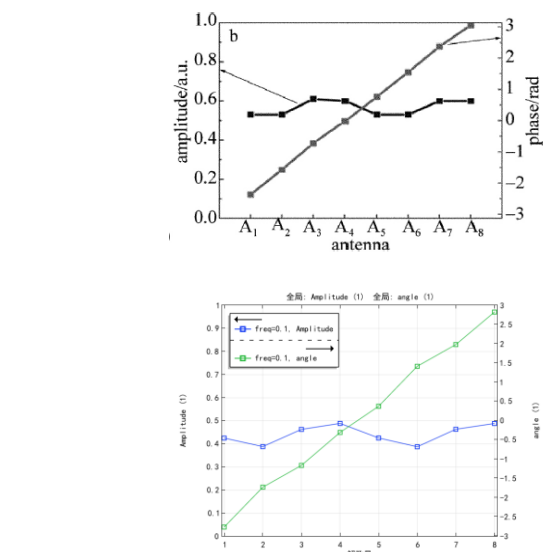


### 计算的内容和结果：

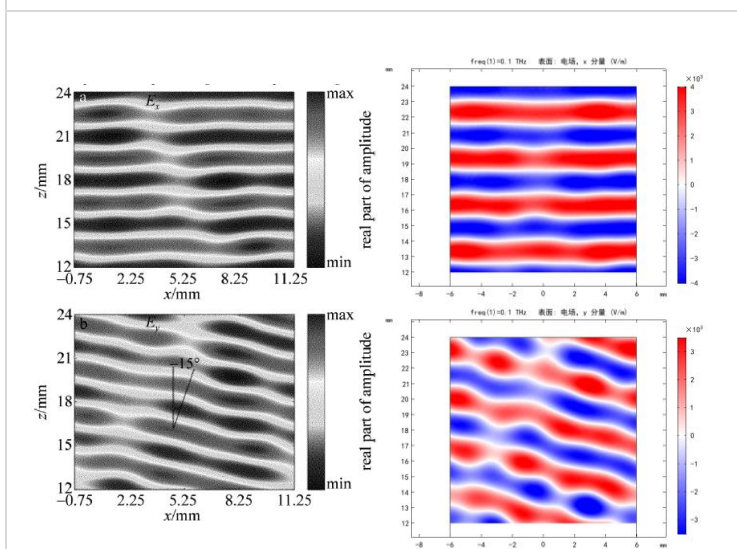
（转下页）



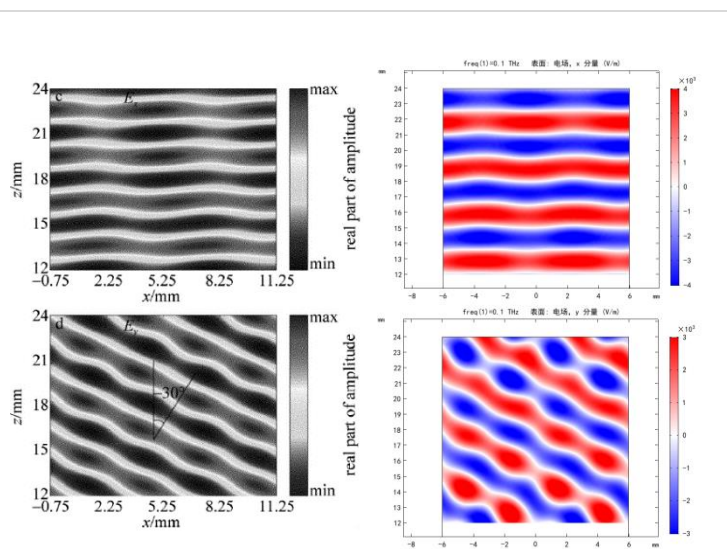
对几何结构参数  $r$  和  $h$  进行扫描，得到透射光电场和相位变化情况。左：文献中的结果；右：本案例的结果



对于文中编号为 A1~A8 的八个尺寸不同的单元构成的超表面，利用平面线偏振入射，正交方向透射光的振幅和相位改变。上：文献中的结果；下：本案例的结果

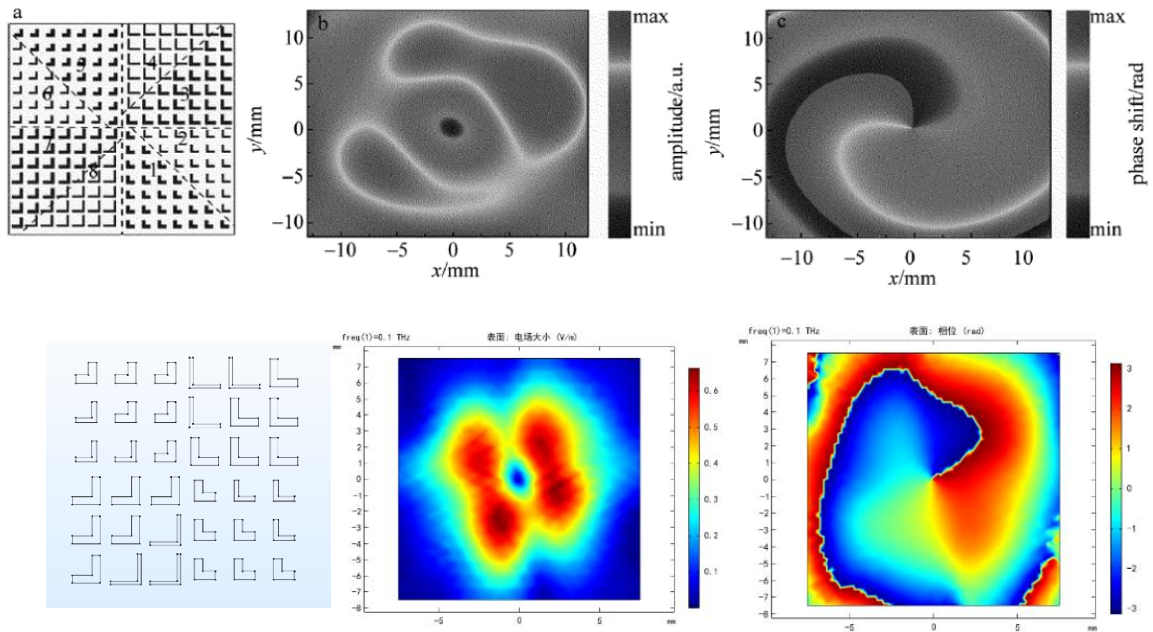


对于文中的阵列 A，透射光电场  $x$  分量和  $y$  分量的分布情况。左：文献中的结果；右：本案例的结果



对于文中的阵列 B，透射光电场  $x$  分量和  $y$  分量的分布情况。左：文献中的结果；右：本案例的结果

(转下页)



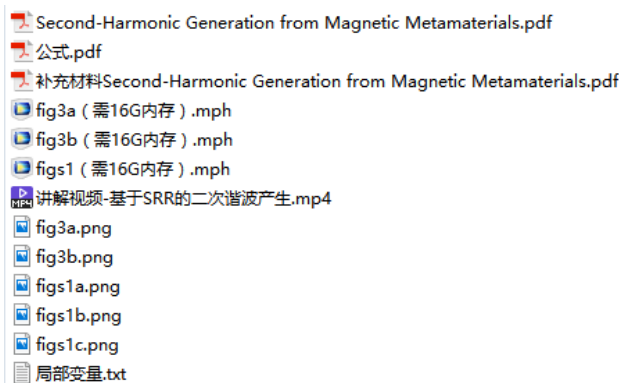
拓扑荷  $l = 1$  的透射光情况, 受制于计算机性能, 本案例中只截取了  $6 \times 6$  的阵列来模拟, 且网格剖分得很粗。上: 文献中的结果; 下: 本案例的结果

## 011 - COMSOL 基于 SRR 的二次谐波产生（含讲解，80 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：根据发表在 *Science* 上的论文《Second-Harmonic Generation from Magnetic Metamaterials 作者：Matthias W. Klein 等》，用 COMSOL 重复了图 3a、图 3b、补充材料中的图 S1；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 计算所需的内存：16 GB；
- 涉及的内容：自定义变量、定义 Drude 模型、端口、周期性条件 等；
- 绘制了：电子漂移速度场、磁感应强度场、电子受到的洛伦兹力场、透射曲线；
- 建模过程录制了时长为 65 min 的讲解视频。

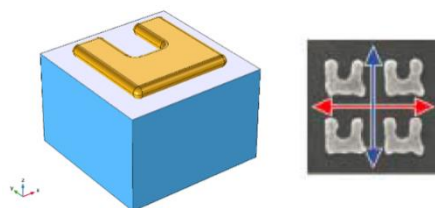
### 包含的文件截图：



### 详细描述：

如右图所示，金开口环谐振器放置在玻璃基底上构成一个超表面，开口环的边长为 220 nm，高为 25 nm，排列周期为 305 nm。

偏振方向沿着右图中红色箭头方向的平面光正入射到该超表面，能够激发出二次谐波，二次谐波的偏振方向沿右图蓝色箭头方向。

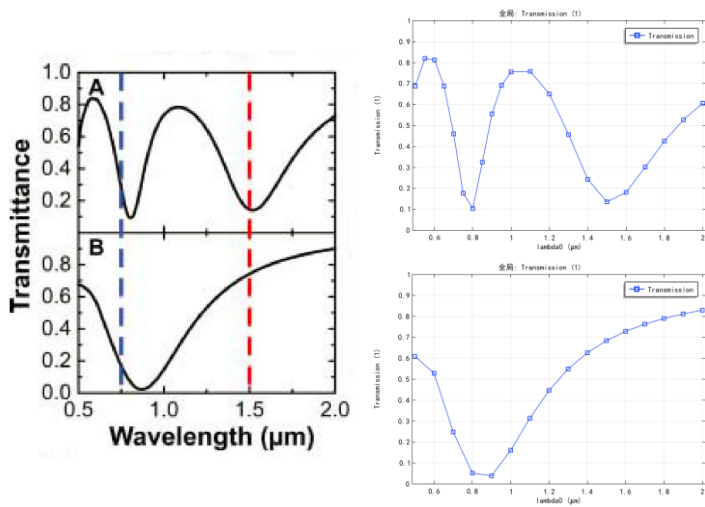


该结构产生二次谐波的基本原理是：开口环谐振器的磁共振对金属内的自由电子提供一个周期性变化的洛伦兹力，洛伦兹力的变化频率刚好是入射光频率的 2 倍，从而引起金属内自由电子按照二倍频周期性震荡，辐射出二次谐波。

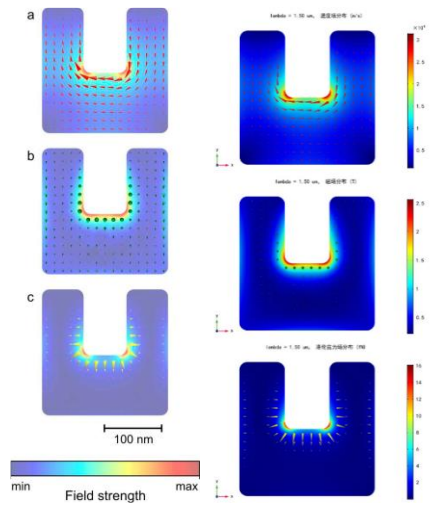
### 计算的内容和结果：

（转下页）





不同偏振方向的光入射后的透射率。  
左列：文献中的结果，右列：本例的结果



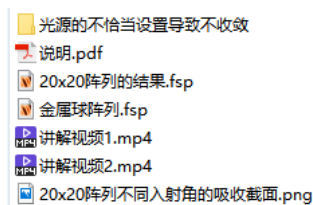
从上到下依次为：电子运动速度场分布、磁感应强度分布、自由电子受到的洛伦兹力场分布  
左列：文献中的结果，右列：本例的结果

## 012 - FDTD 金属纳米球阵列的吸收截面（含讲解，50 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：对于  $20 \times 20$  个纳米金球构成的阵列，球直径为  $20 \text{ nm}$ ，球与球之间的间距为  $20 \text{ nm}$ （即排列周期为  $40 \text{ nm}$ ）。计算波长为  $200 \sim 800 \text{ nm}$  的光以不同角度入射的吸收截面；
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：结构组（用脚本构建几何结构）、TFSF 光源、分析组-cross\_section、参数扫描 等；
- 绘制了： $200 \sim 800 \text{ nm}$  波长上的吸收截面随入射角的变化关系；
- 建模过程录制了时长为 40 min 的讲解视频。

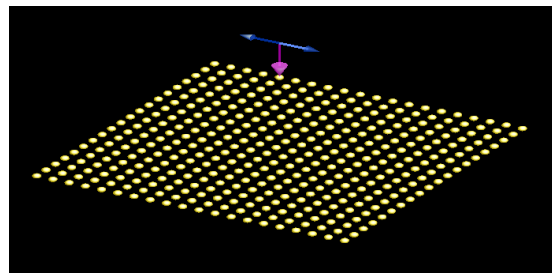
### 包含的文件截图：



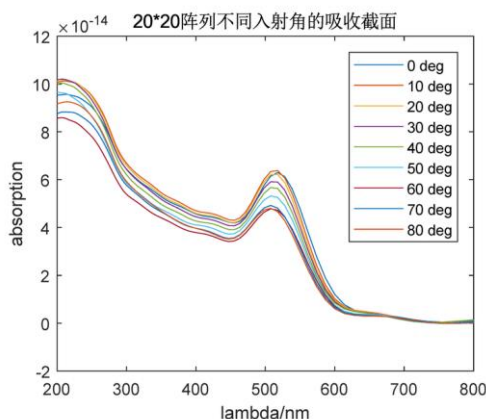
### 详细描述：

如右图所示，计算一个有 400 个金纳米球组成的阵列对光的吸收。金球的直径为  $20 \text{ nm}$ ，球与球之间的间距为  $20 \text{ nm}$ ，计算波长为  $200 \sim 800 \text{ nm}$  的光以不同角度入射的吸收截面。

此案例中还给出了“光源的不恰当设置导致不收敛”的错误示范。



### 计算的内容和结果：吸收截面随入射角的变化关系：

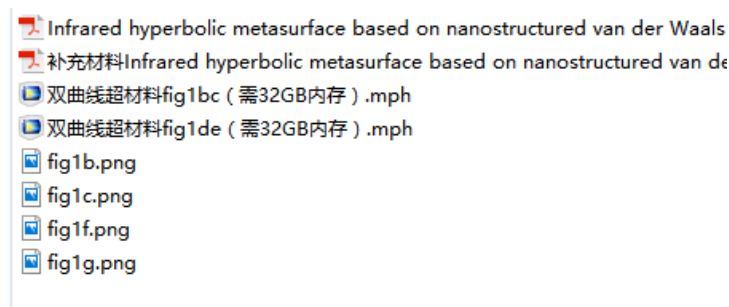


## 013 - COMSOL 基于范德瓦尔斯结构的双曲线超材料 (仅模型文件, 30 元)

### 基本介绍:

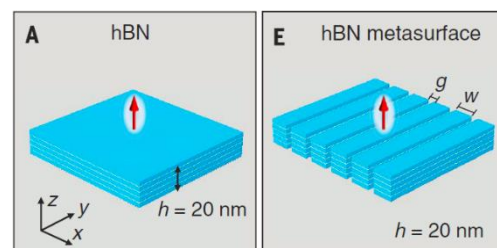
- 主要内容: 根据发表在 *Science* 上的论文《Infrared hyperbolic metasurface based on nanostructured van der Waals materials 作者: Peining Li 等》, 重复了图 1b、图 1c、图 1f、图 1g;
- 基于 COMSOL 频域求解, 使用的软件版本为 COMSOL 5.4 (5.4.0.225);
- 计算所需的内存: 32 GB;
- 涉及的内容: 各向异性材料、阻抗边界条件、电偶极子、散射边界条件、完美匹配层、对数据集的操作 等;
- 绘制了: 电场模、电场  $z$  分量的分布、Poynting 矢量分布;
- 本案例仅包含模型文件。

### 包含的文件截图:



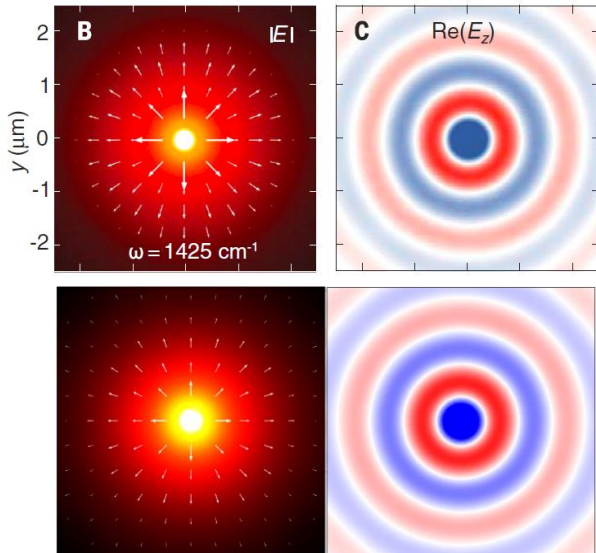
### 详细描述:

如右图所示, 利用 comsol 仿真双曲线超材料上光的传播。分为两种情况: 一种是纯 hBN 材料, 另一种是将 hBN 做成一维条状阵列来实现介电常数的各向异性。在偶极子的激发下, 第二种情况能实现双曲线形的波矢分布。

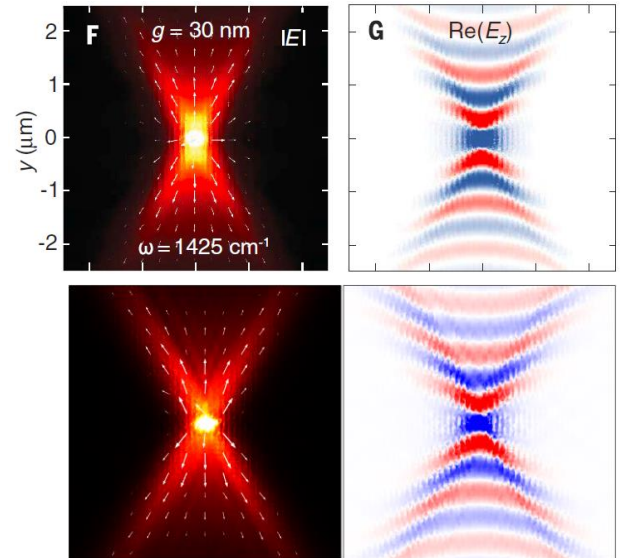


### 计算的内容和结果:

(转下页)



hBN 为均匀薄板时的电场分布  
上图: 文献中的图; 下图: 本例的结果



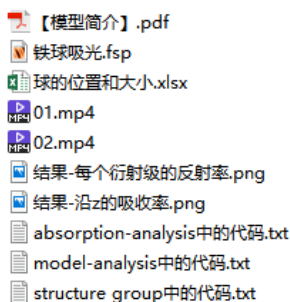
hBN 为光栅结构 (超材料) 时的电场分布  
上图: 文献中的图; 下图: 本例的结果

## 014 - FDTD 随机铺撒在基底上的微铁球吸光（含演示，20 元）

### 基本介绍：

- **主要内容：**本案例研究了均匀撒在基底上的铁球对红外光的吸收。铁球的直径呈正态分布，平均直径约为 2  $\mu\text{m}$ ，随机而又均匀地撒在铁基底上，铺撒的厚度约为 4.5  $\mu\text{m}$ 。光源是直径为 10  $\mu\text{m}$  的高斯光，波长为 1060 nm；
- **基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；**
- **计算所需的内存：8 GB；**
- **涉及的内容：**结构组（用脚本构建几何结构）、高斯光源、分析组-吸收率（自己编写脚本）、计算衍射级 等；
- **计算了：**总吸收率、衍射级数、各衍射级的功率占比
- **绘制了：**沿  $z$  方向的吸收率曲线；
- **建模过程录制了时长为 20 min 的演示视频（没有声音）。**

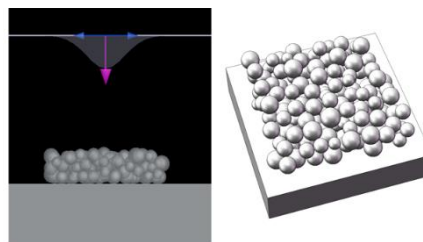
### 包含的文件截图：



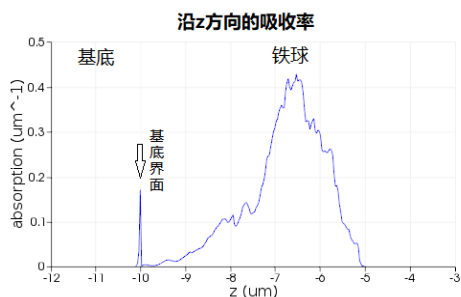
### 详细描述：

如右图所示，本案例研究了均匀撒在基底上的铁球对红外光的吸收。铁球的直径呈正态分布，平均直径约为 2  $\mu\text{m}$ ，随机而又均匀地撒在铁基底上，铺撒的厚度约为 4.5  $\mu\text{m}$ 。

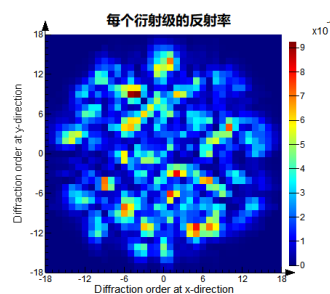
光源是直径为 10  $\mu\text{m}$  的高斯光，波长为 1060 nm，从上而下正入射。



### 计算的内容和结果：



沿  $z$  方向的吸收率 [对空间中的吸收功率密度（单位  $\text{W}/\text{m}^3$ ）在  $x$  和  $y$  方向上做积分]



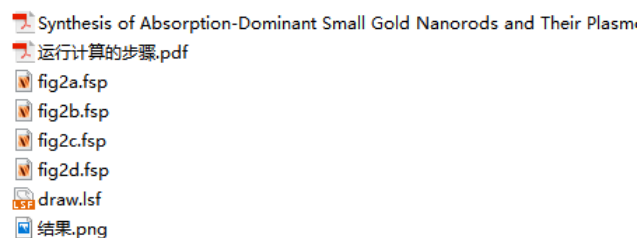
每个衍射级的反射率

## 015 - FDTD 金纳米棒的吸收、散射、消光截面（仅模型文件，35 元）

### 基本介绍：

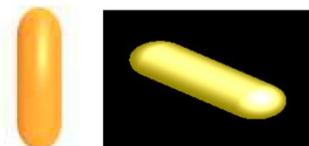
- 主要内容：根据发表在 *Langmuir* 上的论文《Synthesis of Absorption-Dominant Small Gold Nanorods and Their Plasmonic Properties 作者：Henglei Jia 等》，重复了图 2a、图 2b、图 2c、图 2d；
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：TFST 光源、cross\_section 分析组、自己编写脚本画图 等；
- 绘制了：四个不同尺寸金纳米棒的吸收截面、散射截面和消光截面；
- 本案例仅包含模型文件，但有一个如何运行计算的简单说明。

### 包含的文件截图：



### 详细描述：

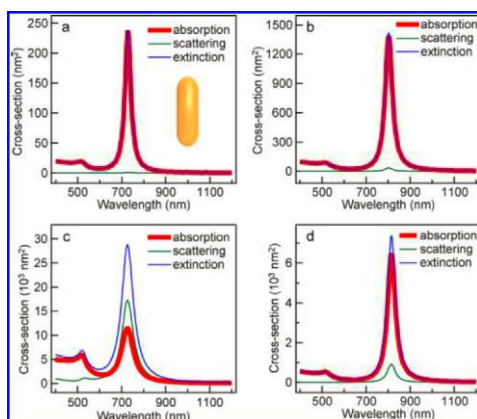
如右图所示，金纳米棒分散在水中形成胶体，一束波长为 400~1200 nm 的光照射金纳米棒胶体，计算其吸收截面、散射截面、消光截面。



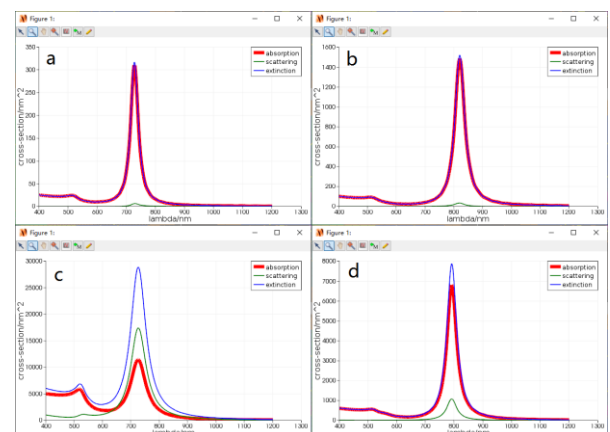
由于金纳米棒在水中的方向是随机的，所以要考虑金纳米棒上所激发出的局域表面等离激元（LSP）的横模与纵模，然后将两种模式做加权平均。

金纳米棒的尺寸考虑四种情况，直径/长度分别为（单位 nm）：40.2/104.3、16.6/62.2、6.0/16.2、8.8/36.6。

### 计算的内容和结果：



论文中四个不同尺寸的纳米棒的吸收、散射和消光截面



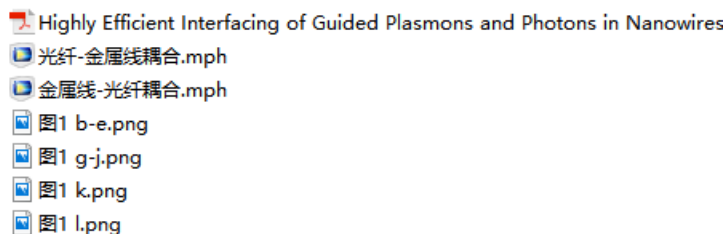
本案例的结果

## 016 – COMSOL 光纤-银纳米线波导之间高效耦合（仅模型文件，20 元）

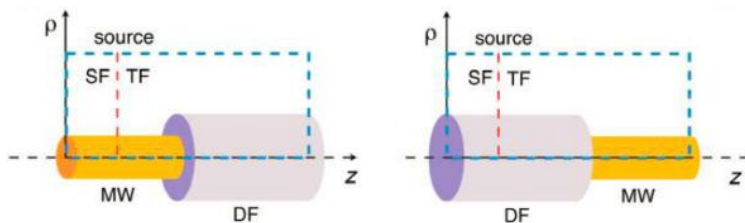
### 基本介绍：

- 主要内容：根据发表在 *Nano Letters* 上的论文《Highly Efficient Interfacing of Guided Plasmons and Photons in Nanowires 作者：Xuewen Chen 等》，重复了图 1；
- 基于 COMSOL 频域求解，使用的软件版本为 COMSOL 5.3 (5.3.0.223)；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：全局参数、端口、完美匹配层、自定义网格、边界模式分析、对数据集操作-旋转、派生值-积分 等；
- 绘制了：轴向剖面上的瞬时磁场分布、横截面上的磁场模式分布；
- 本案例仅包含模型文件。

### 包含的文件截图：



### 详细描述：



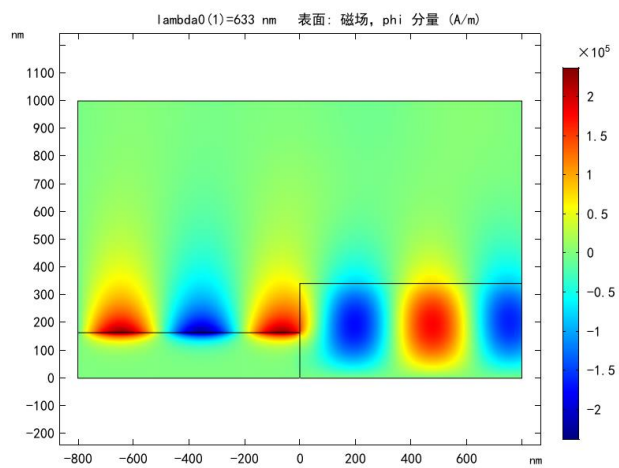
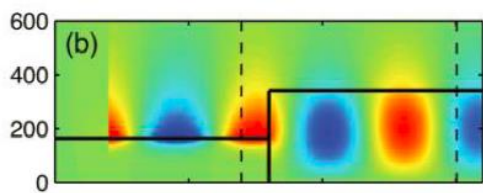
如上图所示，将银纳米线（MW）和光纤（DF）端对端接触在一起，模拟两种情况下的耦合效率：（1）银纳米线上的表面等离子激元波导耦合到光纤中；（2）光纤中的波导耦合到银纳米线上的等离子激元

银纳米线和硅介质波导的半径分别为 164nm 和 342nm。波长为 633nm。

在软件中采用二维轴对称进行模拟。

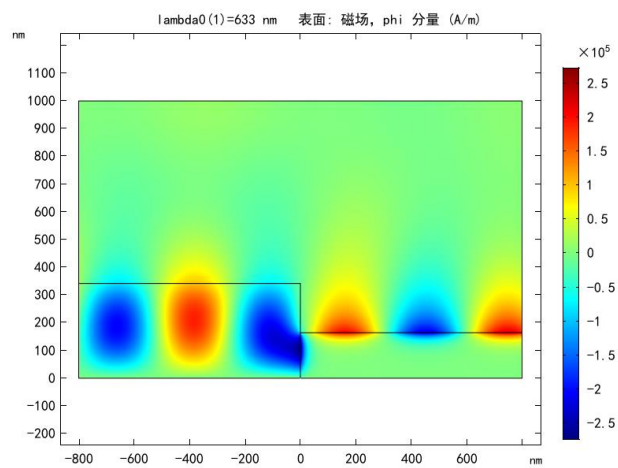
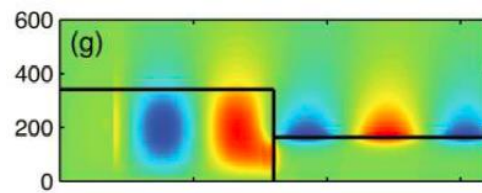
### 计算的内容和结果：

（转下页）



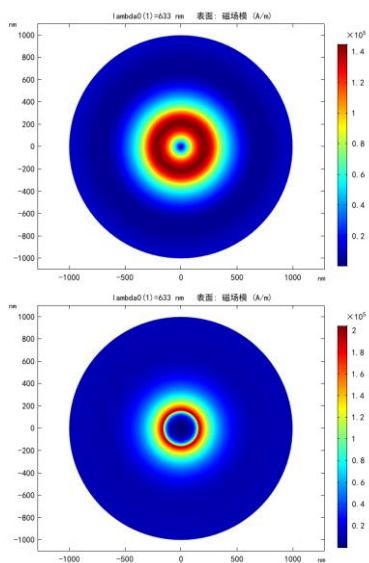
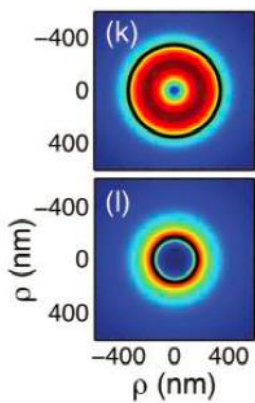
银纳米线→光纤的耦合

上图: 文献中的结果; 下图: 本案例的结果



光纤→银纳米线的耦合

上图: 文献中的结果; 下图: 本案例的结果



光纤中的模式(k)和银纳米线波导的模式(l)

左图: 文献中的结果; 右图: 本案例的结果

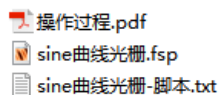


## 017 – FDTD 利用脚本绘制波浪形光栅结构 (仅模型文件, 10 元)

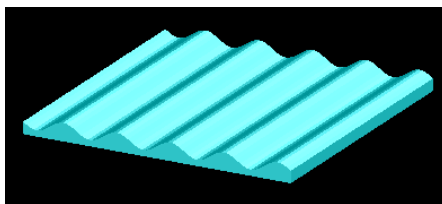
### 基本介绍:

- 主要内容: 绘制一个波浪形的光栅结构, 即介质平板的厚度在一个方向上以  $\sin$  函数变化;
- 基于 Lumerical FDTD Solution, 使用的软件版本为 Lumerical 2016a;
- 计算所需的内存: 无;
- 涉及的内容: structure group 编写脚本 等;
- 本案例仅包含模型文件, 但有一个操作步骤简单说明。

### 包含的文件截图:



### 详细描述:



如上图所示, 该结构的下表面是平面, 上表面是满足  $\sin$  函数的曲面。

#	Name	Type	Value	Unit
1	index	Number	1.4	
2	material	Material	<Object defined diel...	
3	amplitude	Length	0.2	um
4	thickness	Length	0.4	um
5	period	Length	1	um
6	x_span	Length	5	um
7	y_span	Length	5	um

在结构组里可以方便地改动这种  $\sin$  形曲线光栅的参数, 如上图所示, 其中各个参数的含义为:

index – 材料的折射率

material – 材料, 如果设置材料的话, index 就无效

amplitude –  $\sin$  曲线的振幅

thickness – 光栅厚度

period –  $\sin$  曲线的周期

x\_span –  $x$  方向的跨度

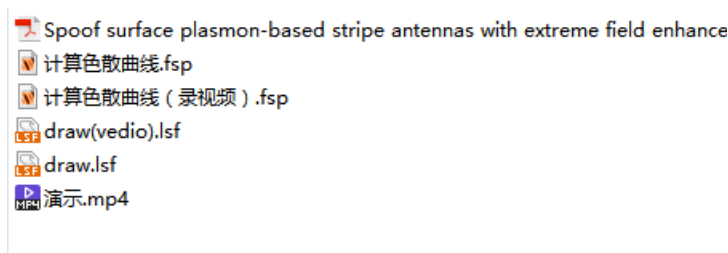
y\_span –  $y$  方向的跨度

## 018 - FDTD 锯齿型结构 SPP 的色散曲线（含演示，35 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：根据发表在 *Optics Letters* 上的论文《Spoof surface plasmon-based stripe antennas with extreme field enhancement in the terahertz regime 作者：Zhanghua Han 等》，重复了图 1；
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：自定义 Drude 模型材料、在 structure group 中用脚本绘制几何结构、偶极子光源的使用、分析组-bandstructure、参数扫描、在脚本编辑器中编写脚本画图 等；
- 绘制了：三个不同尺寸的锯齿形 SPP 波导的色散曲线；
- 建模过程录制了时长为 33 min 的演示视频（没有声音）。

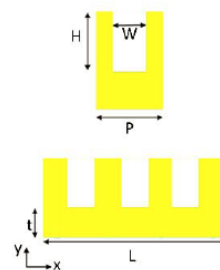
### 包含的文件截图：



### 详细描述：

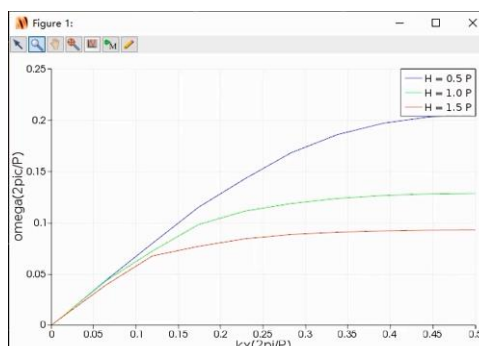
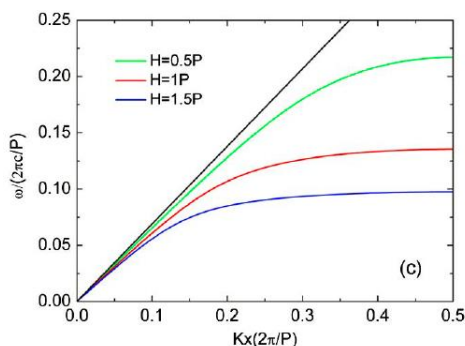
如右图所示，计算由铜制成的一个锯齿形周期性结构的表面等离子激元（SPP）色散曲线。

其中  $P = 50 \text{ um}$ 、 $H = 1.5P$ 、 $W = 0.5P$ 、 $t = 0.25P$ 。铜材料由 Drude 模型来描述，周围环境的折射率为 1.45。



### 计算的内容和结果：

左：论文中三个不同尺寸结构的色散曲线；右：本案例的结果

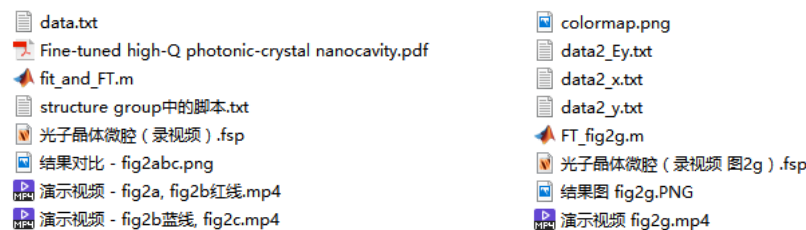


## 019 - FDTD 光子晶体微腔（含演示，50 元）

### 基本介绍：

- 主要内容：根据发表在 *Optics Express* 上的论文《Fine-tuned high-Q photonic-crystal nanocavity 作者：Yoshihiro Akahane 等》，重复了图 2a、图 2b、图 2c 和图 2g；
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2016a；
- 计算所需的内存：8 GB；
- 涉及的内容：结构组（用脚本构建几何结构）、偶极子光源、Matlab 中曲线的非线性拟合、Matlab 中进行一维/二维傅里叶变换、Matlab 中自定义颜色表（深紫色-浅红色-白色的渐变）等；
- 绘制了：电场分布、电场分布的曲线拟合、电场分布的一维/二维傅里叶变换；
- 建模过程录制了时长为 23 min 的演示视频（没有声音）。

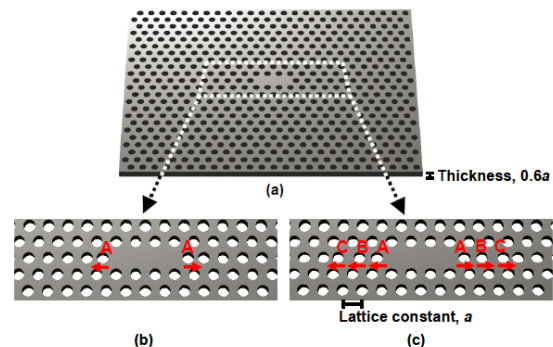
### 包含的文件截图：



### 详细描述：

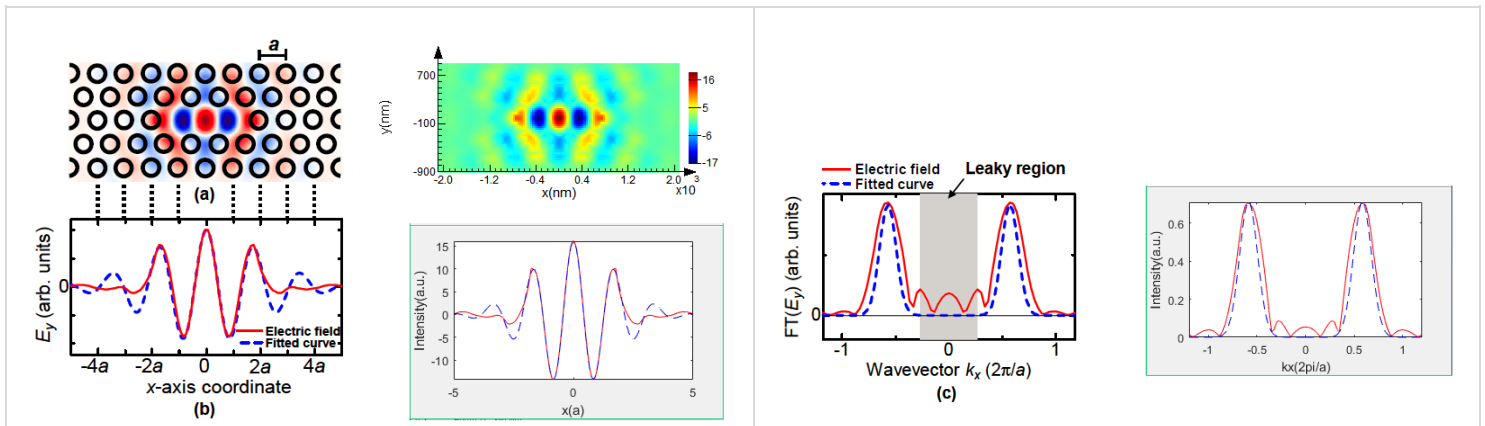
如右图所示，研究平板空气孔二维光子晶体的 L3 微腔。

众所周知，光子晶体微腔具有很高的 Q 值，本文通过优化微腔周围三个空气孔的位置，能进一步将 Q 值提高了 20 倍，实现了高达 1000000 的 Q 值。



### 计算的内容和结果：

（转下页）



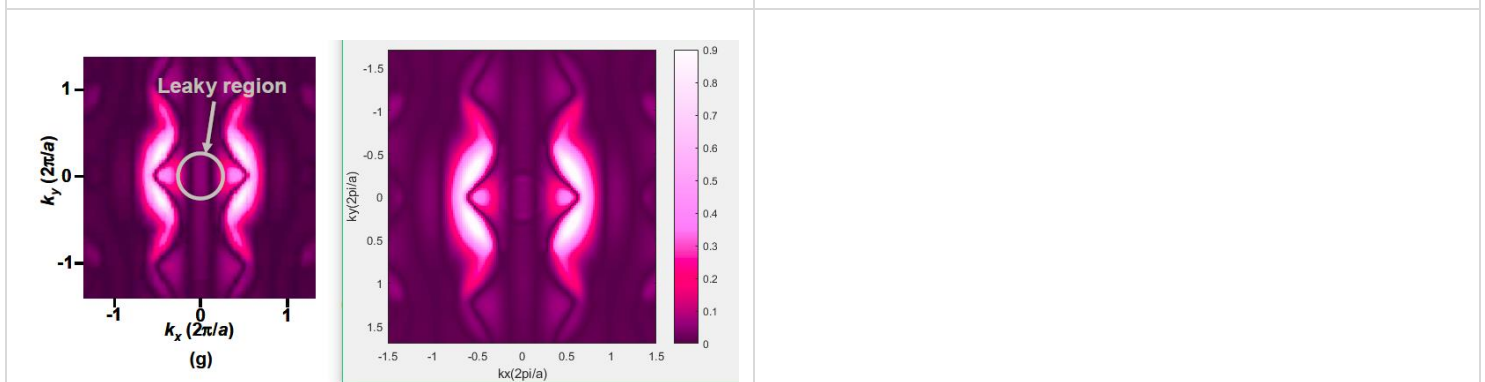
上面一行: 微腔中基模的电场分布 ( $E_y$ );

下面一行: 红线表示(a)图中经过腔中心的沿  $x$  方向直线上的电场分布, 蓝色虚线表示拟合的高斯波包;

(左列为论文中的结果, 右列为本案例的结果)

电场  $E_y$  的一维傅里叶变换;

(左图为论文中的结果, 右图为本案例的结果)



电场  $E_y$  的二维傅里叶变换;

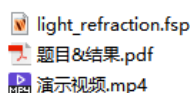
(左图为论文中的结果, 右图为本案例的结果)

## 020 - FDTD 光的折射（零基础教学型案例，含演示，35 元）

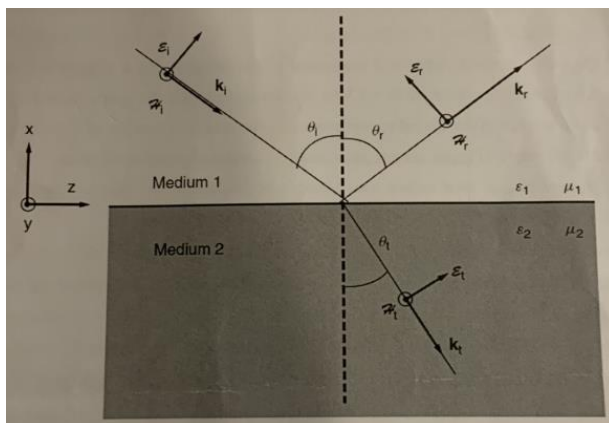
### 基本介绍：

- 主要内容：用 Lumerical 做了光在两种介质分界面上的折射，将模拟得到的反射角、折射角、反射率、透射率与理论结果比较，验证了折射定律（Snell 定律）；
- 基于 Lumerical FDTD Solution 求解，使用的软件版本为 Lumerical 2018a；
- 计算所需的内存：4 GB；
- 涉及的内容：平面光源、频域监视器 等；
- 绘制了：电场分布，计算了：透反射率；
- 建模过程录制了时长为 10 min 的演示视频（没有声音）。

### 包含的文件截图：



### 详细描述：



**题目：**如上图所示，考虑光在平面边界上的反射和折射。入射光是线偏振光，电场  $E$  在入射平面内偏振（TM 偏振）。假设入射光波长为 500 nm，入射角  $\theta_i = 45^\circ$ ，介质 1 是空气（ $n_1 = 1$ ），介质 2 的折射率  $n_2$  是 7.5。

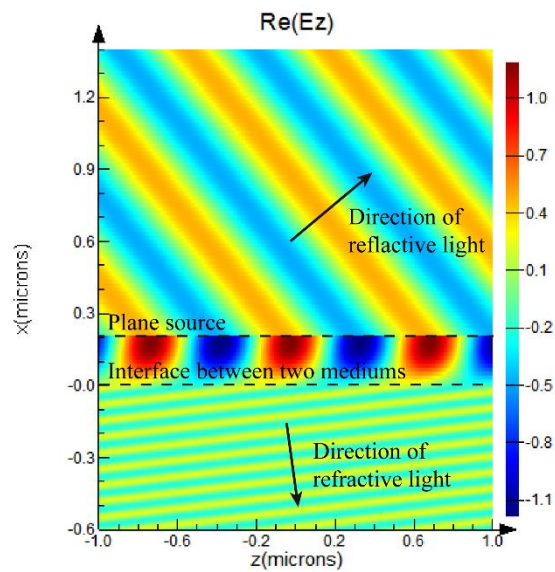
- 使用一个面内（ $xz$  平面）监视器来粗略地查看反射角和折射角，看它们是否符合反射和折射定律（Snell 定律）；
- 使用两个面外监视器来得到反射率  $R$  和透射率  $T$ （即反射的光功率和透射的光功率）；
- 实际的反射率和透射率可以用以下公式（菲涅尔公式）来解析计算，检查得到的结果是否符合理论值。

$$R_{\text{TM}} = \left( \frac{n_2 \cos \theta_i - n_1 \cos \theta_t}{n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t} \right)^2 \quad T_{\text{TM}} = \frac{4n_1 n_2 \cos \theta_i \cos \theta_t}{(n_2 \cos \theta_i + n_1 \cos \theta_t)^2}$$

（转下页）

### 计算的内容和结果:

- a. 根据 Snell 定律, 折射角应该是  $5.41^\circ$ , 反射角是  $45^\circ$ 。下图基本吻合



- b. 软件模拟的透射率为 0.534, 反射率为 0.466。  
c. 理论计算的透射率为 0.532286, 反射率为 0.467714