

引用格式: CHEN Zhiyuan, DONG Xingfa, SUN Hao. Characteristics of Plasma Waveguide Based on Anchored Cavity[J]. Acta Photonica Sinica, 2023, 52(2):0213002

陈致远,董兴法,孙好. 基于锚形谐振腔的等离子体波导特性研究[J]. 光子学报, 2023, 52(2):0213002

基于锚形谐振腔的等离子体波导特性研究

陈致远,董兴法,孙好

(苏州科技大学 电子与信息工程学院, 苏州 215009)

摘要:基于表面等离子体激元在金属-介质-金属结构中优良的传输特性,设计了一种由直波导和锚形谐振腔组成的波导滤波器。仿真分析了波导滤波器传输特性和电场分布随结构参数和谐振腔内介质折射率变化规律。结果表明,该锚形谐振腔最佳结构时滤波器半峰全宽低至 8 nm,品质因数高达 121.9。利用共振波长与结构参数变化规律,设计了光通信波长窗口的窄带带阻滤波器。根据 SPPs 对谐振腔介质折射率敏感的特性,发现透射谱线随折射率变大而发生红移。本文提出的基于锚形谐振腔的等离子体 MIM 波导滤波器为设计特定波长的窄带带阻滤波器提供了新思路,也为基于谱线红移特性设计的介质折射率传感器提供了技术支持。

关键词:锚形谐振腔;表面等离子激元;有限元方法;滤波特性;传感特性

中图分类号:TN252

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20235202.0213002

0 引言

表面等离子体激元(Surface Plasmon Polaritons, SPPs)是一种沿着金属和电介质界面传播的电磁波。SPPs具有将电磁波能量约束在半个波长区域的性质^[1],可以突破传统光学中的衍射极限,被广泛应用于亚波长光学器件设计^[2-3]。为激发 SPPs,波导一般设计为介质-金属-介质(Insulator-Metal-Insulator, IMI)或金属-介质-金属(Metal-Insulator-Metal, MIM)结构。IMI波导损耗较低,但约束光传播的能力较弱。与之对应的,MIM结构具有较宽的频谱范围,在亚波长支持高群速模式,而且可实现长距离传播中精确的光调控^[4],被广泛应用于纳米量级先进光学器件的设计,例如纳米级相干光源中的纳米腔^[5]、矢量全息的双原子超表面^[6]、T型带支节分束器^[7]、定向耦合器^[8]与红外窄谱增强传感器^[9]等。

滤波器中的谐振腔具有波长选择性,利用 SPPs 与谐振腔耦合共振可以实现光的波长调控^[10]。近年来,很多学者通过设计谐振器结构,制作了各种高性能滤波器,例如 L 形谐振腔滤波器^[11]、方形凹环结构谐振器^[12]与拱型谐振腔滤波器^[13]等。

本文设计了一种基于锚形谐振腔的 MIM 波导滤波器,对该结构进行仿真,分析其传输特性。仿真结果表明,随着弧形结构角度 θ 、矩形结构高度 H 和弧形结构半径 R 的变化,共振波长处的滤波效果变化非常明显,且能够通过调整参数拟合数据得到对应关系精确控制滤波效果。若在锚形谐振腔内充入不同介质,由于 SPPs 对谐振腔内介质折射率敏感,可用于设计折射率传感器。

1 原理与数据仿真

1.1 模型建立与理论分析

本文设计的锚形谐振腔 MIM 结构滤波器示意图如图 1,此滤波器由轴对称的弧形结构和垂直于波导的矩形结构组成,金属层为金属银。为使得谐振腔内只存在 TM 模式^[13],将波导宽度和谐振腔宽度(包括弧形

基金项目:国家自然科学基金(No. 11804244),“十四五”江苏省重点学科资助(No. 2021135)

第一作者:陈致远, 2011182008@post.usts.edu.cn

通讯作者:董兴法, dongxf@usts.edu.cn

收稿日期:2022-08-25;录用日期:2022-09-22

<http://www.photon.ac.cn>

结构和矩形结构)固定为 $d=50\text{ nm}$ ^[14],直波导与锚形谐振腔的耦合距离固定为 $\omega=10\text{ nm}$ 。矩形结构高度为 H ,弧形结构半径为 R ,与波导垂线夹角为 θ 。波导和谐振腔(假定填充空气)介电常数 $\epsilon_{\text{waveguide}}=\epsilon_{\text{cavity}}=1$,金属银的介电常数采用Drude模型^[15]计算

$$\epsilon_{\text{Ag}} = \epsilon_{\infty} - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\omega\gamma} \quad (1)$$

式中, ϵ_{∞} 为无穷频率处的介电常数, ω_p 为等离子体共振频率, γ 为电子碰撞的阻尼频率, ω 为真空中入射光频率。计算时 $\epsilon_{\infty}=3.7$, $\omega_p=1.38\times 10^{16}\text{ Hz}$, $\gamma=2.37\times 10^{13}\text{ Hz}$ 。

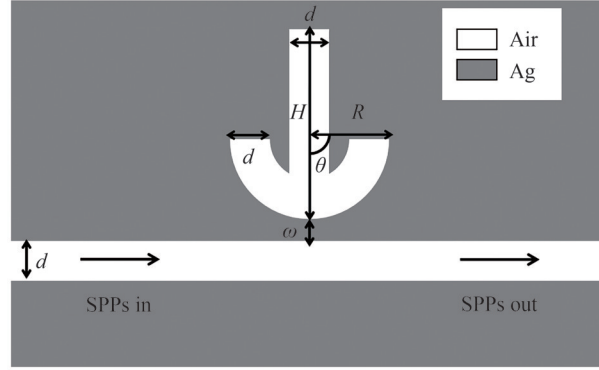


图1 锚形谐振腔MIM结构滤波器示意图

Fig. 1 Schematic diagram of anchor resonator MIM structure filter

波导左端为光入射端口,光功率为 P_{in} ,右端为光出射端口,光功率为 P_{out} 。使用透射系数 $T=P_{\text{in}}/P_{\text{out}}$,评价光进入波导后的传输特性。在波导结构中,横向磁场传播模式的电磁场方程为^[16]

$$\tanh(\kappa d) = \frac{-\kappa(p\alpha_c + q\alpha_s)}{\kappa^2 + p\alpha_c q\alpha_s} \quad (2)$$

式中, κ 和 d 为波导传播的电磁波波矢和波导宽度。本文设计的波导由同一种金属组成,则 $p=q$, $\alpha_c=\alpha_s$ 。 $p=\epsilon_{\text{air}}/\epsilon_{\text{Ag}}$, $\alpha_c=[k_0^2(\epsilon_{\text{air}}-\epsilon_{\text{Ag}})+\kappa^2]^{1/2}$ 。自由空间电磁波波矢 $k_0=2\pi/\lambda_0$ 。计算得到波矢 κ 后,计算波导有效折射率 $n_{\text{eff}}=[\epsilon_{\text{Ag}}+(\kappa/k_0)^2]^{1/2}$,波导中传播的SPPs波长为 $\lambda_{\text{SPPs}}=\lambda_0/\text{Re}(n_{\text{eff}})$ 。

2.2 仿真设置及结果

使用COMSOL Multiphysics仿真时设置上下表面为完美匹配吸收层以减少边界反射的影响。网格剖分时使用物理场控制网格,选择极细化以保证网格最大为波长的1/5。研究时需要在一个较宽的波长域进行遍历,精度和计算量的平衡显得尤为重要。经过反复测试,波长域定为 $400\text{ nm}\sim 1\ 800\text{ nm}$,遍历步长为 5 nm 时得到较为清晰的传输特性曲线。

引入品质因数 Q 的概念来评价滤波器的优劣,品质因数 $Q=\lambda_r/\Delta_{\text{FWHM}}$ ^[12]。其中, Δ_{FWHM} 为传输频谱的半峰全宽。当 $H=300\text{ nm}$, $\theta=75^\circ$ 时锚形谐振腔滤波器传输特性如图2(a)。此结构参数下,波导存在4种共振模式如表1。

表1 当 $H=300\text{ nm}$, $\theta=75^\circ$ 时,波导存在的4种共振模式

Table 1 Four resonance modes of the waveguide when $H=300\text{ nm}$, $\theta=75^\circ$

Mode name	λ/nm	Transmission	$\Delta_{\text{FWHM}}/\text{nm}$	Q
Mode 1	460	0.061 547	35	13.1
Mode 2	610	0.210 29	20	30.5
Mode 3	975	0.023 195	8	121.9
Mode 4	1 330	0.054 705	26	51.2

图2(b)是相同尺度下的水平放置矩形谐振腔和L形谐振腔透射谱线。对比图2(a)可以发现锚形滤波器谐振波长处的透射率更低,半峰全宽更窄,品质因数更高,滤波效果更好。为进一步研究锚形谐振腔内的

共振模式,计算4种模式下SPPs波在波导中的电场分布如图3。当SPPs耦合到锚形谐振腔,在谐振腔内形成稳定的驻波需要满足共振条件

$$\Delta\phi = \beta_m \cdot 2(H + R\theta) + \phi_r = 2m\pi \quad (3)$$

式中, ϕ_r 为锚形谐振腔右侧面和上面的光束反射的反射相位; m 为在锚形谐振腔形成驻波的波腹数; β_m 为腔内形成的 m 阶共振模式对应的SPPs的传播常数。在模式1中 m 没有正整数解,可见模式1中并没有在锚形谐振腔内形成稳定的驻波,SPPs与锚形谐振腔耦合后依然保持电场强度周期性变化,出现透射谱低谷是因为出射端口恰好位于电场强度谷值。模式2,3,4均满足共振条件,但电场分布不同。模式2中电场集中在弧形结构和矩形结构中,模式3中电场集中在弧形结构内,模式4中电场集中在矩形结构内。对比拱形谐振腔^[13],本文结构在保证滤波效果的同时易于优化滤波器特征参数并且没有增加制造工艺难度。

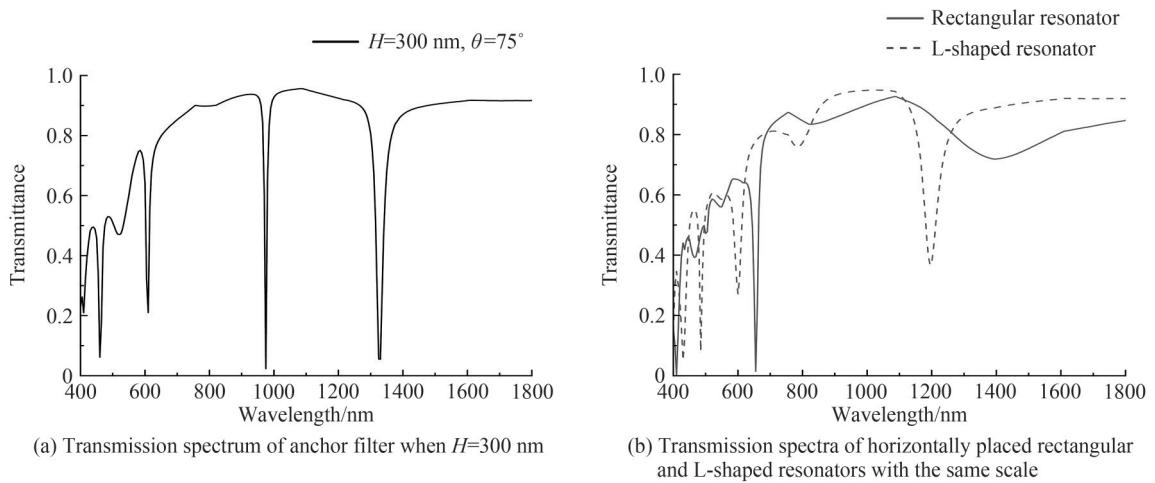


图2 不同谐振腔的滤波器透射谱线

Fig. 2 Transmission spectrum of filters with different resonators

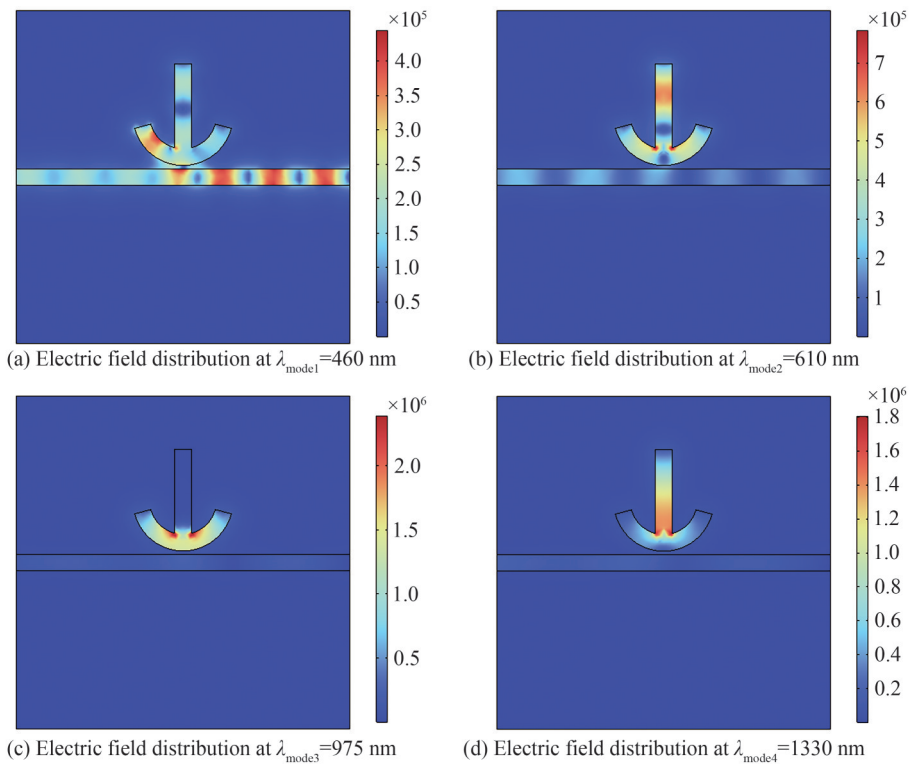


图3 各波长下的电场分布情况

Fig.3 Electric field distribution at each wavelength

2 结构参数影响分析

2.1 结构参数 θ 对传输特性的影响

为探究结构参数对波导传输特性的影响,进一步优化滤波结构,对结构参数 θ 进行分析,这里引入共振条件方程来解释谱线移动,共振条件为^[17]

$$L_{\text{eff}} = N\lambda_{\text{spp}} = N \left[\frac{\lambda_r}{\text{Re}(n_{\text{eff}})} \right] \quad N = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

式中, L_{eff} 是锚形谐振腔的有效长度, λ_r 是谐振腔的共振波长, N 表示为模式数, n_{eff} 是锚形谐振腔的有效折射率。当 $H=300 \text{ nm}$, $R=150 \text{ nm}$ 时, 角度 θ 对透射谱线的影响如图 4。根据电场分布, 模式 1 不属于滤波模式, 模式 2、3、4 随夹角 θ 的增大, 透射光谱发生红移并且透射低谷透射率出现变化。本文将透射低谷透射率大于 0.1, 滤波器明显失去滤波效果的情况排除, 绘制了共振波长随夹角 θ 变化关系如图 5。使用模式 2 设计滤波器时, 夹角 θ 应该控制在 $105^\circ \sim 150^\circ$ 之间, 拟合结果为 $\lambda_{\text{mode2}} = 2.8\theta + 220.5$; 使用模式 3 时, 夹角 θ 应该控制在 $30^\circ \sim 75^\circ$ 之间, 拟合结果为 $\lambda_{\text{mode3}} = 9.83\theta + 225$; 使用模式 4 时, 夹角 θ 应该控制在 $75^\circ \sim 90^\circ$ 之间, 拟合结果为 $\lambda_{\text{mode4}} = 4\theta + 1030$ 。拟合结果中函数斜率 $k_{\text{mode2}} < k_{\text{mode4}} < k_{\text{mode3}}$, 与电场分布关系一致。

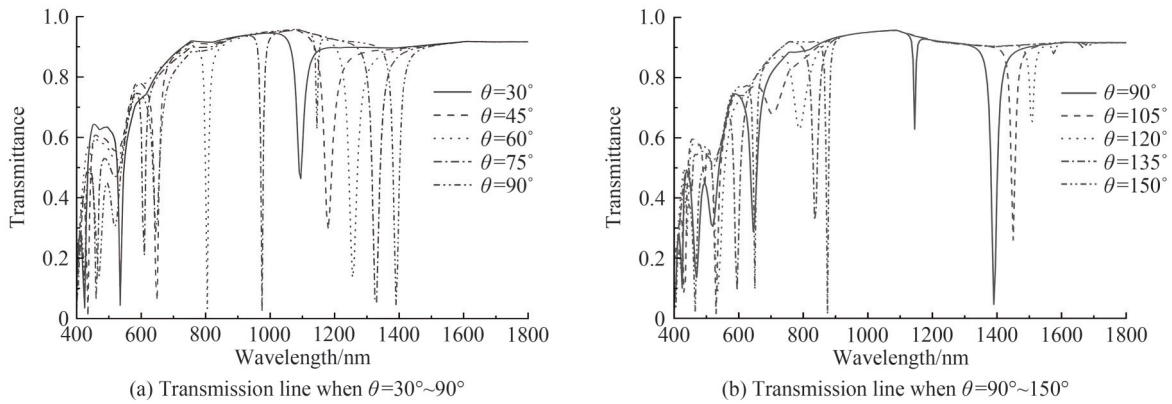


图 4 当 $H=300 \text{ nm}$, $R=150 \text{ nm}$ 时 θ 变化时的透射谱线

Fig. 4 Transmission line with changing θ when $H=300 \text{ nm}$ and $R=150 \text{ nm}$

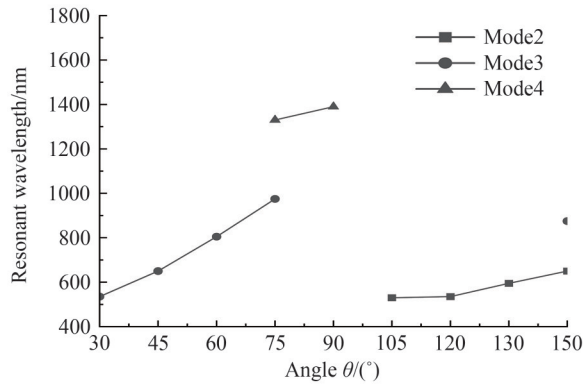


图 5 角度变化时共振波长变化谱线

Fig. 5 Spectrum of resonance wavelength with changing θ

2.2 结构参数 H 对传输特性的影响

在 $\theta=75^\circ$, $R=150 \text{ nm}$ 的情况下, 研究结构参数 H 对传输特性的影响, 结果如图 6 所示。由于模式 2 中强电场分布在弧形结构和矩形结构中, 模式 4 中强电场大部分分布在矩形结构内, 这两种模式随着 H 的增大, L_{eff} 随之增大, 对应的共振波长 λ_r 发生红移。使用模式 2 设计滤波器时, 只有当 $H=350 \text{ nm}$ 时满足滤波要求。模式 3 中强电场几乎全部分布在弧形结构内, H 的变化不影响 L_{eff} , λ_{mode3} 的偏移仅与 θ 有关。当 $\theta=75^\circ$, $R=150 \text{ nm}$ 时, 共振波长 λ_{mode3} 始终为 975 nm 。模式 4 中拟合结果为 $\lambda_{\text{mode4}} = 3.42H + 298.5$, 可以借此设计共振

波长为 675 nm、975 nm 和 1 150 nm~1 665 nm 的窄带带阻滤波器。

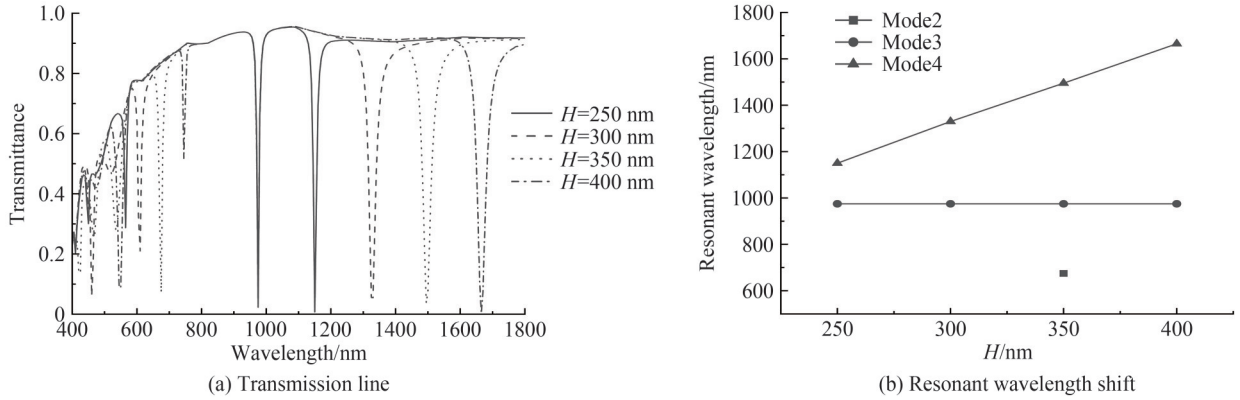


图 6 当 $\theta=75^\circ, R=150 \text{ nm}$, H 变化时的透射谱线和共振波长偏移

Fig. 6 Transmission line and resonance wavelength shift with changing H when $\theta=75^\circ, R=150 \text{ nm}$

2.3 结构参数 R 对传输特性的影响

在 $\theta=75^\circ, H=150 \text{ nm}$ 的情况下,探究结构参数 R 对传输特性的影响,结果如图 7(a)所示。发现随着 R 从 120 nm 变化至 180 nm,各模式均出现不同程度的谱线红移,其中模式 3 中红移现象最明显,与电场分布的分析结果一致。剔除明显不满足滤波要求的情况得到图 7(b)。可以发现在模式 2 中,只有 $R=160 \text{ nm}$ 可以得到共振波长为 620 nm 的带阻滤波器。在模式 3 中,当 $R=150 \text{ nm} \sim 160 \text{ nm}$ 时,拟合结果为 $\lambda_{\text{mode3}}=7R-75$; 在模式 4 中,当 $R=120 \text{ nm} \sim 180 \text{ nm}$,拟合结果为 $\lambda_{\text{mode4}}=2.71R+916.4$ 。根据上述拟合结果,可以设计波长为 620 nm(模式 2)、975~1 045 nm(模式 3)、1 235~1 400 nm(模式 4)的窄带带阻滤波器。

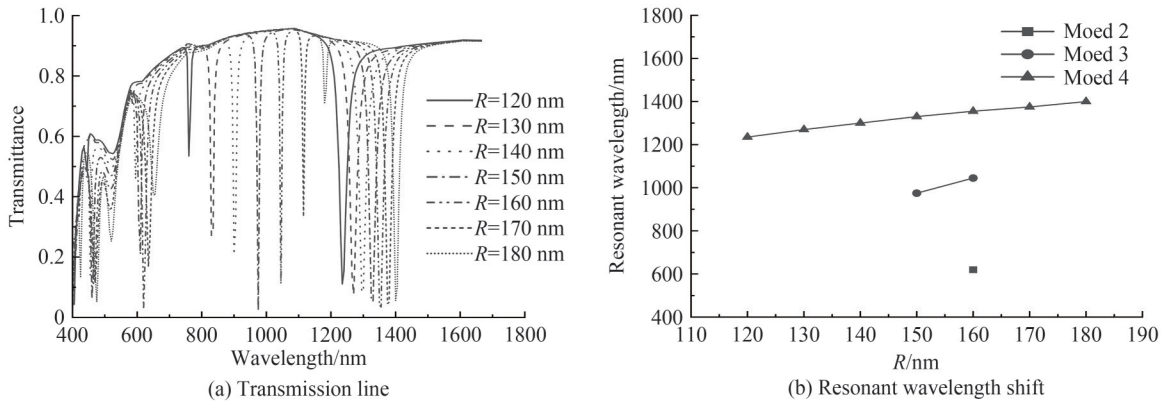


图 7 当 $\theta=75^\circ, H=150 \text{ nm}$, R 变化时的透射谱线和共振波长偏移

Fig. 7 Transmission line and resonance wavelength shift with changing R when $\theta=75^\circ, H=150 \text{ nm}$

本节谈论了特定情况下的结构参数变化导致的传输曲线偏移,阐述了导致谱线红移的因素。综合考虑结构参数 θ, H, R , 利用拟合结果,可以设计特定波长的高性能窄带带阻滤波器。

3 锚形谐振腔的应用

3.1 通信窗口下的窄带带阻设计

将基于锚形谐振腔结构特性设计通信波长下的窄带带阻滤波器,以多模光纤的三个窗口为例进行设计。第一窗口使用模式 3 进行滤波,由图 5 得到当 $\theta_1=64^\circ, H_1=300 \text{ nm}, R_1=150 \text{ nm}$ 时满足要求。第二窗口和第三窗口使用模式 4 进行滤波,由图 6(b)得到当 $\theta_2=75^\circ, H_2=293 \text{ nm}, R_2=150 \text{ nm}$ 和 $\theta_3=75^\circ, H_3=366 \text{ nm}, R_3=150 \text{ nm}$ 时达到对应的滤波效果,仿真结果如图 8。仿真证明拟合公式精确描述了共振波长 λ_r 变化规律如表 2。设计的三种通信窗口滤波器性能优越,与方形凹环结构 MIM 滤波器^[9]相比 ($\Delta_{\text{FWHMmin}}=60 \text{ nm}, Q_{\text{max}}=17.07$) 性能有明显提升,并且对一种窗口滤波时不会影响其他两种窗口的正常传输,实现了光通信中

的通信窗口选择调控。

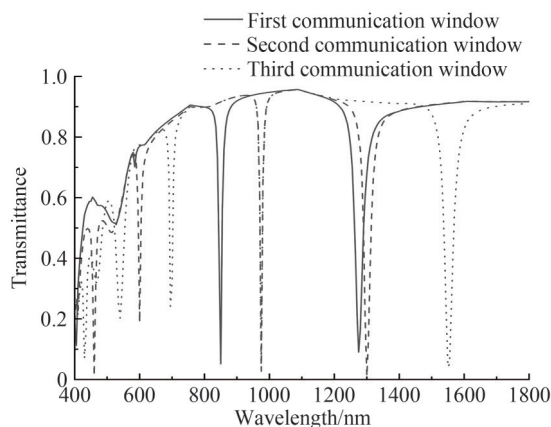


图8 通信窗口下带阻滤波效果

Fig.8 Effect diagram of band stop filtering under communication window

表2 通信窗口下的窄带带阻滤波器性能参数

Table2 Performance parameters of narrowband bandstop filter in communication window

Filter type	λ /nm	Transmission	Δ_{FWHM}	Q
First communication window	850	0.051 78	9	94.5
Second communication window	1 300	0.010 19	24	54.2
Third communication window	1 550	0.041 87	33	47.0

3.2 折射率传感特性

研究共振波长 λ 对锚形谐振腔中介质折射率 n 的敏感特性,仿真得到不同折射率下透射光谱如图9(a)。图9(a)中发现随着介质折射率 n 增大,各模式共振波长均发生红移且透射波谷发生改变。模式4下共振波谷透射率 T 始终小于0.1且共振波长红移现象最为明显。传感器灵敏度是衡量传感效果的依据,灵敏度 $S=\Delta\lambda_r/\Delta n$,其中 $\Delta\lambda_r$ 为共振波长变化量, Δn 为折射率变化量。9(b)中数据拟合得到 $\bar{S}_2=600 \text{ nm}\cdot\text{RIU}^{-1}$, $\lambda_{\text{mode}2}=600n+7.5$, $\bar{S}_3=933.3 \text{ nm}\cdot\text{RIU}^{-1}$, $\lambda_{\text{mode}3}=935n+41$, $\bar{S}_4=1\ 316.7 \text{ nm}\cdot\text{RIU}^{-1}$, $\lambda_{\text{mode}4}=1\ 315n+14$ 。MIM波导中的SPPs耦合对锚形谐振腔介质折射率敏感,可使用该特性制作传感设备。与L形谐振腔的MIM波导结构($S_{\text{max}}=1\ 166.7 \text{ nm}\cdot\text{RIU}^{-1}$)相比,灵敏度有提升,更适合用于设计介质折射率传感器。

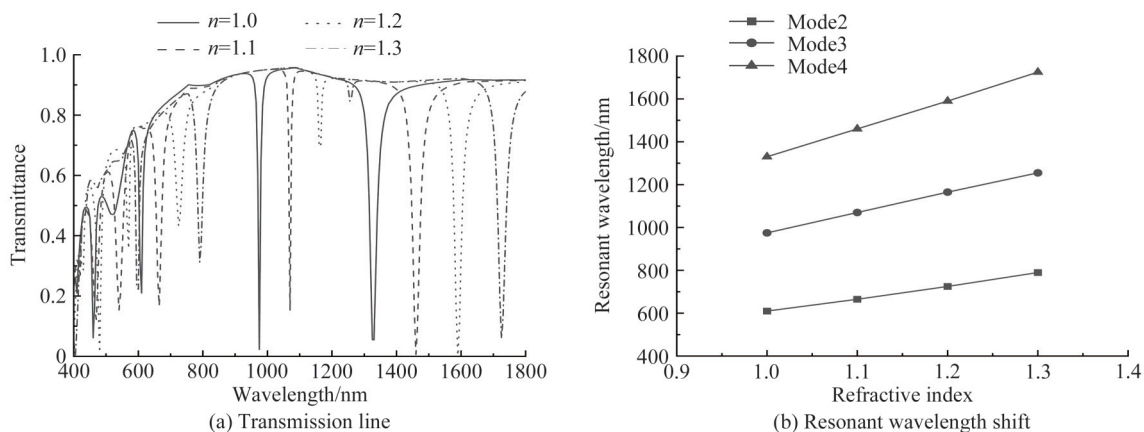


图9 锚形谐振腔内充入不同折射率 n 的介质

Fig.9 Medium with different refractive index n filled in the anchor resonator

4 结论

设计了一种基于MIM波导结构的锚形谐振腔滤波器,仿真分析表明,锚形谐振腔的结构参数 θ 、 H 和 R 会影响其滤波效果,实现了特定波长(通信窗口)下的窄带带阻滤波。在锚形谐振腔内充入不同折射率的介质,折射率增大引起了透射光谱红移,可为利用锚形谐振腔设计简单结构的介质折射率传感器提供理论依据。

参考文献

- [1] BARNES W L, DEREUX A, EBBESEN T W. Surface plasmon subwavelength optics[J]. *Nature*, 2003, 4, 24(6950): 824-830.
- [2] LIU Liu, HAN Zhanghua, HE Sailing. Novel surface plasmon waveguide for high integration[J]. *Optics Express*, 2005, 13(17): 6645-6650.
- [3] DENG Zilan, DENG Junhong, ZHUANG Xin, et al. Facile metagrating holograms with broadband and extreme angle tolerance.[J]. *Light Science & Applications*, 2018, 7:78.
- [4] YAN Yunfei, ZHANG Guanmao, QIAO Litao, et al. Design on the convex ring MIM structure filter based on surface plasmon polaritons[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2019, 48(2): 0223002.
闫云菲, 张冠茂, 乔利涛, 等. 基于表面等离子激元的凸环结构金属-介质-金属滤波器设计[J]. *光子学报*, 2019, 48(2): 0223002.
- [5] DENG Zilan, DONG Jianwen. Lasing in plasmon-induced transparency nanocavity.[J] *Optics Express*. 2013, 21(17): 20291-20302.
- [6] DENG Zilan, DENG Junhong, ZHUANG Xin, et al. Diatomic metasurface for vectorial holography [J]. *Nano Letters*, 2018, 18(5):2885-2892.
- [7] JIANG Yalan, WANG Jicheng, WANG Yueke, et al. A MIM surface plasmon T-splitter based on a stub structure [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2014, 43(9):0923002.
蒋亚兰, 王继成, 王跃科, 等. 一种带有支节的MIM型表面等离子体T型分束器[J]. *光子学报*, 2014, 43(9): 0923002.
- [8] WANG Jicheng, JIANG Yalan, WANG Yueke, et al. Directional couplers based on MIM plasmonic waveguide structures [J]. *Chinese Journal of Lasers*, 2015, 42(2): 0217001.
王继成, 蒋亚兰, 王跃科, 等. 基于MIM结构等离子体波导定向耦合器[J]. *中国激光*, 2015, 42(2): 0217001.
- [9] WANG Lin, ZHANG Lei. Narrow-spectrum enhanced sensor based on surface plasmon resonator [J]. *Acta Optica Sinica*, 2021, 41(7): 0724001.
王琳, 张磊. 基于表面等离激元谐振腔的窄谱增强传感器[J]. *光学学报*, 2021, 41(7): 0724001.
- [10] YANG Hongyan, CHEN Yupeng, XIAO Gongli, et al. MIM tunable plasmonic filter embedded with symmetrical sector metal resonator [J]. *Acta Optica Sinica*, 2020, 40(11): 1124001.
杨宏艳, 陈昱澎, 肖功利, 等. 内嵌对称扇形金属谐振腔的MIM可调谐等离子体滤波器[J]. *光学学报*, 2020, 40(11): 1124001.
- [11] PANG Shaofang, QU Shixian, ZHANG Yongyuan, et al. Filter characteristic research of MIM waveguide based on L shaped resonator [J]. *Acta Optica Sinica*, 2015, 35(6): 0623001.
庞绍芳, 屈世显, 张永元, 等. 基于L形谐振腔MIM波导结构滤波特性的研究[J]. *光学学报*, 2015, 35(6): 0623001.
- [12] LIU Hairui, ZHANG Guanmao, WANG Zhishuang, et al. Design of the square concave ring resonator MIM filter based on the surface plasmon polaritons [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2018, 47(2): 0223002.
刘海瑞, 张冠茂, 王志爽, 等. 基于SPPs的方形凹环结构MIM滤波器设计[J]. *光子学报*, 2018, 47(2): 0223002.
- [13] WU Meng, LIANG Xiyin, YAN Changlin, et al. Design of arch-type resonance cavity filter based on surface plasmon polaritons [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2019, 56(20): 199-206.
吴梦, 梁西银, 颜昌林, 等. 基于表面等离子激元的拱型谐振腔滤波器设计[J]. *激光与光电子学进展*, 2019, 56(20): 199-206.
- [14] KEKATPURE R D, HRYCIW A C, BARNARD E S, et al. Solving dielectric and plasmonic waveguide dispersion relations on a pocket calculator [J]. *Optics Express*, 2009, 17(26): 24112-24129.
- [15] YANG Yunru. Numerical study of plasmonic filter based on metal-insulator-metal waveguide [D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2016.
杨韵茹. 基于MIM波导结构的等离子滤波器的研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2016.
- [16] KIM K Y, CHO Y K, TAE H S, et al. Light transmission along dispersive plasmonic gap and its subwavelength guidance characteristics [J]. *Optics Express*, 2006, 14(1): 320-330.
- [17] SHI Songsong, WEI Zhongchao, LU Zhiyang, et al. Enhanced plasmonic band-pass filter with symmetric dual side-coupled nanodisk resonators [J]. *Journal of Applied Physics*, 2015, 118(14): 143103.

Characteristics of Plasma Waveguide Based on Anchored Cavity

CHEN Zhiyuan, DONG Xingfa, SUN Hao

(School of Electronic and Information Engineering, Suzhou University of Science and Technology,
Suzhou 215009, China)

Abstract: Surface Plasmon Polaritons (SPPs) is a kind of electromagnetic wave propagating along the interface between metal and dielectric. SPPs has the property of confining electromagnetic wave energy in half wavelength region, which can break through the diffraction limit in traditional optics, and is widely used in the design of subwavelength optical devices. In this paper, the Metal-Insulator-Metal (MIM) structure is chosen to excite SPPs. The MIM structure has a wide spectrum range, supports high group-speed modes at subwavelengths, and enables accurate optical regulation over long distances propagation. In this paper, a MIM waveguide filter based on anchor resonator is designed, the structure is simulated, and the transmission characteristics are analyzed. The simulation results show that the filtering effect at the resonance wavelength changes significantly with the changes of the arc structure angle θ , the rectangular structure height H and the arc structure radius R , and the filtering effect can be precisely controlled by adjusting the corresponding relationship between the parameters fitting data. Because SPPs is sensitive to the refractive index of the medium in the resonator, it can be used to design the refractive index sensor if the anchor resonator is filled with different mediums. In order to explore the influence of structural parameters on waveguide transmission characteristics and further optimize the filter structure, the structural parameters θ , H and R are analyzed, the transmission curve skewing caused by the change of structural parameters is discussed, and the factors leading to the spectral line red shift are expounded. Using the fitting results, high performance narrow band band-stop filters with specific wavelength can be designed. Narrow band band-stop filter is designed based on three windows of multimode fiber. The performance of the three communication window filters is superior, and the performance is significantly improved compared with other MIM filters. When filtering one window, the normal transmission of the other two windows will not be affected. The communication window selection regulation in optical communication is realized. The sensitivity of the resonance wavelength λ_r to the refractive index n of the medium in the anchor resonator is studied. The simulation results show that with the increase of the refractive index n , the resonant wavelength of each mode is red shifted and the transmission curve is changed. The SPPs coupling in MIM structure is sensitive to the refractive index of the medium in anchor resonator, which can be used to make sensing equipment. Compared with the MIM structure of L-shaped resonator, the sensitivity is improved and it is more suitable for designing medium refractive index sensor. In conclusion, a filter based on anchor resonator is designed in this paper. Simulation analysis shows that the structure parameters θ , H and R of anchor resonator can affect its filtering effect, and the narrow band band-stop filtering under the communication window is realized. When the anchor resonator is filled with different mediums, the red shift of transmission spectrum is caused by the increase of refractive index, which provides a theoretical basis for the design of simple dielectric refractive index sensor by using anchor resonator.

Key words: Anchor resonator; Surface plasmon polaritons; Finite element method; Filtering characteristics; Sensing characteristics

OCIS Codes: 060.4005; 240.6680; 060.2310; 230.7408