



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109324368 A

(43)申请公布日 2019.02.12

(21)申请号 201810927751.6

(22)申请日 2018.08.15

(71)申请人 桂林电子科技大学

地址 541004 广西壮族自治区桂林市桂林  
金鸡路1号

(72)发明人 肖功利 徐俊林 杨宏艳 韦清臣  
杨秀华 窦婉滢 李海鸥 傅涛  
孙堂友 张法碧

(51)Int.Cl.

G02B 6/122(2006.01)

G02F 3/00(2006.01)

G02B 5/00(2006.01)

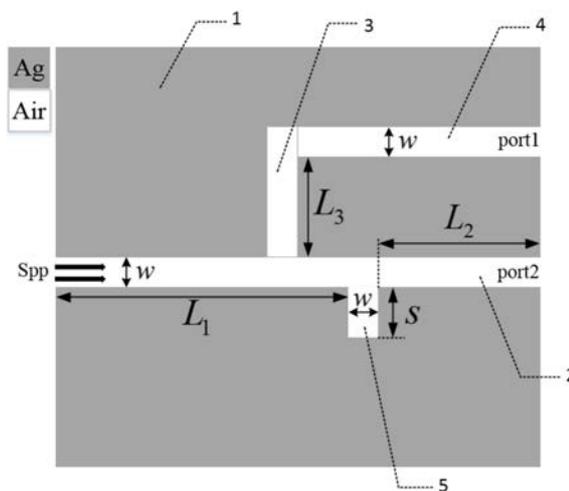
权利要求书1页 说明书4页 附图5页

(54)发明名称

一种基于等离子体波导的逻辑输出光源

(57)摘要

本发明公开一种基于等离子体波导的逻辑输出光源。其特征：主要包括金属薄膜及金属薄膜上的矩形波导和矩形谐振腔；波导由入射波导、中间波导和出射波导组成；中间波导的一端与入射波导相连，另一端与出射波导相连；入射波导一端延伸到金属薄膜的一侧形成光的入射口，出射波导另一端延伸到金属薄膜的另一侧形成光的出射口；当输出信号源输出两种信号时，谐振腔个数为一个，当输出信号源输出三种信号时，增加一个出射波导，同时增加一个垂直于出射波导的谐振腔。此结构能输出三位二进制信号，通过改变入射光的波长控制输出的逻辑信号，同时通过调节谐振腔的长度可调整信号源输出频率。本发明将在未来全光学计算的光子集成电路中有潜在应用。



1. 一种基于等离子体波导的逻辑输出光源,其特征是:本结构包括金属薄膜1、以及开设在金属薄膜上的弯曲波导和与波导接触的矩形谐振腔;弯曲波导由入射波导2(同时作为一个出射波导);中间波导3和出射波导4组成(入射波导随着信号源的增加而增加);入射波导2、中间波导3、和出射波导4均为矩形;中间波导3的一端与入射波导2的中间相连,中间波导3的另一端与出射波导4相连;入射波导2的一端延伸到金属薄膜1的一侧边缘形成光的入射口,出射波导2和出射波导4的另一端延伸到金属薄膜1的另一侧边缘形成光的出射口;入射波导2与出射波导4平行,中间波导3同时垂直于入射波导2和出射波导4;当输出信号源输出两种信号时,谐振腔个数为一个,且谐振腔垂直于入射波导1,当输出信号源输出三种信号时,增加一个垂直于入射波导2的出射波导6,同时增加一个垂直于出射波导6的谐振腔7;上述谐振腔及波导均为矩形。

2. 在本发明中,谐振腔5沿着竖直方向延伸,谐振腔7沿着水平方向延伸,且谐振腔与中间波导皆接触。平面光在金属薄膜1左侧沿着中间波导2水平入射时,金属膜表面激发的表面等离子激元通过隧道效应从左传播到右,经过和中间波导接触的出射波导4、6并和谐振腔5、7发生干涉,与局域表面等离子激元发生共振耦合,在中间波导2右侧及出射波导4、6的另一侧透射光出射,使得结构体现解复用功能。由于每个输出端口可输出类似于0、1、0信号,即可实现逻辑信号源输出。

3. 根据权利要求1所述的基于等离子体波导的逻辑输出光源,其特征是:谐振腔5的横向宽度为100nm,纵向长度介于0nm~500nm。谐振腔7的纵向宽度为100nm,横向宽度介于0nm~500nm。

4. 根据权利要求1所述的基于等离子体波导的逻辑输出光源,其特征是:波导的宽度设置为100nm,且中间波导的宽度等于矩形谐振腔的宽度。

5. 根据权利要求1所述的基于等离子体波导的逻辑输出光源,其特征是:波导和谐振腔内填充的介质为空气。

6. 根据权利要求1所述的基于等离子体波导的逻辑输出光源,其特征是:两谐振腔的宽度相等,与接触波导垂直且相切。

7. 根据权利要求1所述的基于等离子体波导的逻辑输出光源,其特征是:谐振腔的个数为2,且皆与接触波导相切;谐振腔均为矩形,两谐振腔与接触的波导垂直。

## 一种基于等离子体波导的逻辑输出光源

### (一) 技术领域

[0001] 本发明涉及微纳光子技术领域,具体涉及一种基于等离子体波导的逻辑输出光源。

### (二) 背景技术

[0002] 表面等离激元(SPP)是沿着金属介质界面传播的倏逝波,它能有效的克服传统光学的衍射极限,在入射光波长与数值孔径相比拟的时候实现光的异常透射(EOT)现象。对EOT现象的研究,将人类对光与金属/介质界面的电磁学研究带入了纳米尺度的世界。具有微纳尺寸的等离子体波导组件能够克服传统光学衍射极限的缺点,具有尺寸小、速度快的优点,是有效克服制约集成电路发展问题的下一代芯片的新技术。近十年来,具有强电磁波耦合的亚波长尺寸下的等离子体波导已经被学者广泛而深入的研究。在早期研究中,对于不同类型的等离子体波导的基本原理和固有特性以及波导的有效激发方式已经研究透彻。然而,基于表面等离激元组件的研究也有其缺陷,即光学波长范围内贵金属所具有的不可避免的欧姆热损耗。基于此,科研人员开始专注于解决降低等离子体损耗的关键问题。最近,研究人员开发了各种功能组件和装置,例如:Huang C课题组及Shapoval O V课题组研究的等离子体激光器<sup>[1]-[2]</sup>,Kawashima T课题组研究的可调谐等离子体调制器<sup>[3]</sup>和Dolatabady A课题组和Ferreira A C课题组研究的等离子体逻辑门<sup>[4]-[5]</sup>等。通过正确设计上述等离子体器件,可以构建出具有完整功能的全光集成等离子体电路,其功能可与电子芯片相媲美。

[0003] 为此,构建全光计算的器件,设想将具有二进制的电子计算视为数学的算术逻辑单元(ALU),将其分解为逻辑门是一种有效的方法。目前,人们对于全光器件逻辑单元的并行端口输入光源的研究还较少。因此,本发明提出了一种新型的等离子体波导逻辑输出光源,通过设计等离子体光学器件构建级联逻辑门,该组件将单个光束分成多个光束,然后将它们聚焦在逻辑门的输入端,可同时形成输出双端口及三端口逻辑信号源。

### (三) 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种基于等离子体波导的逻辑输出光源,通过构建级联逻辑门形成输出双端口及三端口逻辑信号源。

[0005] 为解决上述问题,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0006] 一种基于等离子体波导的逻辑输出光源,其结构由金属薄膜、以及开设在金属薄膜上的弯曲波导和与波导接触的矩形谐振腔组成;弯曲波导由入射波导(同时作为一个出射波导);中间波导和出射波导(出射波导随着信号源的增加而增加)组成;入射波导、中间波导和出射波导均为矩形;入射波导的一端延伸到金属薄膜的一侧边缘形成光的入射口,出射波导另一端延伸到金属薄膜1的另一侧边缘形成光的出射口;入射波导与出射波导平行,中间波导垂直于入射波导;当输出信号源输出两种信号时,谐振腔个数为一个,当输出信号源输出三种信号时,增加一个出射波导,同时增加一个谐振腔;上述谐振腔均为矩形。

- [0007] 上述波导均为矩形;谐振腔的个数为一个或两个,且皆与接触的波导垂直。
- [0008] 上述方案中,波导的宽度设置为100nm,且中间波导的宽度等于矩形谐振腔的宽度。
- [0009] 上述方案中,两边谐振腔的宽度相等。
- [0010] 上述方案中,两谐振腔与相邻的波导垂直且相切。
- [0011] 上述方案中,谐振腔横向宽度为100nm,长度介于0nm~500nm。
- [0012] 上述方案中,中间波导和谐振腔内填充的介质为空气。

#### (四)附图说明

- [0013] 图1为基于等离子体波导的逻辑输出光源工作示意图。
- [0014] 图2为双端口信号输出光源系统的示意图。
- [0015] 图3双端口信号输出光源系统传输功率的归一化频谱特性曲线图。
- [0016] 图4为不同的谐振腔参数S对应的传输功率的归一化频谱特性曲线图。
- [0017] 图5为三端口信号输出光源系统的示意图为。
- [0018] 图6为三端口信号输出光源系统传输功率的归一化频谱特性曲线图
- [0019] 图中标号为:1、金属薄膜,2、入射波导,3、中间波导,4、出射波导,5、右谐振腔,6、新增出射波导,7、左谐振腔。

#### (五)具体实施方式

[0020] 一种基于等离子体波导的逻辑输出光源,包括金属薄膜1、以及开设在金属薄膜1上的入射波导2、中间波导3、出射波导4、7和谐振腔5、7。在本发明中,金属薄膜1为银膜,波导和谐振腔内填充的介质为空气。

[0021] 在实际使用时,本发明基于等离子体波导的逻辑输出光源一般覆于一种介质基底上,该介质基底可以为硅(Si)或二氧化硅(SiO<sub>2</sub>),通过使用光学装置构建级联逻辑门,光学装置将光束分成几个光束,然后将它们聚焦在逻辑门的输入端,可同时输出双端口及三端口逻辑信号源。本装置工作示意图如图1。谐振腔5沿着竖直方向延伸,谐振腔7沿着水平方向延伸,且谐振腔与中间波导皆接触。平面光在金属薄膜1左侧沿着中间波导2水平入射时,金属膜表面激发的表面等离激元通过隧道效应从左传播到右,经过和中间波导接触的输出波导4、6并和谐振腔5、7干涉,与局域表面等离激元发生共振耦合,在中间波导2右侧及出射波导4、6的另一侧透射光出射,使得结构体现解复用功能。由于每个输出端口可输出类似于0、1、0信号,即可实现逻辑信号源输出。谐振腔的宽度对信号输出效果有一定的影响。

[0022] 入射波导2同时作为为出射波导,且中间波导3、出射波导4、7和谐振腔5、7都为矩形。谐振腔与波导相接,谐振腔5、7与相邻波导垂直。波导2一端延伸到金属薄膜1的一侧边缘形成光的入射口,波导2及出射波导4、6的另一端延伸到金属薄膜1的另一侧边缘形成光的出射口。在本发明中,入射波导2沿着水平方向延伸。在本发明中,谐振腔5沿着竖直方向延伸,谐振腔7沿着水平方向延伸。平面光在金属薄膜1左侧沿着中间波导2水平入射时,金属膜表面激发的表面等离激元通过隧道效应从左传播到右,经过和中间波导接触的输出波导4、6并和谐振腔5、7干涉,与局域表面等离激元发生共振耦合,在中间波导2右侧及出射波导4、6的另一侧透射光出射,使得结构体现解复用功能。

[0023] 在本发明中,谐振腔5的横向长度与谐振腔7及波导宽度都相等,即 $W=100\text{nm}$ ;谐振腔5纵向长度介于 $0\text{nm}\sim 500\text{nm}$ ,谐振腔7横向长度介于 $0\text{nm}\sim 500\text{nm}$ ;入射波导2长 $2400\text{nm}$ ,即 $L_1+L_2=2400\text{nm}$ ;中间波导长 $L_3=300\text{nm}$ 。上述谐振腔均为矩形,谐振腔5与入射波导2垂直,谐振腔7与入射波导2平行。参见图2。当有单个谐振腔时,该结构有两个出射端口port1、port2,平面光入射后经过解复用分别从两端口传出,每个端口有各自的信号传输,分别输出数字信号源1、0、1、0信号通过逻辑门聚焦,可实现2进制信号源装置,输出00、01、10、11信号,参见图3。通过调整谐振腔长度 $S$ ,使 $S$ 从无到有分别为 $0\text{nm}$ 、 $100\text{nm}$ 、 $200\text{nm}$ 、 $300\text{nm}$ 、 $400\text{nm}$ 、 $500\text{nm}$ ,从仿真结果可以看出,随着谐振的长度增加,谐振峰逐渐增加,且谐振峰间的距离逐渐减小,也就是信号输出的频率在不断增加,参见图4。当谐振腔的个数为2个时,在原装置中增加一条出射波导,继而增加一个输出端口,形成三输出信号逻辑门,参见图5。实现3位二进制逻辑门信号输出,输出000、001、010、011、100、101、110、111信号。参见图6。

[0024] 入射波导为长条形。在本实施例中,入射波导为前后等宽的矩形长条。入射波导的前端延伸至金属薄膜的边缘处,形成光的入射口;入射波导的后端延伸至金属薄膜的另一边,形成光的出射口。在本实施例中,中间波导水平延伸设置在金属薄膜上。

[0025] 下面结合附图,通过具体实例来对本发明进行进一步说明:

[0026] (1) 在入射波导上垂直放置方形谐振腔,方形腔与波导接触,如图2所示,信号分别从port1、port2出射,可得到如图3所示滤波曲线。从图中可以看出信号源分别输出00、01、10、11信号,并且通过改变入射光的波长可控制输出的逻辑信号,实现逻辑门输出。在入射波导下增加一个出射波导,同时在新增波导上垂直仿真一个新的谐振,如图5所示,信号分别从port1、port2、port3出射,可得到如图6所示滤波曲线,此结构能输出三位二进制信号,可通过改变入射光的波长控制输出的逻辑信号。

[0027] (2) 如图2所示装置,当 $W=100\text{nm}$ , $L_1=1200\text{nm}$ , $L_2=1100\text{nm}$ , $L_3=300\text{nm}$ ,通过调节谐振腔5的纵向长度 $S$ ,使得谐振腔5的纵向长度分别为 $0\text{nm}$ , $100\text{nm}$ , $200\text{nm}$ , $300\text{nm}$ , $400\text{nm}$ , $500\text{nm}$ 即可得到如图4所示的滤波曲线图。可通过调节 $S$ 的大小达到修改信号源输出频率的目的,随着 $S$ 的增加信号输出频率增加。

#### 参考文献

[1]Huang C,Sun W,Fan Y,et al.Formation of Lead Halide Perovskite Based Plasmonic Nanolasers and Nanolaser Arrays by Tailoring the Substrate[J].*ACS Nano*,2018,12(4).

[2]Shapoval O V,Kobayashi K,Nosich A I.Electromagnetic Engineering of a Single-Mode Nanolaser on a Metal Plasmonic Strip Placed into a Circular Quantum Wire[J].*IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*,2017,PP(99):1-1.

[3]Kawashima T,Zhou Y,Yew K S,et al.Metal-electrode-dependent negative photoconductance response of the nanoscale conducting filament in the  $\text{SiO}_2$ -metal stack[C]//Semiconductor Technology International Conference.IEEE,2017:1-3.

[4]Dolatabady A,Granpayeh N.All-optical logic gates in plasmonic metal-insulator-metal nanowaveguide with slot cavity resonator[J].*Journal of*

Nanophotonics,2017,11 (2) :026001.

[5]Ferreira A C,Sobrinho C S,GuimarãesG F,et al.All-optical logic gates based on XPM effect under the PAM-ASK modulation in a symmetric dual NLDC[J].Microsystem Technologies,2018:1-13。

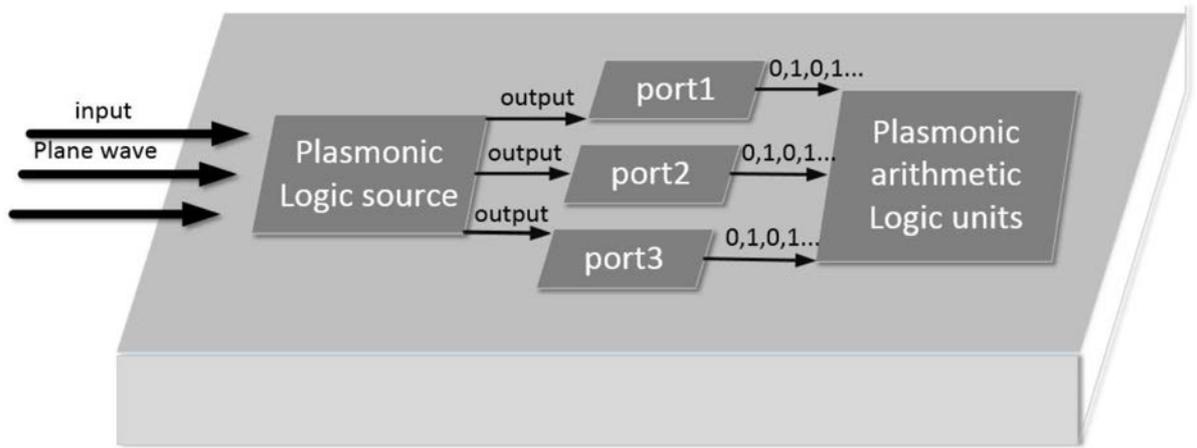


图1

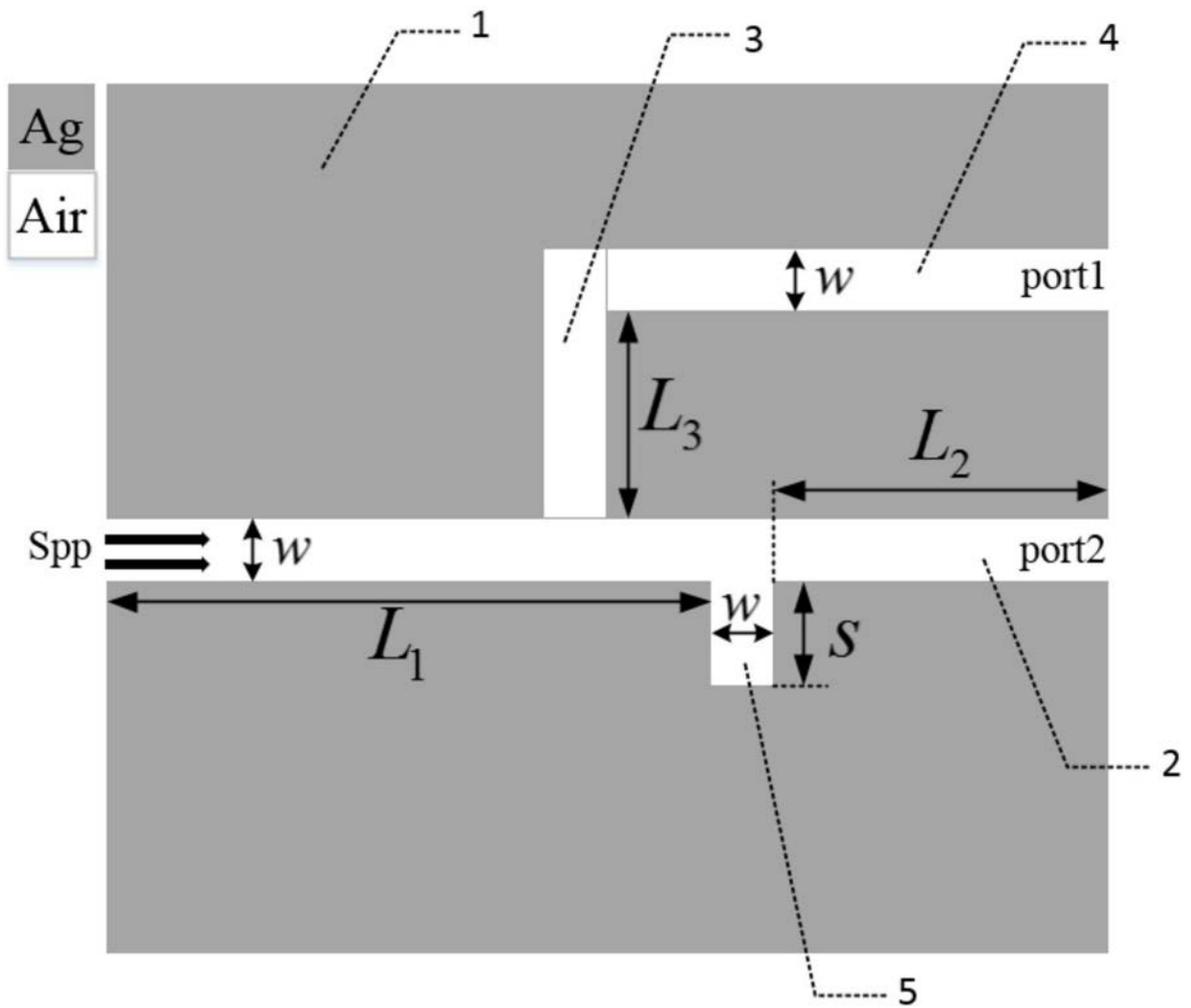


图2

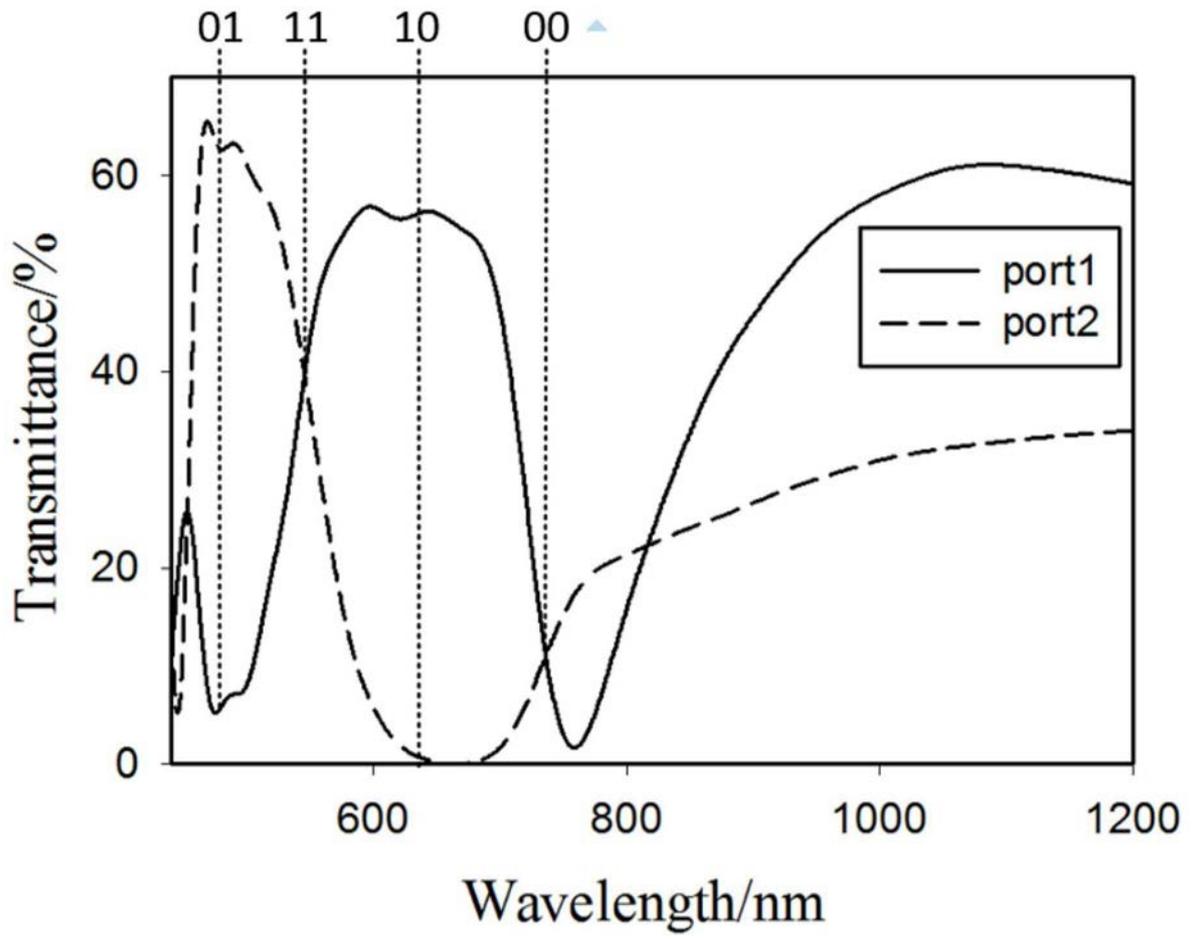


图3

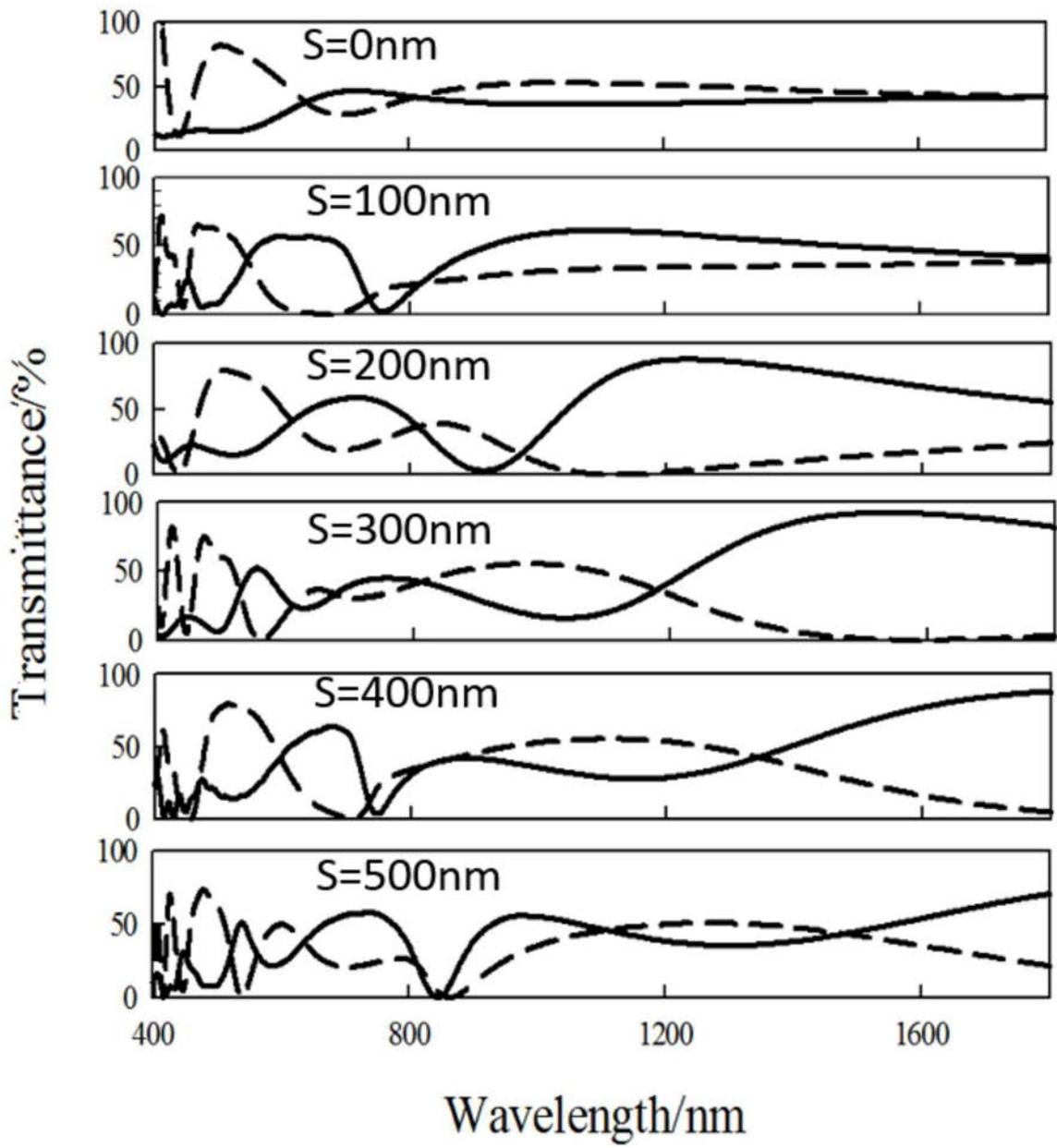


图4

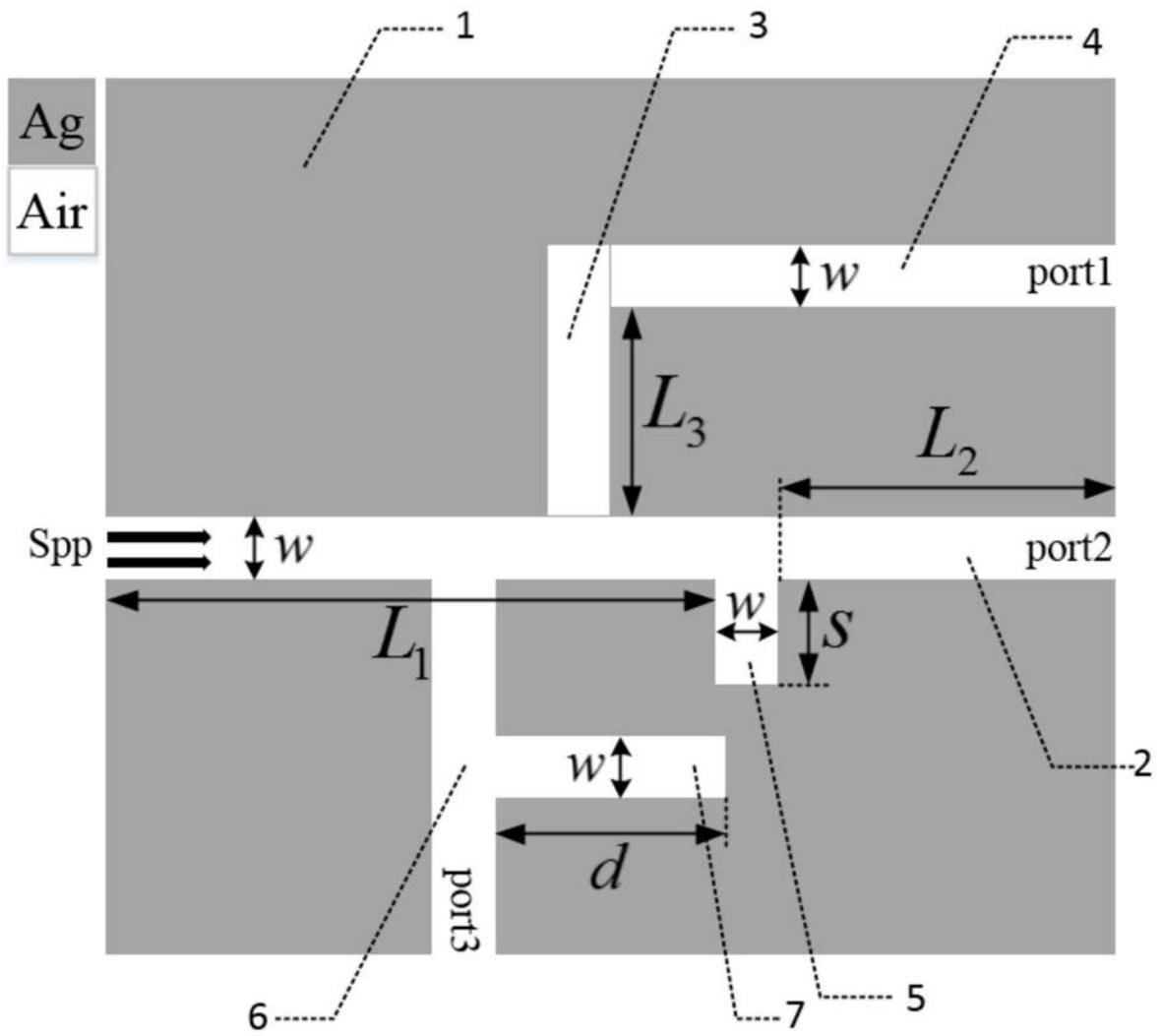


图5

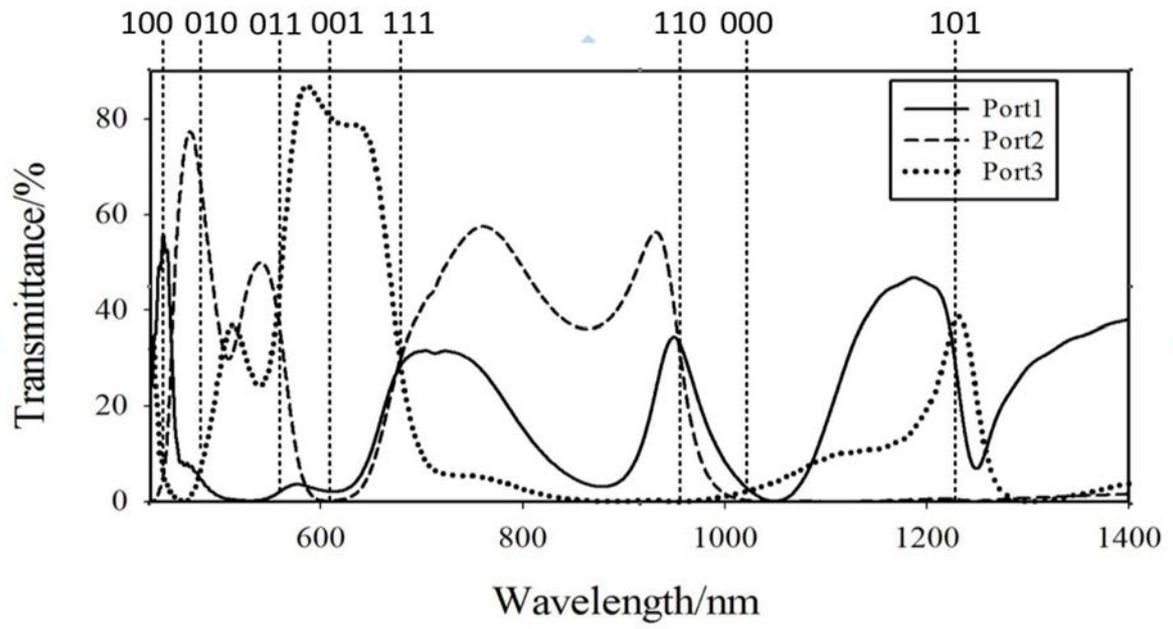


图6