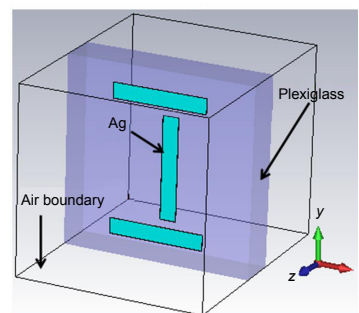




DOI: 10.12086/oe.2018.180298

高 Q 值 THz 类 EIT 超材料及传感特性研究

马长伟¹, 马文英^{1*}, 谭毅¹, 唐雨竹²¹成都信息工程大学通信工程学院, 四川 成都 610225;²四川大学电子信息学院, 四川 成都 610065

摘要: 设计了一种具有类电磁诱导透明(EIT)效应的高 Q 值太赫兹超材料。该结构单元由上下平行的双金属线及中间垂直的单金属线组成。分别对单金属线、双金属线及组合结构进行仿真, 分析了组合结构中金属线的位置和尺寸对透射率及品质因数 Q 的影响。结果表明, 随着单金属线的水平移动产生了类 EIT 效应, 透射率和 Q 值随着偏移距离的增大而发生变化, 通过调整结构和尺寸可以实现不同 Q 值。通过优化, 当偏移距离为 8 μm 时, 在 0.73 THz 附近得到一个 3 dB 带宽约为 11.56 GHz 的透明窗, 相应的 Q 值为 63.09, 其透射率为 0.50。最后, 对谐振器的传感特性进行了测量, 其折射率灵敏度为 60.69 GHz/RIU, FOM 值为 5.25/RIU, 具有优异的传感特性。

关键词: 高 Q 值; 电磁诱导透明; 太赫兹; 超材料; 传感特性

中图分类号: O436; TB33

文献标志码: A

引用格式: 马长伟, 马文英, 谭毅, 等. 高 Q 值 THz 类 EIT 超材料及传感特性研究[J]. 光电工程, 2018, 45(11): 180298

High Q-factor terahertz metamaterial based on analog of electromagnetically induced transparency and its sensing characteristics

Ma Changwei¹, Ma Wenying^{1*}, Tan Yi¹, Tang Yuzhu²¹College of Communication Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610225, China;²College of Electronic Information, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China

Abstract: A high Q-factor terahertz metamaterial with analog of electromagnetically induced transparency (EIT) effect is designed. The structural unit is composed of double metal wires parallel to each other and a vertical single metal wire in the middle. The single wire, double wires and composite structures are simulated respectively, and the influence of the position and size of the metal wires on the transmittance and quality factor Q of the composite structure is analyzed. The results show that the EIT-like effect occurs with the horizontal shift of the single metal wire and the transmittance and the Q-factor are changed with the increase of the offset distance. Moreover, different Q-factor can be achieved by adjusting the structure and size. By optimization, when the offset distance is 8 μm , a transparent window with 3 dB bandwidth of approximate 11.56 GHz is obtained near 0.73 THz. The corresponding Q-factor is 63.09 and the transmittance is 0.50. Finally, the sensing characteristics of the resonator is measured,

收稿日期: 2018-05-31; 收到修改稿日期: 2018-07-16

基金项目: 四川省科技计划项目(2017JY0332); 四川省科技创新苗子工程资助项目(2017097); 成都信息工程大学科研基金项目(J201505)

作者简介: 马长伟(1991-), 男, 硕士研究生, 主要从事超材料设计与应用的研究。E-mail: 1257024584@qq.com

通信作者: 马文英(1984-), 女, 博士, 教授, 主要从事传感器与微纳系统的研究。E-mail: mwy@cuit.edu.cn

showing excellent sensing performance. The refractive index sensitivity is 60.69 GHz/RIU, and FOM value is 5.25/RIU.

Keywords: high Q-factor; electromagnetically induced transparency; terahertz; metamaterial; sensing characteristics

Citation: Ma C W, Ma W Y, Tan Y, *et al.* High Q-factor terahertz metamaterial based on analog of electromagnetically induced transparency and its sensing characteristics[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2018, 45(11): 180298

1 引言

电磁诱导透明(Electromagnetically induced transparency, EIT)是一种原子系统中的量子干涉相消效应,使不透明的介质对探测光透明^[1-2],该特性在实现慢光方面具有重要应用^[3-4]。研究表明,超材料可以实现类似于 EIT 效应的谐振,与 EIT 效应相比,超材料类 EIT 效应是入射电磁波在平面超材料表面激发产生两相干谐振光谱叠加发生干涉相消,使超材料对入射电磁波呈现透明。超材料类 EIT 效应一般是由谐振器的明模式和暗模式通过干涉相消产生^[5],破坏结构的对称性可以激发特殊的 Fano 谐振^[6],该模式被证明可以产生类 EIT 效应,由 Fano 谐振产生的类 EIT 效应在折射率传感方面具有重要应用^[7]。

在太赫兹超材料的类 EIT 效应研究中,韩昊^[8]等人利用金属线和开口谐振环设计出了一种太赫兹波段类 EIT 谐振器,通过明暗模式耦合实现了类 EIT 效应,其具有较高的 Q 值。金属线的组合也可用于构建太赫兹超材料类 EIT 谐振器,Vafapour 等人^[4]设计出具有明暗模式的金属线超材料,通过打破对称结构实现了类 EIT 效应,其不仅具有高 Q 值,同时实现了慢光调节,Liu^[9]等人在 Vafapour 结构设计的基础上通过改变材料实现了类 EIT 的动态调节,其类 EIT 效应是通过调节石墨烯和衬底之间的偏置电压实现的。同时,通过构造相消干涉的金属互补结构,在超材料中同样可以实现类 EIT 效应,Guo^[10]等人则利用金属互补结构实现了类 EIT 效应,通过互补结构的强耦合使暗模式被激发,通过干涉相消产生了透明窗。

需要指出,品质因数 Q 是研究类 EIT 超材料传感性能的重要参量,具有可调 Q 值的类 EIT 超材料更具有实用价值,在实际应用中不需要重新制备,可根据需要调整 Q 值,从而节省成本。目前实现可调 Q 值的超材料主要是添加石墨烯^[11]或者使用 MEMS 结构实现^[12-13]。本文提出了一种高 Q 值的太赫兹类 EIT 超材料,该结构单元由上下平行的双金属线及中间垂直的单金属线组成,通过改变金属线的位置和尺寸可以改

变结构之间的耦合程度,从而可以实现不同的 Q 值和透射率。在实际加工中,可以使用 MEMS 结构改变金属线的位置,从而实现调控 Q 值的目的^[14]。利用 CST 频域求解器对结构进行仿真,研究了该谐振器的传感特性,该谐振器可实现高灵敏度和高 FOM(figure of merit)值,可用于提高传感性能。

2 单元结构设计

所设计的类 EIT 太赫兹超材料结构单元如图 1 所示。图 1(a)是超材料结构单元示意图,由中间的明模式金属线和两侧的暗模式金属线组成,图 1(b)是仿真时的三维视图。结构单元中的衬底材料选用有机玻璃(plexiglass),金属材料选用 Drude 银。图 1(a)中单元周期分别为 P_x 和 P_y , L_2 为中间金属线的长度, L_1 和 L_3 为上下金属线结构的长度, W 为三条金属线的宽度,上下金属线与中间的金属线之间的距离设为 g , S 为中间金属线偏离中轴线的距离。整个结构单元分别以周期 P_x 、 P_y 在 x 、 y 方向排列。

通过频域有限积分法对结构进行了数值分析,仿真中,设置衬底的介电常数 ϵ 为 2.4,厚度为 50 μm , Drude 银的最大介电常数 ϵ_∞ 为 1,等离子体频率 ω_p 为 14×10^{15} rad/s,碰撞频率 γ 为 0.032×10^{15} /s,厚度为 0.3 μm 。其余参数设置为: $P_x=P_y=40$ μm , $W=20$ μm , $L_1=L_3=120$ μm , $L_2=130$ μm , $g=10$ μm ,太赫兹波的传播方向垂直于结构平面,同时保证电场方向平行于明模式金属线的方向,从而保证明模式被激发,从而产生电磁谐振。

3 类 EIT 机理分析

在太赫兹超材料的研究中,具有金属线结构的超材料可以响应入射偏振光。当偏振光的极化方向与金属线平行时,可以产生强耦合;当极化方向改变时,耦合程度减弱。研究表明^[5],具有强弱耦合模式的超材料组合结构可以通过破坏对称性产生类 EIT 谐振,为了研究类 EIT 谐振产生的机理,分别对与电磁波极

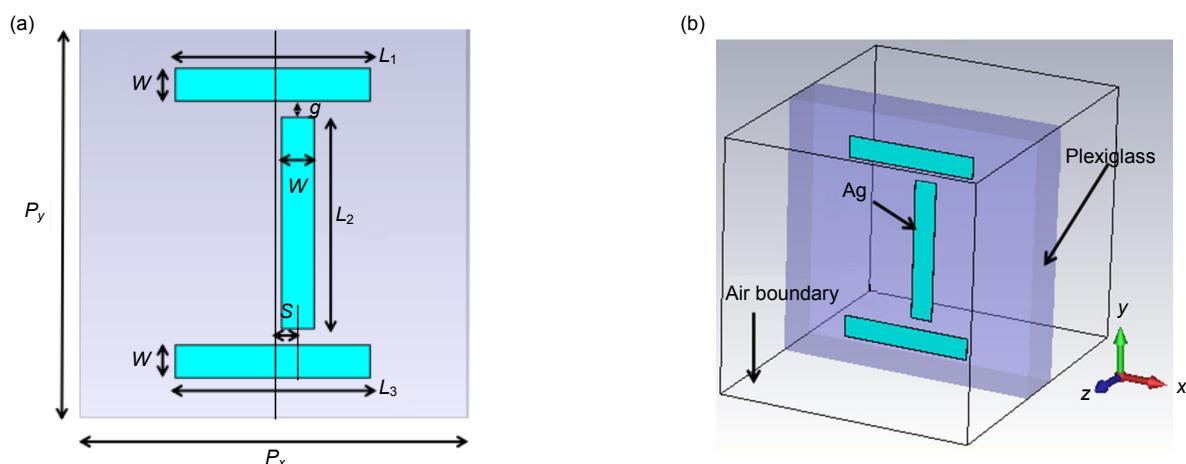


图 1 (a) 非对称情况下几何尺寸; (b) 超材料结构的三维视图

Fig. 1 (a) Geometric parameters in asymmetric case; (b) 3D view of the metamaterial structure

化方向平行的单金属线和垂直的双金属线以及组合结构进行仿真，研究谐振频率处的电场和磁场分布。

首先，对单金属线进行仿真，当电磁波的极化方向平行于单金属线的方向入射时，电场响应如图 2(a) 所示。由图可知，结构两端形成了偶极谐振，说明该结构与入射电磁波产生了强耦合而被直接激发，该金属线为明模式^[15-16]。该模式在频率 0.75 THz 附近产生

了共振的吸收峰，如图 3 红线所示，说明入射的电磁波不能透过该结构，这是因为电场激发金属线内部电子形成振荡，并在金属表面形成了表面波，电场的能量用来维持内部电子振荡，因此透过的能量很小。需要指出的是，电子振荡在结构表面形成了强烈的辐射。

当电磁波正常入射双金属线时，如图 2(b)所示，双金属线表面没有明显的共振电场产生，该模式无法

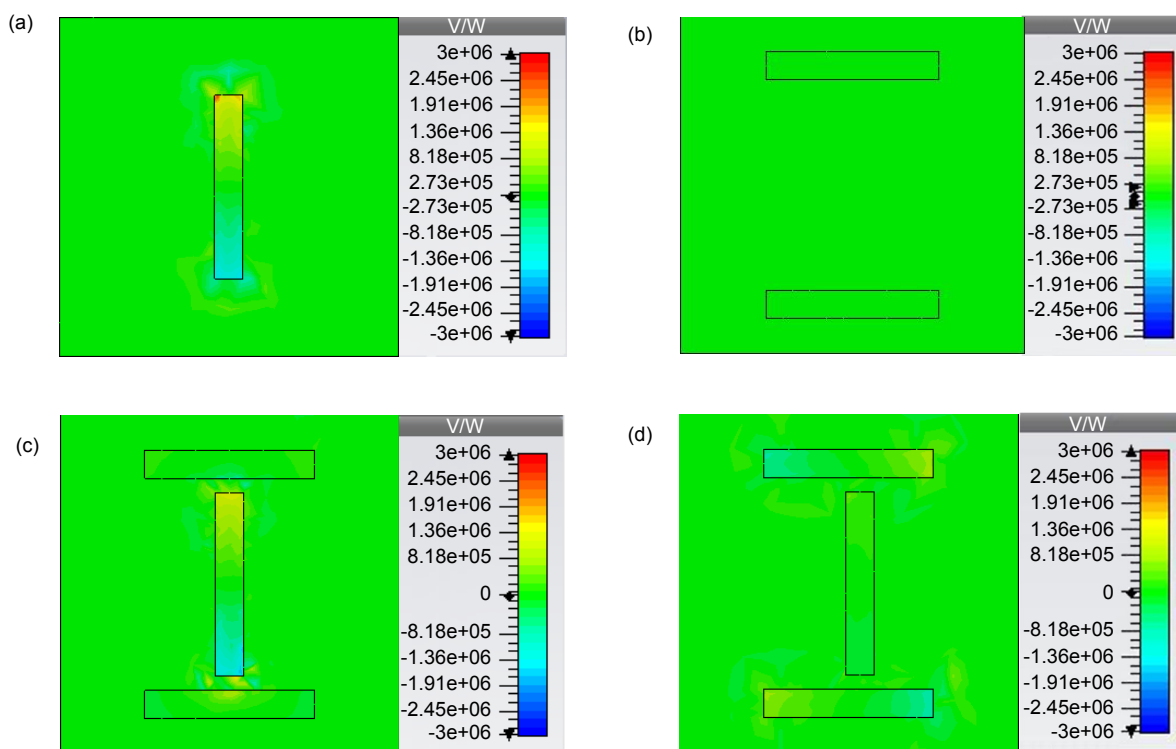


图 2 电场分布图。(a) 明模式; (b) 暗模式; (c) 对称结构; (d) 非对称结构

Fig. 2 Electric field distribution. (a) Bright mode; (b) Dark mode; (c) Symmetrical structure; (d) Asymmetrical structure

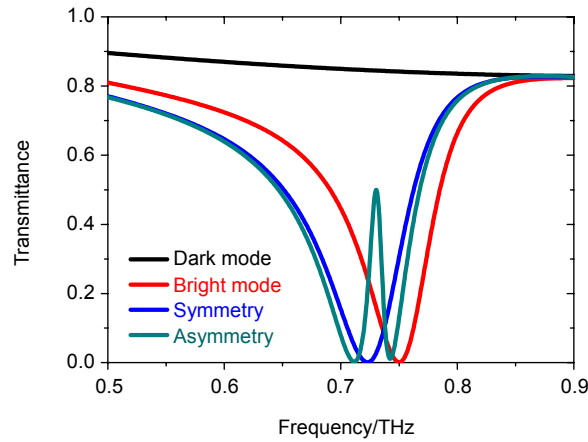


图 3 明模式、暗模式、对称结构及非对称结构透射谱线

Fig. 3 Transmission lines of bright mode, dark mode, symmetrical structure and asymmetric structure

对电磁波进行吸收，只能与外部场形成很弱的耦合，因此该模式被称为暗模式。如图 3 黑线所示，透射率接近 1，说明几乎所有入射电磁波的能量都可以穿过谐振器。

当电磁波入射对称结构时，在频率 $\omega_0=0.73$ THz 处形成共振，电场分布如图 2(c)所示，可以看出暗模式没有被激发，只有明模式产生了偶极谐振，其透射谱线如图 3 所示，此时没有 EIT 透明窗产生。原因在于明模式两边的共振磁场大小相等，方向相反，它们相互抵消，如图 4(a)。然而，当明暗模式的对称结构被破坏时，如图 3，在频率 $\omega_0=0.73$ THz 附近产生了类 EIT 透射峰，其电场响应如图 2(d)所示，可以看出暗模式金属线两端形成了偶极谐振。同时，发现明模式两边的磁场分布不均匀，它们不能互相抵消，如图 4(b)所示，因此暗模式被激发出磁场用来抵消明模式的磁

场，这导致了暗模式被激发^[4]。被激发的暗模式与明模式产生相消干涉，使产生强辐射的明模式被抑制，不能形成偶极谐振，从而在谐振频率处产生了尖锐的透射峰。

4 仿真结果和特性分析

4.1 Q 值可调性及透射特性

为了对 Q 值的可调性进行研究，需要得到不同 S 参数下的透射谱。如图 5(a)所示，当 $S=0 \mu\text{m}$ 时，结构处于对称状态，只在 0.72 THz 频率处出现了吸收点，没有类 EIT 透明窗的产生；随着 S 的增大，结构的对称性被破坏，透明窗开始出现，当 S 从 $0 \mu\text{m}$ 增大到 $25 \mu\text{m}$ 时，透射率不断增大。图 5(b)展示了不同 S 取值对 Q 值和透射率的影响，由图可知，随着 S 的增大，Q 值不断减小，Q 值可通过 S 参数进行调节，当 $S=8 \mu\text{m}$

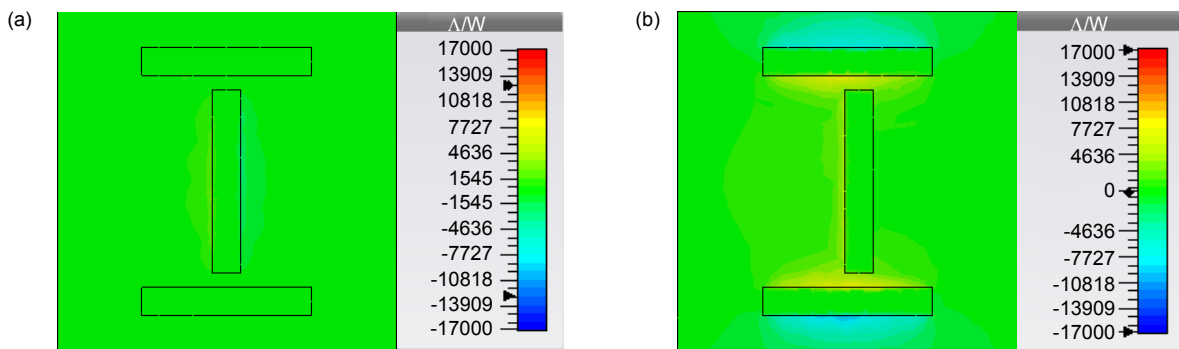


图 4 磁场的响应。(a) 对称结构；(b) 非对称结构

Fig. 4 Magnetic field response. (a) Symmetrical structure; (b) Asymmetrical structure

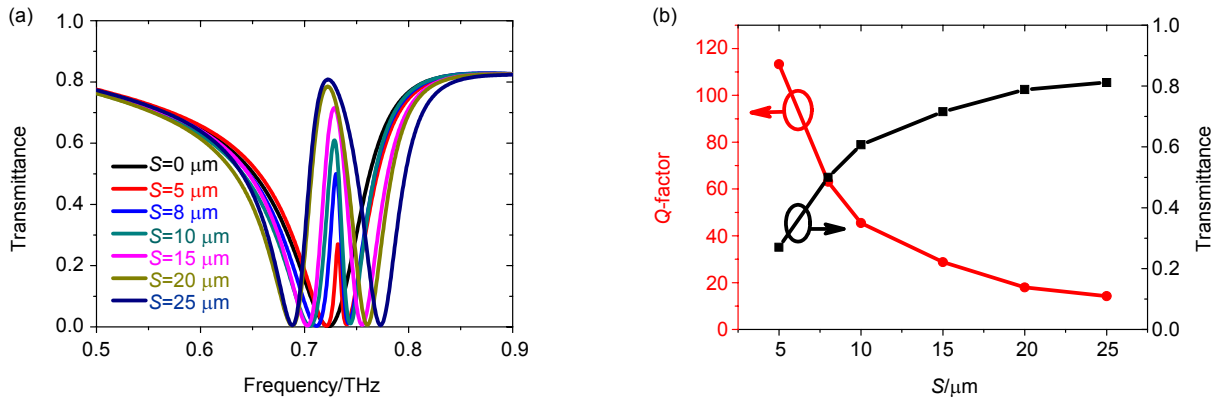


图 5 (a) S 取不同值时的透射率; (b) S 的取值对 Q 值和透射率的影响

Fig. 5 (a) Transmission with different values of S; (b) The effect of S on the Q-factor and transmittance

时, Q 值达到了 63.09, 透明窗的 3 dB 带宽仅为 11.56 GHz, 同时透射率为 0.5, 满足实际应用中透射谱的观察。

4.2 几何参数对透明窗及 Q 值的影响

另外, 几何参数(如模式之间的距离 g , 金属线的长度 L_1 、 L_2 和 L_3 以及宽度 W)对类 EIT 透明窗有较大

的影响。如图 6 所示, 当暗模式金属线的长度 L_1 和 $L_3(L_1=L_3)$ 从 $110 \mu\text{m}$ 变化至 $130 \mu\text{m}$ 的过程中, 谐振器在 $L_1=L_3=120 \mu\text{m}$ 时具有理想的透射光谱; 当 $L_1=L_3$ 取值变化时, 透射光谱发生畸变, 不利于实际观察。当明模式金属线的长度 L_2 从 $120 \mu\text{m}$ 变化至 $140 \mu\text{m}$ 的过程中, 谐振器在 $L_2=130 \mu\text{m}$ 处得到较好的透射光谱。

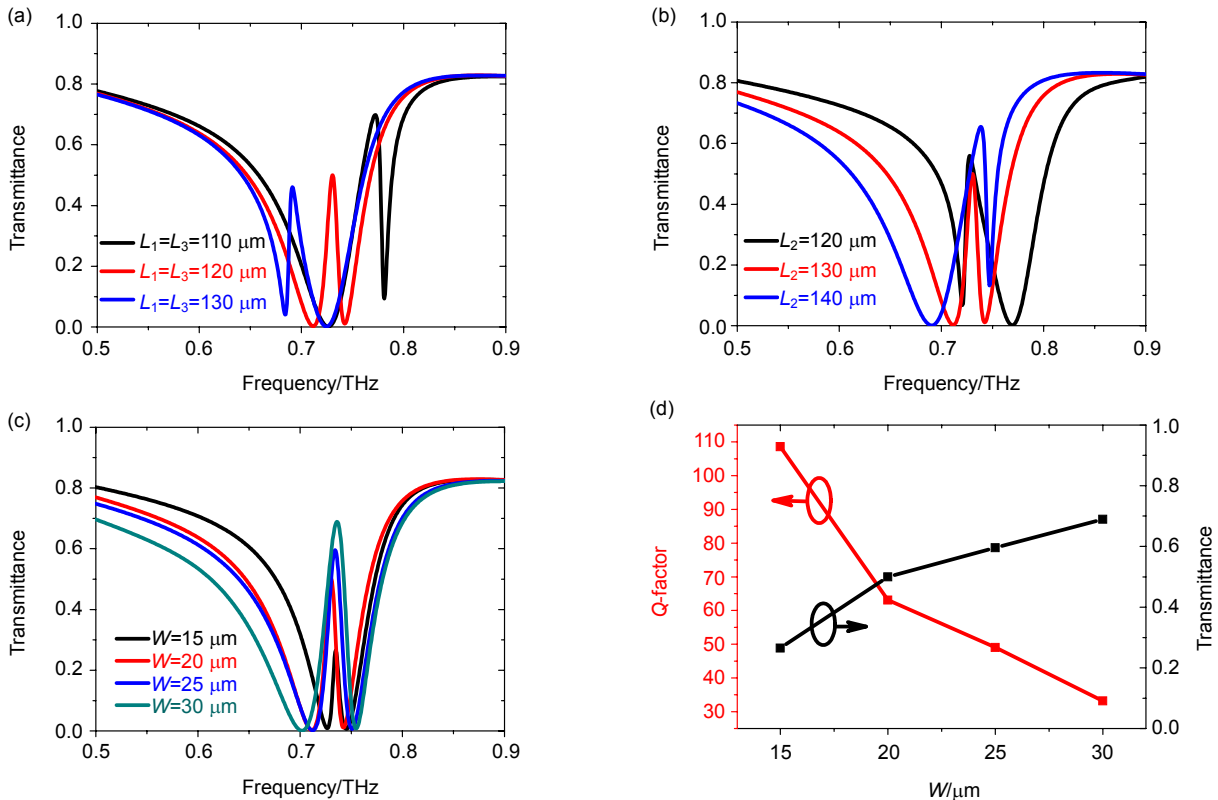


图 6 (a) $L_1=L_3$ 取不同值时透射率的变化; (b) L_2 取不同值时透射率的变化; (c) W 不同取值对透射特性的影响; (d) W 不同取值时 Q 值和透射率的变化

Fig. 6 (a) Change in transmittance at different values of $L_1=L_3$; (b) Change in transmittance at different values of L_2 ; (c) The influence of transmission characteristics at different values of W ; (d) Change in Q-factor and transmittance at different values of W

结果表明,金属线的长度与谐振频率有着密切关系。

保持 $L_1=L_3=120\ \mu\text{m}$, $L_2=130\ \mu\text{m}$ 不变,改变金属线的宽度 W ,从图 6(c)可以看出,当 W 从 $15\ \mu\text{m}$ 增大到 $30\ \mu\text{m}$ 时,透明窗的中心频率基本不变,说明谐振频率对宽度的改变不敏感,但透射率和 Q 值发生改变,其变化过程如图 6(d)所示。当 $W=20\ \mu\text{m}$ 时,其透射率为 0.5, Q 值为 63.09,透射率和 Q 值都取得了较好的结果。

其它取值不变,改变明暗模式之间的距离 g ,EIT 透射谱发生变化,如图 7 所示。当 g 从 $5\ \mu\text{m}$ 增大到 $25\ \mu\text{m}$ 时,谐振频率随着 g 的增大出现蓝移,透射率不断减小,原因在于,随着 g 的变化,整个结构的电容发生变化,导致谐振频率发生变化;同时随着 g 的增大,耦合程度减弱,使得类 LC 谐振减弱,造成明暗模式的干涉减弱,最终导致透射率减小。图 7(b)展示出 g 的取值与 Q 值和透射率的关系。当 $g=10\ \mu\text{m}$ 时,透射率为 0.5, Q 值为 63.09,透射率和 Q 值都取得了

合适的结果。

4.3 传感特性

具有类 EIT 效应的谐振器在折射率传感方面具有良好的应用,孙雅茹等人^[17]设计了一种应用于生物传感方面太赫兹超材料,折射率灵敏度为 $24.7\ \text{GHz}/\text{RIU}$;郑伟等人^[18]设计了一种微流体折射率传感器,当偏振光的偏振方向与开口垂直时,其灵敏度高达 $74.43\ \text{GHz}/\text{RIU}$ 。

本文对该谐振器的传感性能进行了仿真和计算,一般用 FOM 值来表征折射率传感器的传感性能。定义 FOM 值为折射率灵敏度除以谐振峰的 3 dB 带宽。在谐振器的金属单元结构表面覆盖一层 $3\ \mu\text{m}$ 厚的介质,设置其折射率的变化从 1 到 2,并对其结构进行仿真,仿真中设置衬底材料为无损。图 8(a)为随着介质折射率的不断增大,透射峰出现了明显的红移。图 8(b)为谐振峰频率移动与介质折射率变化之间的关系

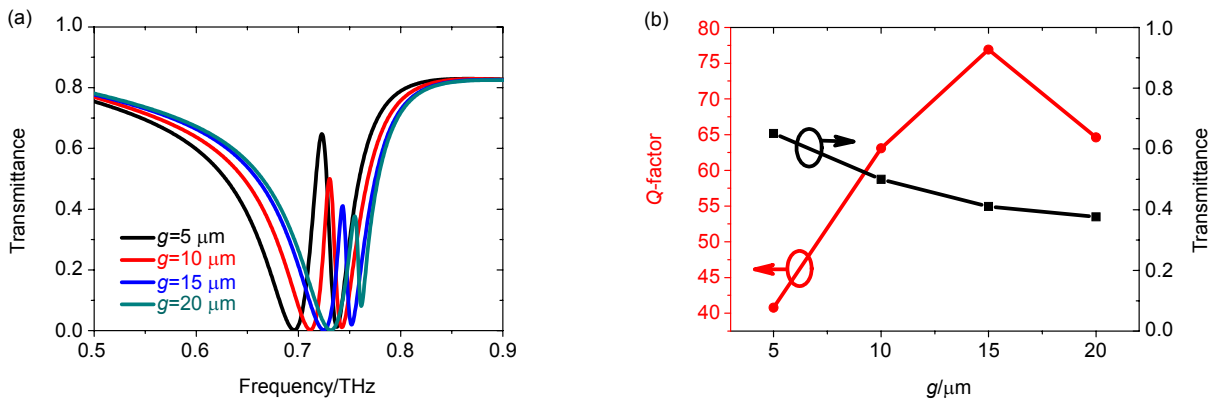


图 7 (a) g 取不同值时对透射特性的影响; (b) g 取不同值时 Q 值和透射率的变化

Fig. 7 (a) Transmission characteristics at different values of g ; (b) The change in Q -factor and transmission at different values of g

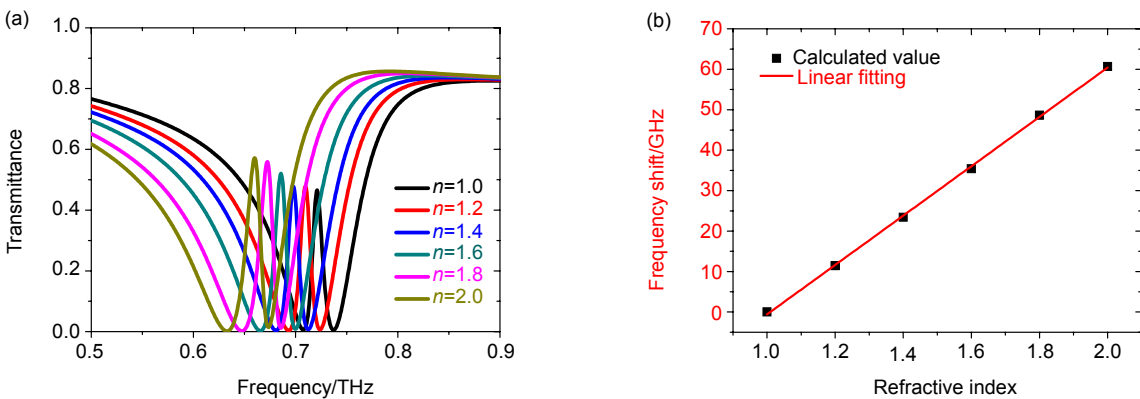


图 8 (a) 不同折射率下谐振峰的变化; (b) 谐振频率变化与待测物折射率的关系

Fig. 8 (a) Variation of resonant peak at different refractive index; (b) Relation between changes in resonant frequency and refractive index of test object

曲线, 两者呈明显的线性关系, 说明该谐振器适合折射率传感方面的应用。经计算, 该谐振器的折射率灵敏度为 60.69 GHz/RIU, 具有较高的灵敏度, 其 3 dB 带宽为 11.56 GHz, FOM 值为 5.25 /RIU, 具有优异的传感性能。

5 结论

本文提出了一种高 Q 值超材料结构, 该结构由水平放置的双金属线和垂直的单金属线组成。详细研究了该结构与入射电磁波之间的相互作用, 并阐述了 EIT 谐振产生的机理。通过改变金属线的位置和尺寸可实现 Q 值变化, 在实际应用中, 可使用 MEMS 实现 Q 值的动态可调, 计算结果表明, 该谐振器具有较高 Q 值和高 FOM 值, 可以提高传感特性。

参考文献

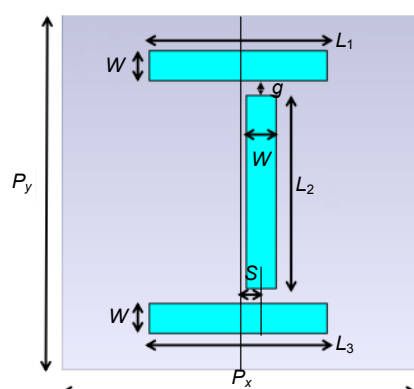
- [1] Lukin M D, Imamoğlu A. Controlling photons using electromagnetically induced transparency[J]. *Nature*, 2001, **413**(6853): 273–276.
- [2] Fleischhauer M, Imamoglu A, Marangos J P. Electromagnetically induced transparency: optics in coherent media[J]. *Reviews of Modern Physics*, 2005, **77**(2): 633–673.
- [3] Vafapour Z, Alaei H. Subwavelength micro-antenna for achieving slow light at microwave wavelengths via electromagnetically induced transparency in 2D metamaterials[J]. *Plasmonics*, 2017, **12**(5): 1343–1352.
- [4] Vafapour Z, Alaei H. Achieving a high Q-factor and tunable slow-light via classical electromagnetically induced transparency (CI-EIT) in metamaterials[J]. *Plasmonics*, 2017, **12**(2): 479–488.
- [5] Zhang S, Genov D A, Wang Y, et al. Plasmon-induced transparency in metamaterials[J]. *Physical Review Letters*, 2008, **101**(4): 047401.
- [6] Pu M B, Hu C G, Huang C, et al. Investigation of Fano resonance in planar metamaterial with perturbed periodicity[J]. *Optics Express*, 2013, **21**(1): 992–1001.
- [7] He X J, Wang L, Wang J M, et al. Electromagnetically induced transparency in planar complementary metamaterial for refractive index sensing applications[J]. *Journal of physics D: Applied Physics*, 2013, **46**(36): 365302.
- [8] Han H, Wu D W, Liu J J, et al. A terahertz metamaterial analog of electromagnetically induced transparency[J]. *Acta Optica Sinica*, 2014, **34**(4): 0423003.
韩昊, 武东伟, 刘建军, 等. 一种太赫兹类电磁诱导透明超材料谐振器[J]. *光学学报*, 2014, **34**(4): 0423003.
- [9] Liu C X, Liu P G, Bian L, et al. Dynamically tunable electromagnetically induced transparency analogy in terahertz metamaterial[J]. *Optics Communications*, 2018, **410**: 17–24.
- [10] Guo Y H, Yan L S, Pan W, et al. Electromagnetically induced transparency (EIT)-like transmission in side-coupled complementary split-ring resonators[J]. *Optics Express*, 2012, **20**(22): 24348–24355.
- [11] He Xunjun, Zhang Qinfeng, Lu Guangjun, et al. Tunable ultra-sensitive terahertz sensor based on complementary graphene metamaterials[J]. *RSC Advances*, 2016, **6**: 52212–52218.
- [12] Lei Wang L, Li T Y, He X J. Switching electromagnetically induced transparency in reconfigurable terahertz metamaterials[J]. *Integrated Ferroelectrics*, 2015, **161**(1): 45–50.
- [13] Prakash Pitchappa P, Manjappa M, Ho C P, et al. Active control of electromagnetically induced transparency analog in terahertz MEMS metamaterial[J]. *Advanced Optical Materials*, 2016, **4**(4): 541–547.
- [14] Tang Y Z, Ma W Y, Wei Y H, et al. A tunable terahertz metamaterial and its sensing performance[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2017, **44**(4): 453–457.
唐雨竹, 马文英, 魏耀华, 等. 一种旋转可调的太赫兹超材料及其传感特性[J]. *光电工程*, 2017, **44**(4): 453–457.
- [15] Chiam S Y, Singh R, Rockstuhl C, et al. Analogue of electromagnetically induced transparency in a terahertz metamaterial[J]. *Physical Review B*, 2009, **80**(15): 153103.
- [16] Liu X J, Gu J Q, Singh R, et al. Electromagnetically induced transparency in terahertz plasmonic metamaterials via dual excitation pathways of the dark mode[J]. *Applied Physics Letters*, 2012, **100**(13): 131101.
- [17] Sun Y R, Shi T L, Liu J J, et al. Terahertz label-free bio-sensing with EIT-Like metamaterials[J]. *Acta Optica Sinica*, 2016, **36**(3): 0328001.
孙雅茹, 史同璐, 刘建军, 等. 太赫兹超材料类 EIT 谐振无标记生物传感[J]. *光学学报*, 2016, **36**(3): 0328001.
- [18] Zheng W, Fan F, Chen M, et al. Terahertz refractive index sensing of microfluid based on metamaterials[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2017, **46**(4): 0420003.
郑伟, 范飞, 陈猛, 等. 基于太赫兹超材料的微流体折射率传感器[J]. *红外与激光工程*, 2017, **46**(4): 0420003.

High Q -factor terahertz metamaterial based on analog of electromagnetically induced transparency and its sensing characteristics

Ma Changwei¹, Ma Wenyong^{1*}, Tan Yi¹, Tang Yuzhu²

¹College of Communication Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610225, China;

²College of Electronic Information, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610065, China



Schematic of the unit cell

Overview: A high Q -factor terahertz resonator with analog of electromagnetic induced transparency (EIT) effect is designed on the basis of metamaterial theory. The electromagnetic induced transparency (EIT) is a kind of quantum interference cancellation effect in an atomic system, which makes the opaque medium transparent to the probe. The resonator with the EIT-like effect has important applications in the refractive index sensing. However, the EIT-like metamaterial with tunable Q -factor is more practical. This paper presents a EIT-like terahertz metamaterial with tunable high Q -factor, which is composed of double metal wires parallel to each other and a vertical single metal wire in the middle. In practical applications, the MEMS structure can be used to change the position of the metal wire so as to achieve the purpose of regulating the Q -factor. The commercial simulation software CST is used to simulate the structure, in which the metal is Drude silver and the substrate material is selected by the organic glass. Furthermore, the propagation direction of the incident terahertz wave is perpendicular to the structure plane.

The wire structures can support the bright mode and dark mode. Through the radiation of the terahertz wave, the bright mode and dark mode are excited directly and indirectly to form resonances. The resonance spectrum superposition between the units forms the cancellation interference to make the plane metamaterial transparent to the incident terahertz wave. The simulation of the bright mode, the dark mode, the symmetric structure, and asymmetric structure are carried out respectively. By analyzing the response of the electric field and the magnetic field, the interaction between them is studied in detail, and the influence of geometric structure and size on the transmittance and the quality factor in the asymmetric condition is also analyzed. The results show that the EIT-like effect occurs with the horizontal shift of the single metal wire and the transmittance and the Q -factor are changed with the increase of the offset distance. Moreover, tunable Q -factor can be achieved by adjusting the structure and size. By optimization, when the offset distance is $8\ \mu\text{m}$, a transparent window with 3 dB bandwidth of approximate 11.56 GHz is obtained near 0.73 THz. The corresponding Q -factor is 63.09 and the transmittance is 0.50. Finally, the sensing characteristics of the resonator is measured, showing excellent sensing performance. The refractive index sensitivity is 60.69 GHz/RIU, and FOM value is 5.25/RIU.

Citation: Ma C W, Ma W Y, Tan Y, *et al.* High Q -factor terahertz metamaterial based on analog of electromagnetically induced transparency and its sensing characteristics[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2018, 45(11): 180298

Supported by the Science and Technology Plan Project of Sichuan Province (2017JY0332), the Science and Technology Innovation Talent Project Funding Project of Sichuan Province (2017097), and the Science Research Foundation Project of Chengdu University of Information Technology (J201505)

* E-mail: mwy@cuit.edu.cn