

doi: 10.3788/gzxb20124101.0121

一种光子晶体谐振腔的 TM 模特性

李岩, 李晓莉, 邵敏

(西安石油大学 理学院, 西安 710065)

摘要:构造了一种二维砷化镓石墨点阵柱状光子晶体谐振腔. 利用时域有限差分方法计算了这种光子晶体谐振腔 TM_y 模的共振峰波长随应力和温度变化的情况. 计算结果表明, 这种谐振腔 TM_y 模的共振峰波长随 x 、 y 方向的应力变化以及随应力环境的变化均具有较好的线性特性, 其应力响应灵敏度为 0.01369 nm/Mpa , 且这种谐振腔沿 x 方向和 y 方向的应力响应灵敏度相同; 同时, 这种谐振腔的共振峰主峰随温度呈分段线性变化趋势, 且具有最大 $1.4 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ 的温度灵敏度. 另外, 计算结果显示, 这种结构的光子晶体谐振腔具有很好的频率开关特性.

关键词:光子晶体谐振腔; 应力; 温度; 开关

中图分类号: O469; O344.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-4213(2012)01-0121-6

0 引言

光子晶体是一种周期结构的人造材料. 由于这种材料所具有的独特性质, 使其在波导、低阈值激光器等领域有着广泛的应用前景^[1-2], 因而, 这种材料一经提出就引起了科技界的广泛关注. 随着科研工作者对光子晶体各种新的特性的认识, 这种新型材料的各种应用^[3-7], 如光子晶体在天线、滤波器、放大器、透镜和棱镜以及波分复用器件等方面的应用, 也逐渐为科研工作者所发现. 特别是随着近年来半导体技术的发展, 利用已经成熟的半导体制备技术, 如等离子体刻蚀技术、化学刻蚀技术等, 人们已能方便地制备从红外到可见光频段的二维光子晶体, 这使得二维光子晶体及其器件的研制就更加具备了现实的意义.

光子晶体的各种应用是建立在对光子晶体各种特性认识的基础之上的. 如对光子晶体共振腔频率特性的认识使科研工作者讨论了多种新型光子晶体传感器在生物学测量, 应力应变测量等方面的应用^[8-10], 因而, 在光子晶体的研究中, 对其各种新的特性的认识就具有了特别重要的意义.

本文给出了一种二维砷化镓(GaAs)石墨点阵柱状结构的光子晶体谐振腔模型, 在考虑材料的弹光效应、热光效应以及应变特性的情况下, 利用时域有限差分方法讨论了这种谐振腔 TM 模的共振波长随应力和温度变化的情况.

1 模型

二维石墨点阵柱状光子晶体是由 GaAs 柱按照石墨点阵的空间结构在空气背景的二维平面内周期排列构成的. 由于入射光波的中心波长为 1550 nm , 因而, GaAs 的相对介电常量取为^[11] $\epsilon_r = 12.18$.

图 1 是本文计算的二维石墨点阵柱状光子晶体 TM_y 模的能带图, 即磁场平行于介质柱方向时的能带图, 其中的插图二维石墨点阵柱状光子晶体的单胞. 图 1 中频率单位为 $\omega a / (2\pi c)$, 其中, a 为光子晶体的点阵常量, c 为真空中的光速, GaAs 柱半径为 $r = 0.25a$.

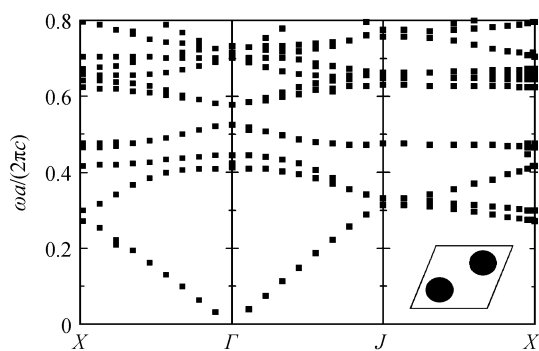


图 1 二维石墨点阵柱状光子晶体 TM 模能带图(插图为光子晶体单胞)

Fig. 1 The TM mode photonic bands of two-dimension pillars photonic crystals with graphite lattice(the icon is a cell of the photonic crystals)

由图 1 不难看出, 该二维石墨点阵柱状光子晶体 TM_y 模有两个带隙. 由于第二个带隙较大且考虑

基金项目: 陕西省自然科学基金研究计划项目(No. 2010JM8006)资助

第一作者: 李岩(1967-), 男, 副研究员, 博士, 主要研究方向为光子晶体传感器与透镜. Email: liyan67@xsyu.edu.cn

收稿日期: 2011-08-26; 修回日期: 2011-09-01

到高频带隙的光子晶体更便于制备的因素,我们选择具有该带隙的二维石墨点阵柱状光子晶体.

在上述点阵结构数据所构造的二维 GaAs 石墨点阵柱状光子晶体中,沿 $\Gamma-J$ 方向取消 4 排 GaAs 柱就可以构造一个光子晶体波导.同时,通过在二维石墨点阵柱状光子晶体中加入一个半径 $r=0.45a$ 的 GaAs 柱,这样就构造了一个光子晶体谐振腔,如图 2 所示.选择 $r=0.45a$ 的 GaAs 柱构成谐振腔的原因在于,通过计算发现,这种谐振腔具有较好的共振模.

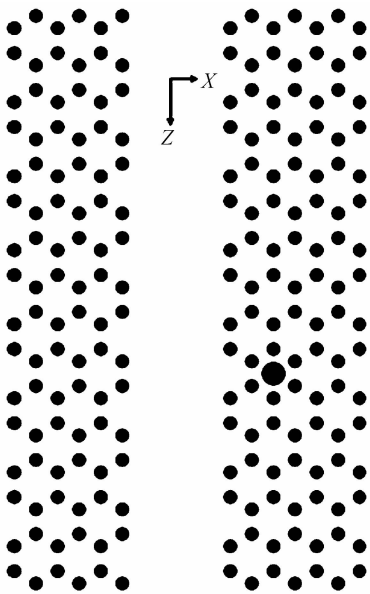


图 2 二维石墨点阵柱状光子晶体共振腔模型

Fig. 2 The sensor model of the two-dimension pillars photonic crystals with graphite lattice

2 理论

当电磁波在线性,非磁性无耗电的平面各向异性介质中传输时,对于 TM_y 模,Maxwell 方程可以写为如下的分量形式^[12]

$$-\frac{\partial H_y}{\partial z} = \frac{\partial D_x}{\partial t}, \frac{\partial H_y}{\partial x} = \frac{\partial D_z}{\partial t},$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = -\mu_0 \frac{\partial H_y}{\partial t}$$

平面各向异性介质的电磁性质方程可以写为 $\epsilon_0 \mathbf{E} = \boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{D}$,其中 $\boldsymbol{\beta}$ 为平面各向异性介质的逆介电张量,它是一个二阶对称张量.

当上述 GaAs 二维石墨点阵柱状光子晶体谐振腔受到应力作用及温度变化的影响时,显然,这种光子晶体谐振腔会出现应变、弹光效应、热膨胀效应、热光效应.

介质在受到应力作用时会产生应变.在直角坐标系下,应力及应变可用二阶对称张量表示,当将应力和应变用下述的简化方式表述时,由 Hooke 定律可知,应力和应变满足如下的关系

$$S_M = s_{MN} T_N \quad (M, N = 1, 2, \dots, 6)$$

式中, $T_1 = \sigma_x, T_2 = \sigma_y, T_3 = \sigma_z; S_1 = \epsilon_x, S_2 = \epsilon_y, S_3 = \epsilon_z$ 分别为沿 x, y, z 方向的正应力及正应变; $T_4 = \tau_{yz} = \tau_{zy}, T_5 = \tau_{xz} = \tau_{zx}, T_6 = \tau_{xy} = \tau_{yx}; S_4 = \gamma_{yz} = \gamma_{zy}, S_5 = \gamma_{xz} = \gamma_{zx}, S_6 = \gamma_{xy} = \gamma_{yx}$ 分别为剪应力及剪应变; s_{MN} 为弹性顺服系数矩阵,它们随晶体的对称操作的不同而不同.

介质在受到应力的作用时也会产生弹光效应.若仍用上述简化方式表示逆介电张量,那么,在一级近似下,逆介电张量的改变量与应力之间的关系表示为

$$\Delta \beta_M = \Pi_{MN} T_N \quad (M, N = 1, 2, \dots, 6)$$

式中,若 β_M 和 β_M^0 分别为施加和未施加应力作用时的逆介电张量,则 $\Delta \beta_M = \beta_M - \beta_M^0$. Π_{MN} 为压光系数矩阵.

同样,温度改变所引起热膨胀效应也会导致介质折射率的改变,即出现所谓的弹光效应.而这种由热膨胀效应引起的逆介电张量的改变量可表示为下述的矩阵形式

$$\Delta \beta_M^{(T)} = P_{MN} S_N \quad (M, N = 1, 2, \dots, 6)$$

式中, P_{MN} 为介质的弹光系数矩阵, $\Delta \beta_M^{(T)}$ 为由热膨胀效应引起的逆介电张量的改变量.

由文献[13-14]可知,属于立方晶系的 GaAs,其弹性顺服系数矩阵 s 和压光系数矩阵 Π 以及弹光系数矩阵 P 可以写为

$$[s_{MN}] = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{12} & & & \\ s_{12} & s_{11} & s_{12} & & & \\ s_{12} & s_{12} & s_{11} & & & \\ & & & s_{44} & & \\ & & & & s_{44} & \\ & & & & & s_{44} \end{bmatrix}$$

$$[\Pi_{MN}] = \begin{bmatrix} \Pi_{11} & \Pi_{12} & \Pi_{12} & & & \\ \Pi_{12} & \Pi_{11} & \Pi_{12} & & & \\ \Pi_{12} & \Pi_{12} & \Pi_{11} & & & \\ & & & \Pi_{44} & & \\ & & & & \Pi_{44} & \\ & & & & & \Pi_{44} \end{bmatrix}$$

$$[P_{MN}] = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{12} & & & \\ P_{12} & P_{11} & s_{12} & & & \\ P_{12} & P_{12} & P_{11} & & & \\ & & & P_{44} & & \\ & & & & P_{44} & \\ & & & & & P_{44} \end{bmatrix}$$

由弹性劲度系数矩阵 C 与弹性顺服系数矩阵 s 之间的互逆关系,以及压光系数矩阵和弹光系数矩

阵与弹性顺服系数矩阵之间所满足的关系 $\Pi_{MN} = P_{MR}S_{RN}$, 可以得到 GaAs 的弹性顺服系数和压光系数, 如表 1 所示.

表 1 GaAs 弹性顺服系数和压光系数

Table 1 The elasticity obedience coefficient and piezo-optical coefficient of GaAs

	11	12	44
$s \times 10^{-12} (\text{m}^2 \cdot \text{N}^{-1})$	11.696	-3.641	16.835
$\Pi \times 10^{-13} (\text{N}^{-1})$	-9.102	-5.267	-12.121
$P (\text{m}^{-2})$	-0.165	-0.140	-0.072

对于热膨胀效应, 由文献[13]可知, 这种温度变化所引起的介质应变是各向同性的, 即同一点的每个方向产生的应变是一样的, 且没有剪应变. 由此可知, 热膨胀效应会引起图 2 模型中 GaAs 介质柱位置和形状的改变, 不过这种位置和形状的改变应是均匀的. 若温度改变量为 ΔT , GaAs 介质的热膨胀系数为^[14] $\alpha = 6.0 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, 则应变表示为

$$S_1 = S_2 = S_3 = \alpha \Delta T, S_4 = S_5 = S_6 = 0$$

由文献[15]可知, 所谓热光效应是指当温度发生改变时晶体折射率发生改变的现象. 若温度变化为 ΔT , 则在一级近似下, 热光效应表示为

$$\Delta \beta^{(0)} = b \Delta T$$

式中, b 为热光系数张量. $\Delta \beta^{(0)}$ 为热光效应引起的逆介电张量的改变量, 它表示为 $\Delta \beta^{(0)} = \beta - \beta_0$, β_0 为常温自由状态时的逆介电张量. 由于在常温自由状态下, GaAs 的介电椭球可以近似看作是一个球体, 因而, 在其主轴坐标系下, GaAs 的折射率椭球方程为 $\beta_0^1 x_1^2 + \beta_0^2 x_2^2 + \beta_0^3 x_3^2 = 1$, 这样, 其逆介电张量 β_0 表示为

$$\beta_0 = \begin{bmatrix} \beta_0^1 & & 0 \\ & \beta_0^2 & \\ 0 & & \beta_0^3 \end{bmatrix}$$

式中 $\beta_0^1 = \beta_0^2 = \beta_0^3 = 1/\epsilon_r$.

由文献[15-16]可知, 属于立方晶系的 GaAs, 其热光系数张量 b 的矩阵表示可以写为

$$[b_{MN}] = \begin{bmatrix} b_{11} & & 0 \\ & b_{11} & \\ 0 & & b_{11} \end{bmatrix}$$

对于 GaAs 的热光系数, 本文采用文献[11]的表述方式, 即

$$b_{11} = \frac{\partial n}{\partial T} = -1.86 \times 10^{-10} T^2 + 3.49 \times 10^{-7} T + 1.47 \times 10^{-4} \quad (\text{K}^{-1})$$

3 计算及结果讨论

对于图 2 的二维光子晶体谐振腔模型的计算作

如下的假定: 首先, 假定该谐振腔只受到了沿 x 和 y 方向正应力的作用, 而不考虑相应剪应力的作用; 其次, 假定谐振腔介质折射率椭球的主轴坐标系与图 2 的坐标系重合; 最后, 假定当谐振腔受到 x 方向正应力的作用时, 这种应力作用会引起 GaAs 柱位置的变化, 但不会引起 GaAs 柱形状的改变以及 GaAs 柱的弹光效应; 而当谐振腔受到 y 方向正应力的作用时, 这种应力作用不但会引起 GaAs 柱位置的变化, 而且也会引起 GaAs 柱形状的改变, 同时, 还会引起 GaAs 柱的弹光效应. 另外, 考虑到谐振腔很小, 因而, 假定模型内各点的温度相同, 且当温度发生改变时, 模型内各点可以很快达到热平衡.

在上述条件下, 当以高斯光束的调制高斯脉冲为入射源时, 我们利用时域有限差分方法计算了谐振腔 TM_y 模的共振峰波长随应力的变化情况, 计算结果如图 3~5 所示. 其中, 图 3 和图 4 的横轴分别为沿 x 、 y 方向的应力变化; 图 5 横轴为应力环境, 即外部应力是同时作用于谐振腔的 x 和 y 方向; 图 3~5 的纵轴为共振峰的波长; 图中的虚线为计算数据的线性拟合曲线.

由图 3 和图 4 的计算数据所得到的线性拟合曲线分别为: $\lambda = -0.0068\sigma_x + 1880.127$ 和 $\lambda = -0.0068\sigma_y +$

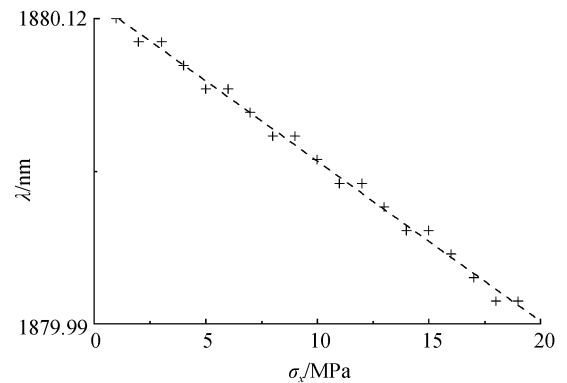


图 3 共振峰波长随 x 方向应力变化
Fig. 3 The formant wavelength changes with x direction stress

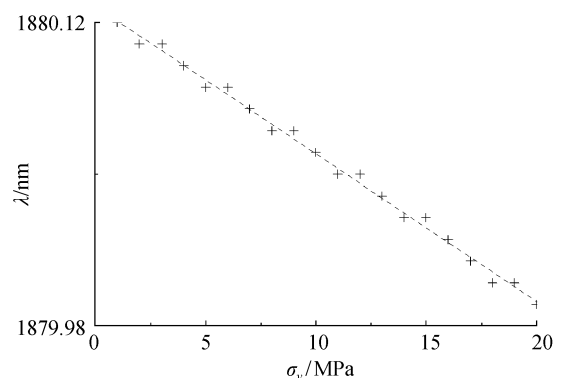


图 4 共振峰波长随 y 方向应力变化
Fig. 4 The formant wavelength changes with y direction stress

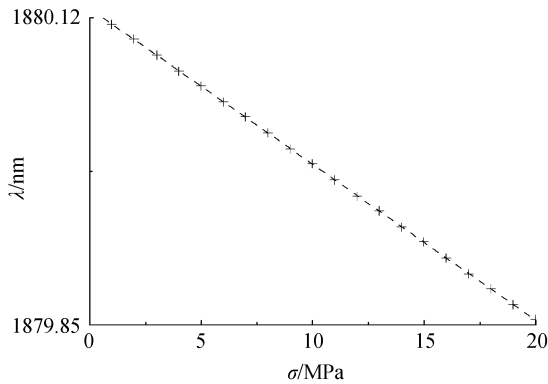


图5 共振峰波长随应力环境变化
Fig. 5 The formant wavelength changes with circumstance stress

1880.127.由图3和图4以及拟合曲线可以看出,谐振腔中共振峰的波长随 x 和 y 方向的应力均为线性变化,且有较好的线性度.同时,由线性拟合曲线的斜率不难发现,无论是沿 x 方向还是沿 y 方向施加应力,谐振腔的灵敏度均为 0.0068 nm/MPa .另外,由图3和图4的计算结果可以看出,共振峰波长随 x 或 y 方向的应力变化时,会出现“阶梯”状的变化关系.产生这一现象的原因是在本文的FDTD计算中,使用了较大的网格划分,从而引起了一定的计算误差.例如,当在某一个方向加入应力时,由于谐振腔沿 x 和 y 方向的应变不同,使得谐振腔的变化不均匀,而大的网格划分又降低了计算的灵敏度.因而,引起了共振波长的“跳跃”式变化.但当应力同时施加于 x 和 y 方向时,谐振腔变化的均匀性以及大的应力变化就会消除这种“跳跃”式的变化.这一点通过图5可以清楚地看到.

图5计算数据给出的线性拟合曲线为: $\lambda = -0.01369\sigma + 1880.1280$.由图5不难看出,谐振腔共振峰的波长随外界应力呈非常好的线性变化.且由线性拟合曲线的斜率可知,谐振腔的灵敏度为 0.01369 nm/MPa .

图6为谐振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长随温

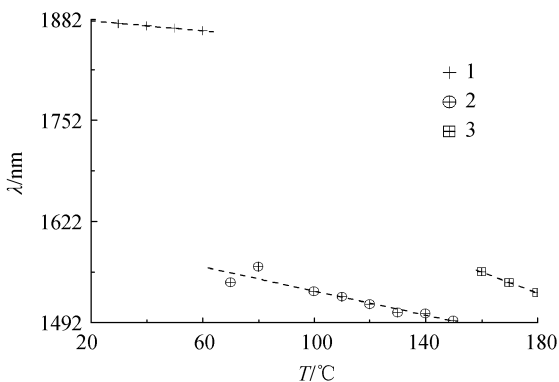


图6 共振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长随温度的变化
Fig. 6 The formant wavelength changes with temperature for TM_y mode

度变化的情况,其中横轴为温度,纵轴为波长.由图6的计算结果不难发现,这种GaAs二维石墨点阵柱状光子晶体谐振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长随温度的变化呈现分段线性的特点,基于这一特点,我们将计算数据分成了三组,如图例中所标注的1、2、3.图中的虚线分别为每组数据的线性拟合曲线.由此可以得到3条拟合曲线的方程分别为

$$\lambda_1 = -0.3T_1 + 1886 \quad T_1 \in [20, 60]$$

$$\lambda_2 = -0.8T_2 + 1610 \quad T_2 \in [70, 150]$$

$$\lambda_3 = -1.4T_3 + 1773 \quad T_3 \in [160, 180]$$

上述3条拟合曲线方程中,因变量波长的单位均为 nm ,自变量温度的单位均为 $^{\circ}\text{C}$.

由图6可以看出,GaAs二维石墨点阵柱状光子晶体谐振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长随温度的变化是近似线性的,其中,温度区间在 $[20, 60]^{\circ}\text{C}$ 和 $[160, 180]^{\circ}\text{C}$ 的数据线性度较好,而温度区间在 $[70, 150]^{\circ}\text{C}$ 的数据线性度较差.由拟合曲线的斜率可以看出,这种二维石墨点阵柱状光子晶体谐振腔 TM_y 模的灵敏度在 $0.3\sim 1.4\text{ nm/}^{\circ}\text{C}$ 之间,这表明这种结构的谐振腔具有较高的温度响应灵敏度.

由图6也可以看出,在这种光子晶体谐振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长随温度的变化过程中,当温度变化到区间 $[60, 70]^{\circ}\text{C}$ 和 $[150, 160]^{\circ}\text{C}$ 时,在这些区间内, TM_y 模共振峰的主峰波长随温度的变化出现了急剧的跳跃,即 TM_y 模共振峰的主峰波长呈现出一种频率开关效应.由图6不难发现,这种频率开关效应的出现是由于当温度达到临界区域时,谐振腔中出现了多共振模结构,且随着温度的增大或减小,其中一组共振模会逐渐衰减,而另一组共振模会逐渐加强,由此形成了这种频率开关效应.

为了更清楚地看到这种频率开关效应,我们给出了图6的三维图,即图7.图7的横轴为温度,单位为 $^{\circ}\text{C}$;纵轴为波长,单位为 nm ; z 轴为光子晶体谐振腔 TM_y 模共振峰的归一化功率谱.由图7可以看出,图中有两组明显区分的功率谱峰值,其中,靠近 1800 nm 的一组功率谱为单模功率谱,而在区间 $[1500, 1600]\text{ nm}$ 之间的一组功率谱为多模功率谱.由图7可以清楚地看到,对于单模功率谱,随着温度的增大,当温度跨越了临界温度区域 $[60, 70]^{\circ}\text{C}$ 时,功率谱峰值会很快衰减,到 80°C 时,功率谱已衰减为零.相反,对于多模功率谱,随着温度的增大,当温度上升到临界温度 60°C 时,会形成一个多模振荡,且随着温度的增加,这种多模功率谱峰值会逐渐加强,且向单模过渡,当温度到达 80°C 时,该多模振荡已逐渐趋向于一个稳定的单模振荡.由此,随着温度的变化,这种光子晶体谐振腔中的共振峰会迅速由一

个频率跳跃到另一个频率,由此完成了频率的开关过程.

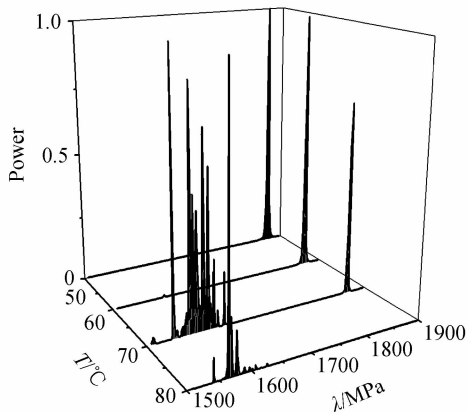


图 7 共振腔 TM_y 模共振峰随波长和温度变化的三维图
Fig. 7 The 3-D picture for the resonant power changing with temperature and wavelength

最后,本文计算了谐振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长随温度和应力同时变化时的情况. 计算结果如图 8 所示. 图 8 横轴表示的是沿谐振腔 x 和 y 方向同时加上应力的情况,其单位为 MPa;纵轴为温度,单位为摄氏度; z 轴为光子晶体谐振腔 TM_y 模共振峰的主峰波长.

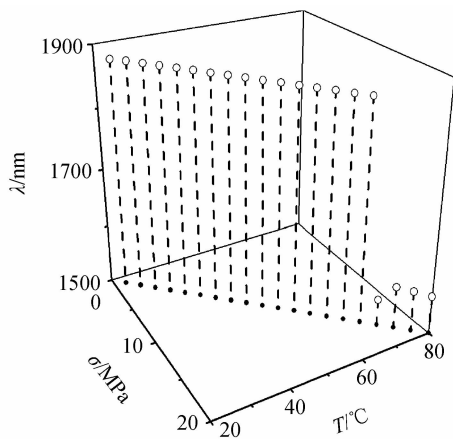


图 8 共振腔 TM_y 模主共振峰波长随应力和温度变化的三维图

Fig. 8 The 3-D picture for the main formant wavelength changing with temperature and stress

由图 8 可以看出,该计算结果正是图 5 和图 6 的综合结果,既随着温度和应力的变化,光子晶体谐振腔 TM_y 模的共振峰主峰波长是线性变化的,当温度到达临界变换温度区域($60\sim 70$) $^{\circ}\text{C}$ 时, TM_y 模共振峰的主峰波长呈现出明显的频率开关效应.

4 结论

通过对 GaAs 石墨点阵柱状光子晶体 TM_y 模能带的计算,构造了一种二维 GaAs 石墨点阵柱状光子晶体谐振腔的模型,利用时域有限差分方法,我们首先计算了这种谐振腔 TM_y 模的共振峰波长随

应力变化的情况,计算结果表明,共振峰的波长随应力呈线性变化趋势,且这种谐振腔的 TM_y 模具有最大 0.01369 nm/MPa 的灵敏度. 当应力单独作用于 x 方向或 y 方向时,谐振腔的应力灵敏度相同. 其次,讨论了这种谐振腔 TM_y 模的共振峰波长随温度变化的情况,结果表明,光子晶体谐振腔的 TM_y 模共振峰的主峰波长随温度的变化呈现出分段线性关系,且这种谐振腔 TM_y 模具有较高的温度灵敏度,在我们的计算范围内,其温度灵敏度最大为 $1.4\text{ nm/}^{\circ}\text{C}$. 同时,在温度变化的临界区域,谐振腔中会出现两组共振模,且随着温度的变化,这两组共振模的主峰值会呈现出相反的变化趋势,从而完成频率开关过程. 最后,讨论了这种谐振腔 TM_y 模的共振峰主峰波长随温度和应力同时变化的情况,结果表明,它是上述两个计算结果的综合情况,既随着温度和应力的变化,谐振腔 TM_y 模的共振峰主峰波长是呈线性变化的,而当温度到达临界变换区时,共振峰的主峰波长又会呈现出明显的频率开关效应.

参考文献

- [1] PRATHER D W, SHI S, MURAKOWSKI J, *et al.* Photonic crystal structures and applications: perspective, overview, and development [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum electronics*, 2006, **12**(6): 1416-1437.
- [2] WANG Hong, OU-YANG Zheng-biao, HAN Yan-ling, *et al.* Influence of spatial profile on lasing threshold of defect modes in a one-dimensional photonic crystal laser[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(1): 95-100.
王宏, 欧阳征标, 韩艳玲, 等. 一维光子晶体激光器中模场的空间分布及其对阈值的影响[J]. *光子学报*, 2008, **37**(1): 95-100.
- [3] HU Shui-long, XU Xu-ming, YU Tian-bao. The single filtering and multiple channeled switches in photonic quantum well structures[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2004, **33**(8): 1004-1006.
胡水龙, 徐旭明, 于天宝. 光子量子阱单滤波、多通道开关[J]. *光子学报*, 2004, **33**(8): 1004-1006.
- [4] HALIM B, TAYEB A D, ABDEL R S, *et al.* Design of elliptical electromagnetic bandgap structures for directive antennas [J]. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2005, **4**(11):93-96.
- [5] SONG B, TAKASHI A, YOSHIHIRO A, *et al.* Multichannel add/drop filter based on in-plane hetero photonic crystals[J]. *Journal of Lightwave Technology*, 2005, **23**(3): 1449-1455.
- [6] ZHANG Sa-sa, WANG Qing-pu, ZHANG Xing-yu, *et al.* Fabricating 2-D polymer photonic crystals by soft lithography technology[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009,**38**(1):54-59.
张飒飒, 王青圃, 张行愚, 等. 二维光子晶体的软平板印刷技术制作研究[J]. *光子学报*, 2009,**38**(1):54-59.
- [7] VODO P, PARIMI P V, LU W T, *et al.* Focusing by planoconcave lens using negative refraction [J]. *Applied Physics Letters*, 2005, **86**(20): 201108-1-3.
- [8] POSANI K T, TRIPATHI V, ANNAMALAI S, *et al.* Nanoscale quantum dot infrared sensors with photonic crystal cavity[J]. *Applied Physics Letters*, 2006, **88**(15): 1104-1106.

- [9] LEE C, JAYARAJ T, CHEN C, *et al.* Si nanophotonics based cantilever sensor[J]. *Applied Physics Letters*, 2008, **93**(11): 113113.
- [10] STOMEIO T, GRANDE M, QUALTIERI A, *et al.* Fabrication of force sensors based on two-dimensional photonic crystal technology [J]. *Microelectronic Engineering*, 2007, **84**(5-8):1450-1453.
- [11] DELLA CORTE F G, COCORULLO G, IODICE M, *et al.* Temperature dependence of the thermo-optic coefficient of InP, GaAs, and SiC from room temperature to 600 K at the wavelength of 1.5 μm [J]. *Applied Physics Letters*, 2000, **77**(11): 1614-1616.
- [12] ZHENG Hong-xing, GE De-biao, WEI Bing. Two dimension anisotropic coated object RCS computed by FDTD algorithm [J]. *Systems Engineering and Electronics*, 2003, **25**(1): 4-6.
- 郑宏兴, 葛德彪, 魏兵. 用 FDTD 方法计算二维各向异性涂层目标的 RCS[J]. *系统工程与电子技术*, 2003, **25**(1): 4-6.
- [13] 陈明祥. 弹塑性力学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [14] 刘恩科, 朱秉升, 罗晋生. 半导体物理学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1994.
- [15] 陈纲, 廖理儿, 郝伟. 晶体物理学基础[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2007.
- [16] NYE J F. Physical properties of crystals [M]. Oxford: Oxford University Press Book, 1960.

TM Mode Characteristics of a Photonic Crystals Resonant Cavity

LI Yan, LI Xiao-li, SHAO Min

(*Science Shool, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China*)

Abstract: A model of two-dimensional photonic band gap structures resonant cavity is proposed made by GaAs pillars in air with graphite lattice. Its TM_y mode formant wavelength changing with stress and temperature is calculated by finite difference time domain method. The results show that no matter what direction for the stress acting on the resonant cavity, there will be a good linear characteristic between the formant wavelength and the stress, the sensitivity responding to stress is 0.013 69 nm/Mpa. Meanwhile, it is found that the sensitivities responding to stress along x and y direction are the same. There is a sectional linear characteristic between the main formant wavelength and temperature for this kind of photonic crystal resonant cavity, and the biggest sensitivity responding to temperature is 1.4 nm/ $^{\circ}\text{C}$. Furthermore, the results show that there is a make-and break key characteristic for the proposed resonant cavity.

Key words: Photonic crystal resonant cavity; Stress; Temperature; Make-and break key