

文章编号: 0258-7025(2006)08-1056-06

含负折射率介质布拉格微腔的缺陷模

蒋美萍^{1,2}, 陈光¹, 陈宪锋², 沈小明², 王旭东², 是度芳^{2,3}

(¹ 南京理工大学材料科学与工程系, 江苏 南京 210094
² 江苏工业学院信息科学系, 江苏 常州 213016; ³ 华中科技大学物理系, 湖北 武汉 430074)

摘要 研究了由正和负两种折射率介质交替排列构成的一维光子晶体布拉格微腔的透射谱和缺陷模性质, 并将传输矩阵各矩阵元在中心频率附近采用泰勒展开并取一级近似, 得到了中心频率附近缺陷模的透射率公式和品质因子公式。研究表明: 一级近似法能很好地解释由于缺陷层厚度变化而引起的中心频率附近缺陷模频率变化的规律, 缺陷模品质因子公式与数值计算结果十分吻合; 处于中心频率处的缺陷模具有较高的品质因子, 增大缺陷层厚度和布拉格镜周期数可提高缺陷模的品质因子。

关键词 物理光学; 缺陷模; 负折射率介质; 布拉格微腔; 品质因子

中图分类号 O 436 文献标识码 A

Defect Mode of Bragg Microcavity Containing Negative Refractive Index Materials

JIANG Mei-ping^{1,2}, CHEN Guang¹, CHEN Xian-feng²,
SHEN Xiao-ming², WANG Xu-dong², SHI Du-fang^{2,3}

¹ Department of Materials Science and Engineering, Nanjing University
of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China

² Department of Information Science, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou, Jiangsu 213016, China

³ Department of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, China

Abstract The transmission spectra and defect mode properties of the one-dimensional (1D) photonic crystal with Bragg microcavity are studied, where the Bragg reflectors are composed of alternately arranged different dielectrics with positive and negative indices. The transfer matrix is expanded in Taylor series near the central frequency, and the formulae of transmission and the quality factor are obtained with the first order approximation. Frequency variance of the defect mode near the central frequency caused by change of the thickness of defect layer material (DLM) can be well explained with the method of the first order approximation. The formula of the quality factor is almost identical with the result of numerical calculation. The quality factor at the central frequency is higher, and increasing defect layer thickness and the number of period can enhance the quality factor of the defect mode.

Key words physical optics; defect mode; negative refractive index material; Bragg microcavity; quality factor

1 引言

同时具有负介电常数 ϵ 和负磁导率 μ 的介质于1968年由 Veselago^[1]首次提出, 这种双负介质称为负折射率介质。电磁波在这种介质中传播时, 能流

密度 S 与波矢 k 的方向相反, 因此 E, H 和 k 之间呈左手关系, 所以这种介质又称为左手系材料(left-handed materials, LHM)。而通常介质的介电常数 ϵ 和磁导率 μ 均大于零, E, H 和 k 之间呈右手关系, 故称为右手系材料(right-handed materials,

收稿日期: 2005-09-12; 收到修改稿日期: 2006-01-23

作者简介: 蒋美萍(1960—), 女, 江苏常州人, 南京理工大学博士研究生, 江苏工业学院副教授。主要从事光学材料和信息光学研究。E-mail: infor@jpu.edu.cn

导师简介: 陈光(1962—), 男, 工学博士, 南京理工大学材料科学与工程系教授, 博士生导师, 主要从事凝固技术与新材料的研究。E-mail: gchen@mail.njust.edu.cn

RHM)。负折射率介质具有许多奇异的物理性质,如折射时不遵守通常的斯涅耳(Snell)定律、反向多普勒(Doppler)频移和逆切连科夫(Cherenkov)辐射等。近年来,已有较多的实验证实了负折射率介质的存在,D. R. Smith等^[2,3]在微波段首次发现用特殊微结构周期排列的复合介质可以得到等效负折射率介质,而 T. J. Yen等^[4~6]则证明了可在红外和光波段得到等效负折射率介质。用负折射率介质可制作完美的消色散透镜^[7]、左手共面波导带通滤波器^[8]和微波光子晶体^[9]等。

随着人们对负折射率介质研究的深入,近年来对由正和负两种折射率介质交替排列构成的光子晶体的性质有了较多的研究^[10~14]。在由正和负两种折射率介质交替排列构成的一维光子晶体中设置一缺陷层,可形成布拉格微腔。本文研究了这种布拉格微腔的透射谱和缺陷模性质,重点分析了缺陷模频率 ω 与缺陷模厚度 d_D 的关系和缺陷模的品质因子,并将传输矩阵各矩阵元在中心频率附近采用泰勒展开并取一级近似,得到了中心频率附近缺陷模的透射率公式和品质因子公式,并以此对数值计算结果给予解释。

2 布拉格微腔模型及相关理论

研究所用 $(RL)^N D^M (LR)^N$ 的布拉格微腔模型如图1所示,其中R表示正折射率介质(RHM),L表示负折射率介质(LHM), N 为RL单元的周期数, M 为缺陷层介质四分之一波片的层数。正折射率介质和负折射率介质的折射率、导纳和厚度分别为 n_R, η_R, d_R 和 $n_L (n_L < 0), \eta_L, d_L$,且有 $n_R d_R = |n_L d_L| = \lambda_0/4, \lambda_0$ 为入射光在真空中的波长。缺陷层介质(DLM)的折射率和导纳分别为 n_D 和 η_D ,厚度 $d_D = M \times (\lambda_0/4n_D)$ 。晶体两外侧介质为空气, $n_{e1} = n_{e2} = n_e, \eta_{e1} = \eta_{e2} = \eta_e$ 。 $(RL)^N D^M (LR)^N$ 结构可等效为一个法布里-珀罗(Fabry-Perot)腔, $(RL)^N$

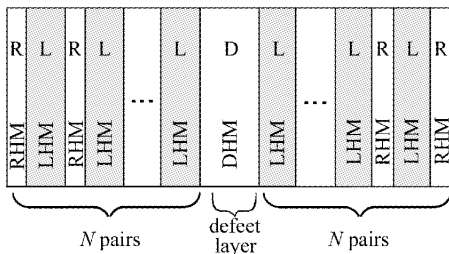


图1 布拉格微腔示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Bragg microcavity

和 $(LR)^N$ 为法布里-珀罗腔的左、右两个反射镜——布拉格镜。

计算图1所示的布拉格微腔透射谱的传输矩阵^[15,16]为

$$T = (T_R T_L)^N T_D (T_L T_R)^N = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}, \quad (1)$$

其中 T_R, T_L, T_D 分别为正折射率介质、负折射率介质和缺陷层介质的传输矩阵。 T_L 可以表示为

$$T_L = \begin{bmatrix} \cos \delta_L & \frac{i}{\eta_L} \sin \delta_L \\ i \eta_L \sin \delta_L & \cos \delta_L \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$\delta_L = \frac{2\pi}{\lambda} n_L d_L \cos \theta_L, \quad \theta_L < 0, \quad (3)$$

$$\eta_L = \begin{cases} \sqrt{\frac{\epsilon_L}{\mu_L}} \cos \theta_L & (\text{TE}) \\ \sqrt{\frac{\epsilon_L}{\mu_L}} \cdot \frac{1}{\cos \theta_L} & (\text{TM}) \end{cases}, \quad (4)$$

其中 $\theta_L, \epsilon_L, \mu_L, n_L = -\sqrt{\epsilon_L \mu_L}$ 分别为负折射率介质的折射角、介电常数、磁导率和折射率,均为负值。正折射率介质和缺陷层介质的传输矩阵与(2)式形式相同,但折射角 θ_R 和 θ_D 均大于零,则透射率为

$$T' = \frac{4\eta_e^2}{|\eta_e a + \eta_e^2 b + c + \eta_e d|^2}. \quad (5)$$

数值计算所用参数为: $N = 5, n_R = 3.58, \mu_R = 1; n_L = -3.00, \mu_{rL} = -1.63, \epsilon_{rL} = -5.52; n_D = 1.50, \mu_{rD} = 1; n_e = 1.00, \mu_{re} = 1$ 。

3 缺陷模频率变化规律的数值计算及理论分析

3.1 $\omega \sim d_D$ 关系的数值计算

设光波垂直入射到图1所示的布拉格微腔,用传输矩阵计算了缺陷层介质厚度取不同值时对称结构 $(RL)^5 D^M (LR)^5$ 的透射谱,如图2(a)所示, $\omega/\omega_0 = 0$ 至 $\omega/\omega_0 \approx 2$ 之间构成了布拉格微腔的第一带隙。图2(a)中插图所示缺陷层介质厚度 $0 \leq d_D \leq 2.5 \times (\lambda_0/4n_D)$,频率 $0.8\omega_0 \leq \omega \leq 2\omega_0$,只要计算过程中取较小的频率间隔和较小的缺陷层介质厚度间隔,则由缺陷层介质厚度改变而引起的缺陷模频率变化是连续的。图2(b)是图2(a)的俯视图,反映缺陷层介质厚度改变时缺陷模频率的变化规律。

从图2可看出,缺陷层介质厚度不同时第一带隙透射谱除缺陷模外均无振荡,在某些厚度 d_D 处,带隙高频侧带边频率有可能大于 $2\omega_0$,如图2

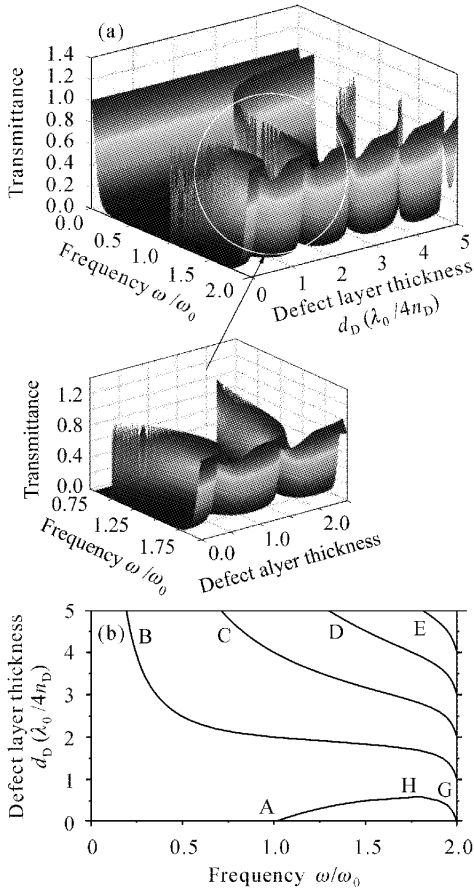


图 2 透射谱和缺陷谱

Fig. 2 Transmission spectra and defect mode

(a) $\omega/\omega_0 = 2$ 处的缺口所示。图 2(b) 曲线 AHG 中, AH 为缺陷模, HG 为第一带隙高频侧带边。从 AHG 可看出, 缺陷层介质厚度从零连续变化到 $d_D = \lambda_0/4n_D$ 时, 缺陷模频率从中心频率 ω_0 处向高频方向移动, 同时带隙高频侧带边向低频方向移动(带边频率小于 $2\omega_0$), 至缺陷层介质厚度为 $d_D \approx 0.58 \times (\lambda_0/4n_D)$ 时缺陷模与带隙高频侧带边在 H 点重合, 缺陷模消失。从曲线 B 可看出, 当缺陷层介质厚度从 $d_D = \lambda_0/4n_D$ 连续增大时, 从高频带边处“长”出一个新的缺陷模, 并随着缺陷层介质厚度的增加向低频方向移动; 至 $d_D = 2 \times (\lambda_0/4n_D)$ 时, 缺陷模移至中心频率 ω_0 处; 继续增大缺陷层介质厚度, 则缺陷模继续向低频方向移动。从曲线 C, D 和 E 可看出, 随着缺陷层介质厚度的增大, 缺陷模不断地从带隙高频侧带边处“长”出, 并向低频方向移动, 而且这些缺陷模都留在第一带隙内。而在此过程中, 带隙低频侧带边始终处于 $\omega/\omega_0 = 0$ 处, 所以随着缺陷层介质厚度的增加, 第一带隙内的缺陷模数量不断增加。

M 取不同整数 ($M \geq 1$) 时布拉格微腔的透射谱

如图 3 所示, 第一带隙内缺陷模数量为 $(M - 1)$ 个。 $M = 1$ 时, $n_D d_D = \lambda_0/4$, 带隙内无缺陷模, 透射谱具有很宽的禁带和较窄的导带。 $M \geq 2$ 时, 除靠近带边的两个缺陷模外, 其余缺陷模带宽均很窄, 且随着缺陷层介质厚度的增加缺陷模线宽更窄, 所有缺陷模的透射率均为 1。 M 为偶数时, 布拉格微腔对中心频率 ω_0 一定满足共振条件, 故 ω_0 处存在缺陷模; M 为奇数时, ω_0 处无缺陷模; M 取不同整数时缺陷模在带隙中关于中心频率镜像对称分布。

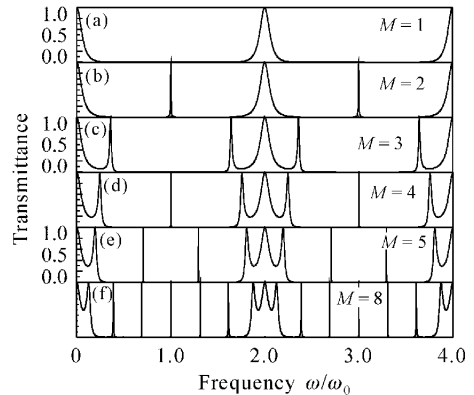


图 3 M 为整数时的透射谱

Fig. 3 Transmission spectra as M is integer

3.2 $\omega \sim d_D$ 关系的理论分析

为研究由缺陷层介质厚度改变而引起的缺陷模频率变化的规律, 可考察 M 为偶数时中心频率 ω_0 附近缺陷模频率的变化。

在中心频率 ω_0 附近, 对入射光波频率引入偏离小量 $\alpha = \frac{\pi}{2} \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$, 则中心频率附近正、负折射率介质的光学厚度分别为 $\delta_R = \frac{2\pi}{\lambda} n_R d_R = \frac{\pi}{2} + \alpha, \delta_L = \frac{2\pi}{\lambda} (-|n_L|) d_L = -(\frac{\pi}{2} + \alpha)$ 。引入描写缺陷层介质厚度变化的小量 x , 中心频率附近缺陷层的物理厚度为 $d_D = \frac{\lambda_0}{4n_D} (M + x), M = 0, 2, 4, 6, \dots$, 则缺陷层介质的光学厚度为 $\delta_D = \frac{2\pi}{\lambda} n_D d_D = M \frac{\pi}{2} + M\alpha + x \frac{\pi}{2}$ 。

对传输矩阵各矩阵元进行泰勒展开, 仅考虑小量 α, x 的一级近似, 忽略高次项(称一级近似法), 则布拉格微腔总的传输矩阵中各矩阵元分别为

$$a = d = (-1)^{M/2},$$

$$b = i(-1)^{M/2} \frac{1}{\eta_D} \left(M\alpha + x \frac{\pi}{2} \right) \left(\frac{\eta_L}{\eta_R} \right)^{2N} -$$

$$i2(-1)^{M/2} \left(\frac{1}{\eta_R} - \frac{1}{\eta_L} \right) \left(\frac{\eta_L}{\eta_R} \right)^N \alpha U_{N-1},$$

$$c = i(-1)^{M/2} \eta_D \left(M\alpha + x \frac{\pi}{2} \right) \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^{2N} -$$

$$i2(-1)^{M/2} (\eta_R - \eta_L) \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^N \alpha U_{N-1},$$

$$M = 0, 2, 4, 6, \dots, \quad (6)$$

式中 $U_N(z)$ 为第二类契比雪夫多项式, $z = \frac{1}{2} \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} + \frac{\eta_L}{\eta_R} \right)$, 当 $\eta_R > \eta_L$ 及 $\left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^{2N} \gg 1$ 时, 透射率为

$$T'' = \frac{4}{4 + F^2}, \quad (7)$$

式中

$$F = \left[M \frac{\eta_D}{\eta_e} \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^{2N} - 2 \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^N \frac{(\eta_R - \eta_L)}{\eta_e} U_{N-1} \right] \alpha +$$

$$\frac{\pi}{2} x \frac{\eta_D}{\eta_e} \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^{2N}, \quad (8)$$

令 $T'' = 0$, 则 $F = 0$, 可得中心频率处 α 与 x 的关系为

$$x = \alpha \left[2 \left(\frac{\eta_L}{\eta_R} \right)^N \frac{(\eta_R - \eta_L)}{\eta_D} U_{N-1} - M \right] / \left(\frac{\pi}{2} \right),$$

$$M = 0, 2, 4, 6, \dots, \quad (9)$$

则

$$\frac{dx}{d\alpha} = \left[2 \left(\frac{\eta_L}{\eta_R} \right)^N \frac{(\eta_R - \eta_L)}{\eta_D} U_{N-1} - M \right] / \left(\frac{\pi}{2} \right), \quad (10)$$

代入各参数, 计算可得不同缺陷层介质厚度 ($M = 0, 2, 4, 6, \dots$) 时的 $dx/d\alpha$, 如图 4 所示。

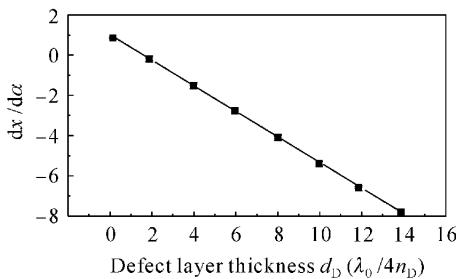


图 4 M 为整数时 $dx/d\alpha$ 与缺陷层介质厚度的关系
Fig. 4 Relationship of $dx/d\alpha$ with thickness of the DLM as M is integer

由图 4 可知, $M = 0$ 时, $dx/d\alpha > 0$, 即中心频率处缺陷模频率随缺陷层介质厚度的增加而增大(向高频方向移动); $M = 2, 4, 6, \dots$ 时, $dx/d\alpha < 0$, 即中心频率处缺陷模频率随缺陷层介质厚度的增加而减小(向低频方向移动)。另外, 由图 4 可知, 当 $M \geq 2$ 时, 随着缺陷层介质厚度的增加, $|dx/d\alpha|$ 线性增大, 说明缺陷层介质的厚度越大, 对应于相同的缺陷层介质厚度改变量 $|dx|$, 缺陷模频率的改变量

$|d\alpha|$ 越小, 即中心频率处缺陷模频率向低频方向移动的速度越慢。对非中心频率处的缺陷模可作同样的讨论, 只是不如中心频率处简便。

从以上讨论可知, 将传输矩阵各矩阵元在中心频率附近采用泰勒展开并取一级近似得到的 $dx/d\alpha$, 可很好地解释随着缺陷层厚度增大中心频率处缺陷模频率变化的规律。

4 缺陷模品质因子的数值计算与理论分析

品质因子定义为 $Q = \omega_D / \Delta\omega$, 其中 $\Delta\omega$ 为缺陷模的半峰全宽 (FWHM), ω_D 为该缺陷模透射率峰值处的频率。

4.1 中心频率处缺陷模的品质因子

用传输矩阵计算了不同缺陷层介质厚度 ($M = 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14$) 时中心频率处缺陷模的品质因子, 如图 5 中“ \times ”所示。图 5 显示, $d_D = 2 \times (\lambda_0/4n_D)$ 时缺陷模品质因子有一极小值。 $d_D > 2 \times (\lambda_0/4n_D)$ 时, 随着缺陷层介质厚度的增加, 品质因子线性增大。

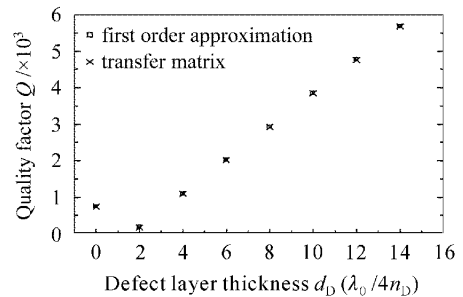


图 5 中心频率处缺陷模的品质因子
Fig. 5 Quality factor of the defect modes at the central frequency

也可以用一级近似法得到品质因子

$$Q = \frac{\pi}{8} \left| M \frac{\eta_D}{\eta_e} \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^{2N} - 2 \left(\frac{\eta_R}{\eta_L} \right)^N \frac{\eta_R - \eta_L}{\eta_e} U_{N-1} \right|, \quad (11)$$

用(11)式计算的不同缺陷层介质厚度时中心频率处缺陷模的品质因子如图 5 中“ \square ”所示。两种方法计算所得的品质因子数值十分吻合, 再一次说明一级近似法是可行的。

4.2 缺陷层介质厚度连续变化时缺陷模的品质因子

计算了缺陷层介质厚度连续变化时图 2(b) 中曲线 B 所示缺陷模的品质因子, 如图 6 中曲线 A 所

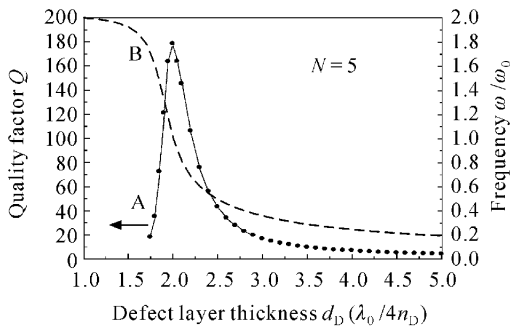


图 6 缺陷层厚度不同时缺陷模的品质因子

Fig. 6 Quality factor of the defect modes with different thickness of the DLM

示。将图 2 中曲线 B 作于图 6 中(曲线 B),以比较缺陷模频率和品质因子。对曲线 B,随着缺陷层介质厚度的增加,缺陷模由带隙高频侧带边“长”出,并逐步向低频方向移动,越接近带隙低频侧带边,缺陷模移动速度越慢,最终将趋于带隙低频侧带边某一极限位置。从图 6 可看出, $d_D = 2 \times (\lambda_0/4n_D)$ 时缺陷模品质因子有一极大值,此时缺陷模正处于中心频率处。当 $d_D > 3 \times (\lambda_0/4n_D)$ 时,缺陷模的品质因子变化趋缓。

4.3 相同缺陷层介质厚度不同周期数时缺陷模的品质因子

取缺陷层介质厚度 $d = 8 \times (\lambda_0/4n)$,则带隙中缺陷模数量为 7 个,计算布拉格镜周期数分别为 $N = 5$ 和 $N = 6$ 时各缺陷模的品质因子,分别如图 7 中曲线 A 和曲线 B 所示。图 7 显示,中心频率处缺陷模品质因子最大,两侧缺陷模的品质因子下降,越接近带边缺陷模品质因子越小。这是因为越靠近带隙边缘处,光子晶体对光子的禁止效果越差,这就使得缺陷模的线宽增大,品质因子下降。从图 7 还可看出,周期数 N 越大,缺陷模的品质因子越大。这是因为周期数 N 越大,缺陷层介质两侧布拉格镜对光

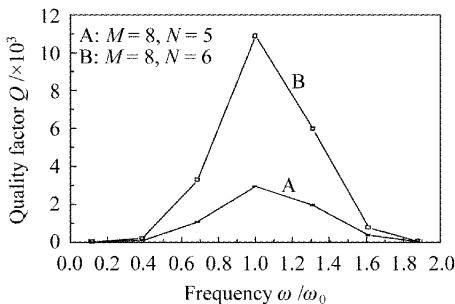


图 7 周期数不同时缺陷模的品质因子

Fig. 7 Quality factor of the defect modes with different number of period

的反射作用就越强,这使得偏离缺陷模峰值处频率的光波被更多地反射,透射率下降,致使缺陷模线宽下降,品质因子提高。

也可以中心频率处缺陷模为例来说明周期数对品质因子的影响,由(11)式可知, $\eta_R > \eta_L$ 且 N 较大时, $Q \propto (\eta_R/\eta_L)^{2N}$,增大周期数 N 可明显提高缺陷模的品质因子。

5 结 论

一级近似法能很好地解释随着缺陷层厚度增大中心频率处缺陷模频率的变化规律,用得到的缺陷模品质因子公式与用传输矩阵法分别计算得到的品质因子数值十分吻合。对透射谱和缺陷模的研究结果还表明:不同厚度时第一带隙透射谱除缺陷模外均无振荡。当缺陷层厚度从零连续变化到 $d_D = \lambda_0/4n_D$ 时,缺陷模的频率从中心频率 ω_0 处向高频方向移动。 $d_D > \lambda_0/4n_D$ 时随着缺陷层厚度的增加缺陷模频率向低频方向移动;且缺陷层厚度每增加 $(\lambda_0/4n_D)$ 就从带隙高频侧带边处“长”出一个新的缺陷模。 M 为整数时,带隙内缺陷模数量为 $(M - 1)$ 个,所有缺陷模的透射率均为 1。 M 为奇(偶)数时,中心频率 ω_0 处均无(有)缺陷模,缺陷模在禁带中对称分布。中心频率处的缺陷模品质因子最大,且随缺陷层厚度 ($M \geq 2$) 和周期数 N 的增大而增大。因此要获得品质因子较高的缺陷模,可选择处于中心频率处的缺陷模,并增大缺陷层厚度和布拉格镜周期数。

参 考 文 献

- 1 V. G. Veselago. The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of ϵ and μ [J]. *Sov. Phys. Usp.*, 1968, **10**(4):509~514
- 2 D. R. Smith, W. J. Padilla, D. C. Vier *et al.*. Composite medium with simultaneously negative permeability and permittivity [J]. *Phys. Rev. Lett.*, 2000, **84**(18):4184~4187
- 3 R. A. Shelby, D. R. Smith, S. Schultz. Experimental verification of a negative index of refraction [J]. *Science*, 2001, **292**(5514):77~79
- 4 T. J. Yen, W. J. Padilla, N. Fang *et al.*. Terahertz magnetic response from artificial materials [J]. *Science*, 2004, **303**(5663):1494~1496
- 5 Stefan Linden, Christian Enkrich, Martin Wegener *et al.*. Magnetic response of metamaterials at 100 terahertz [J]. *Science*, 2004, **306**(5700):1351~1353
- 6 N. C. Panoiu, R. M. Osgood Jr.. Numerical investigation of negative refractive index metamaterials at infrared and optical frequencies [J]. *Opt. Commun.*, 2003, **223**:331~337
- 7 J. B. Pendry. Negative refraction makes a perfect lens [J]. *Phys. Rev. Lett.*, 2000, **85**(18):3966~3969
- 8 F. Falcone, F. Martín, J. Bonache *et al.*. Left handed coplanar waveguide band pass filters based on bi-layer split ring resonators [J]. *IEEE Microw. and Wirel. Comp. Lett.*, 2004, **14**(1):10~12

9 P. Vodo, P. V. Parimi, W. T. Lu *et al.*. Microwave photonic crystal with tailor-made negative refractive index [J]. *Appl. Phys. Lett.*, 2004, **85**(10):1858~1860

10 L. Wu, S. He, L. Chen. On unusual narrow transmission bands for a multi-layered periodic structure containing left-handed materials [J]. *Opt. Express*, 2003, **11**(11):1283~1290

11 J. Gerardin, A. Lakhtakia. Negative index of refraction and distributed Bragg reflectors [J]. *Microw. and Opt. Tech. Lett.*, 2002, **34**(6):409~411

12 R. Ruppin. Bragg reflectors containing left-handed materials [J]. *Microw. and Opt. Tech. Lett.*, 2003, **38**(6):494~495

13 Shen Linfang, He Sailing, Xiao Sanhui. Stability and quality factor of a one-dimensional subwavelength cavity resonator containing a left-handed materials [J]. *Phys. Rev. B*, 2004, **69**(11):115111-1~115111-4

14 Ravi S. Hegde, Herber G. Winful. Transmission properties of periodic nonlinear structures containing left handed materials [J]. *arXiv: Physics*, 2004, 0405040

15 Jiang Meiping, Jiang Xingfang, Shen Xiaoming *et al.*. Study on the polarization property of 1-D photonic crystals [J]. *Chinese J. Quantum Electron.*, 2005, **22**(4):612~616
蒋美萍, 江兴方, 沈小明 等. 一维光子晶体的偏振特性研究[J]. 量子电子学报, 2005, **22**(4):612~616

16 Yang Ligong, Huang Biqin, Ye Hui *et al.*. Analysis of phase and transfer properties of optical waves in negative refractive index medium layers [J]. *Acta Optica Sinica*, 2004, **24**(3):388~392
杨立功, 黄弼勤, 叶 辉 等. 负折射率介质层中光波的相位和传输特性研究[J]. 光学学报, 2004, **24**(3):388~392



第八届全国激光加工学术会议第二轮通知

“第八届全国激光加工学术会议”将于2006年11月25~27日在广州举办,由中国光学学会激光加工专业委员会主办,华南师范大学信息光电子科技学院和广州市光机电工程研究开发中心承办,得到广州瑞通千里激光设备有限公司、浙江博业激光应用技术有限公司、广州优力激光工程中心和广州安特激光技术有限公司支持。

本次会议邀请到7位国际知名专家参加会议并作大会邀请报告,包括:1)英国利物浦大学 William Steen 教授: The Growth of Laser Material Processing as a Science and an Industrial Process; 2)德国斯图加特大学 Friedrich Dausinger 教授: Welding with Strongly Focusable Lasers up to 6 kW; 3)德国汉诺威激光中心主任 Andreas Ostandorf 博士: Laser Micro- and Nanoprocessing Using Short Laser Pulses; 4)法国 CEA/GERAILP Pascal Aubry 博士: Progress in Laser Direct Manufacturing by Laser Metal Deposition and Selective Laser Melting; 5)美国 Nebraska-Lincoln 大学 Lu Yongfeng 教授: Laser Material Processing and Characterization at Micro/Nano-scales; 6)德国 EdgeWave GmbH Du Keming 博士: Micro Material Processing with Diode Pumped Lasers; 7)德国 BIAS Harald Kohn 博士: Laser Cladding-Applications in Germany.

国外代表以英语报告论文,有现场中文翻译。

本次会议已收到国内论文摘要131篇,会议交流论文全文在大会报告之后将由《中国激光》杂志以增刊形式发表(2007年第34卷,《中国激光》增刊论文由EI收录),论文作者需支付相应版面费,由《中国激光》编辑部在会后将论文集寄送给论文作者。所有参会论文将由组委会组织专家评审并送交《中国激光》主编终审。如果稿件不能通过评审与终审,该稿件可以参加大会报告交流但将无法在《中国激光》刊出。本次会议不再出光盘论文集。在论文集出版后,正式登记注册的代表(非论文作者)将由组委会寄送一本论文集。

请于2006年9月30日前将论文全文(论文格式要求详见“中国光学期刊网”《中国激光》投稿模板 www.opticsjournal.net)和详细英文摘要电子版(Word文件格式)发 e-mail 或软盘寄到会议秘书处,过期论文将无法在《中国激光》上统一出版论文集并不予安排会议报告。

组委会将于2006年10月中旬通告会议节目单和会议报告 Power Point 要求。

会议秘书组通讯处(摘要邮寄地址)

地 址:北京清华大学机械工程系激光加工研究中心 邮 编:100084

电 话:(010)62772993,62796466 传 真:(010)62773862,(010)62796466

联 系 人:钟敏霖 教授,e-mail:zhml@tsinghua.edu.cn

会议秘书:张红军 工程师,e-mail:zhhdme@tsinghua.edu.cn,(010)62773858

有关会议详细信息请上中国光学期刊网查询:www.opticsjournal.net