

文章编号:1004-4213(2010)02-0255-5

利用一维电介质-磁光子晶体设计宽带全方向全反镜

强海霞, 蒋立勇, 李相银

(南京理工大学 应用物理系, 南京, 210094)

摘要: 研究了一维电介质-磁光子晶体的全方向全反射镜(简称全反镜). 利用传输矩阵法分析了全反镜的传输特性. 为了获得宽频带全反镜, 利用十进制遗传算法优化全反镜的结构参量, 即层厚度系数与周期数. 设计过程逐步详细阐述. 计算结果表明, 随着参加优化的变量(厚度系数和周期数)数增多, 全反带更宽, 薄膜层数更少、结构总厚度更薄. 最后得到了一个宽带全反镜 $(0.255A0.255B)^5(0.169A0.066B)^8$, 其带宽可达 $1.34\omega_0$, 而薄膜层数大幅降为 26 层, 总厚度仅为 $1.8634\lambda_0$, 结构也非常简单.

关键词: 一维光子晶体; 全方向全反镜; 传输矩阵法; 遗传算法; 磁光子晶体

中图分类号: O411.3

文献标识码: A

doi: 10.3788/gzxb20103902.0255

0 引言

光子带隙^[1-2]具有广泛的应用前景, 其中一维光子晶体全方向全反射镜(简称全反镜)便是一例^[3-7]. 由于一维电介质光子晶体的全方向全反射带(简称全反带)受 TM 波带隙限制而较窄, 很多学者提出了多种展宽方法. 该构造方法主要基于: 线性调节异质结中各个光子晶体的结构参量使它们的全反带基于频域^[8-9]或者入射角域^[10-15]相互衔接进而展宽全反带, 这种方法往往无法进行多个结构参量同时调节, 使得全反镜带宽未能达到最大; 或者利用遗传算法^[16]对各个光子晶体的多个结构参量同时进行非线性优化^[17-19], 使得异质结全反带在频域充分叠加, 该方法将全反带充分展宽而结构大为简化. 遗传算法已经被广泛用来优化设计光子晶体器件并取得了很好的效果^[20-23], 是一种有效的优化设计软件.

近年来, 磁光子晶体的研究也受到了广泛关注^[24-28]. 与一维电介质光子晶体不同的是, 一维磁光子晶体带隙的产生是由于层波阻抗($Z = \sqrt{\mu/\epsilon}$)而非折射率的周期性调制^[26-27], 因此波阻抗比越大越有利于展宽全反带. 同时一维磁光子晶体的全反带仍受结构参量(周期数、晶格常数、填充率等)的影响^[26]. 根据波阻抗调制特性, 欧阳征标等^[28]提出了一种一维电介质-磁光子晶体宽带全反镜. 该全反镜由高介电常数层和高磁导率层周期性组合而成, 由于层与层之间波阻抗比很大, 故全反带很宽. 然而, 像一些一维电介质结构一样^[3-4, 10, 29-31], 这种新型的

全反镜由四分之一波堆组成. 在给定材料介电常数、磁导率和参考波长的情况下, 该结构的填充率和晶格常数均已确定, 使得全反带宽未达到最大值^[32-33]. 如果再将其做成异质结构, 其可调的结构参量甚少, 全反带不能充分展宽. 为进一步展宽全反带, 本文利用十进制遗传算法^[34]优化该种电介质-磁光子晶体全反镜的结构参量(即层厚度系数和周期数), 并基于频域优化其异质结构, 得到了一个厚度薄、层数少、结构简单的宽带全反镜.

1 一维电介质-磁光子晶体全反镜模型和理论方法

如图 1, 全反镜由 n 个一维电介质-磁光子晶体组成. 不考虑材料的吸收, 介电常数和磁导率均为常数. 整个异质结构仅包含两种材料, 分别表示为 A (高介电常数层, 具有较大介电常数 ϵ_a 和较小磁导率 μ_a) 和 B (高磁导率层, 具有较小介电常数 ϵ_b 和较大磁导率 μ_b). 假设第 i 个光子晶体中 A 和 B 的厚度分别表示为 $d_{ia} = \alpha_i \lambda_0 / n_a$ 和 $d_{ib} = \beta_i \lambda_0 / n_b$, 其中 λ_0 为中心波长, n_a 和 n_b 分别为 A 和 B 的折射率, α_i 和 β_i 分别为第 i 个光子晶体中 A 和 B 的厚度系数. 入射介质的介电常数和磁导率分别为 ϵ_0 和 μ_0 , 出射介质的介电常数和磁导率分别为 ϵ'_0 和 μ'_0 . 根据传输矩阵法^[35], 第 i 个光子晶体中 A 的特征矩阵为

$$M_{ia} = \begin{bmatrix} \cos \beta_{ia} & -i \sin \beta_{ia} / p_a \\ -i p_a \sin \beta_{ia} & \cos \beta_{ia} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $\beta_{ia} = (\omega/c) n_a d_{ia} \cos \theta_a$, $p_a = \sqrt{\epsilon_a / \mu_a} \cos \theta_a$ (TE), $p_a = \sqrt{\mu_a / \epsilon_a} \cos \theta_a$ (TM), ω 为入射波的角频率, c 为真空中光速, θ_a 为入射波在 A 中与界面法线

方向的夹角. 同理可得 B 的特征矩阵为 M_{ib} . 假设第 i 个光子晶体的周期数为 p_i , 则整个结构的传输矩阵为

$$M = \prod_{i=1}^n (M_{ia} M_{ib})^{p_i} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

反射率为

$$R = \left| \frac{(m_{11} - m_{12} p'_0) p_0 - (m_{21} + m_{22} p'_0)}{(m_{11} + m_{12} p'_0) p_0 + (m_{21} + m_{22} p'_0)} \right|^2 \quad (3)$$

式中 $p_0 = \sqrt{\epsilon_0/\mu_0} \cos \theta_0$ (TE), $p_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} \cos \theta_0$ (TM), $p'_0 = \sqrt{\epsilon_0/\mu_0} \cos \theta'_0$ (TE), $p'_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0} \cos \theta'_0$ (TM), θ_0 和 θ'_0 分别为入射波的入射角和出射角.

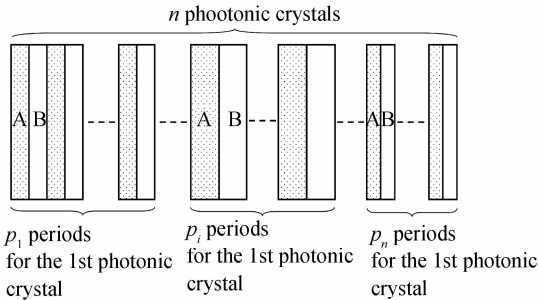


图 1 由 n 个一维电介质-磁光子晶体组成的全反射镜 $(\alpha_1 A \beta_1 B)^{p_1} (\alpha_2 A \beta_2 B)^{p_2} \cdots (\alpha_n A \beta_n B)^{p_n}$ 示意图

Fig. 1 Schematic of the omnidirectional total reflector $(\alpha_1 A \beta_1 B)^{p_1} (\alpha_2 A \beta_2 B)^{p_2} \cdots (\alpha_n A \beta_n B)^{p_n}$ constructed by n one-dimensional dielectric-magnetic photonic crystals

为了增大全反带宽, 利用十进制遗传算法优化上述结构. 与课题组之前工作中使用的二进制遗传算法^[17-19]不同的是, 十进制遗传算法无需编码解码, 计算速度较快, 较为方便. 遗传算法通过调制设计参量(即结构参量: 层厚度系数和周期数)使得全反带宽变大. 首先算法随机生成一套初始可行解也称初始总群 P_0 , 共有 N_c 个初始染色体. 每个染色体包含几个基因段(一个光子晶体有三个基因段, 则整个结构有 $n \times 3$ 个基因段). 每个基因段表示一个决策变量值(即 $\alpha_1, \beta_1, p_1, \alpha_2, \beta_2, p_2, \cdots, \alpha_n, \beta_n$ 和 p_n 其中之一). 接着无需编码, 直接根据目标函数对所有染色体进行评估即计算染色体适应度值. 本文的目标是通过优化结构参量使得全反射镜的反射率对于一定频率范围内所有频率 ω_{r_i} ($i = 1, 2, \cdots, 501$, $\omega_{r_i} = (i-1)\omega_0/250$, 其中 ω_0 表示入射波中心角频率)的入射波在任意入射角 θ_j ($j = 1, 2, \cdots, 90, \theta_j = (j-1)^\circ$) 和任意极化状态下达到最大值, 因此目标函数可表示为

$$F_{\text{bw}} = \omega_0 \sum_{i=1}^{501} B(\omega_{r_i}) / 250 \quad (4)$$

式中

$$B(\omega_{r_i}) = \begin{cases} 1, & R(\omega_{r_i}, \theta_j) \geq R_{\text{ref}} \\ 0, & R(\omega_{r_i}, \theta_j) < R_{\text{ref}} \end{cases}$$

(对任意入射角 θ_j 和极化波) (5)

式中 R_{ref} 为参考反射率, 这里取 99.5%. 当 $R(\omega_{r_i}, \theta_j) \geq R_{\text{ref}}$ (对任意入射角 θ_j 和极化波), 入射波被全部反射. 所以式(4)也表示绝对全反带宽.

然后该算法利用三个遗传算子进行种群的进化. 选择算子从初始种群 P_0 中随机成对选择染色体, 将适应度值高的保留到下一代种群 P_s . 本文按照轮盘赌选择策略进行选择操作. 交叉算子从 P_s 中随机成对选择父代染色体以交叉概率 p_m 进行交配生成后代. 经过交叉操作, 得到种群 P_{sc} . 算法以预先设定的变异概率 p_m 在不同染色体中产生自发随机变化. 变异后生成种群 P_{sem} .

算法评估新种群, 再进行选择、交叉、变异操作, 如此反复直到满足算法终止条件为止. 最后最佳个体提供全局最优解. 值得注意的是, p_c 和 p_m 是遗传算法中两个重要参量. 为使计算效率尽可能高以及计算结果尽可能有效, p_c 和 p_m 值的选取至关重要. 大量数值计算表明, p_c 一般位于 0.6~0.9, p_m 一般位于 0.001~0.1 较为合适. 这里, 取 $p_c = 0.9$, $p_m = 0.005$. 此外考虑到计算精度和速度, 令 $N_c = 200$, $N_G = 36$ (如有变化则另说明).

2 数值结果和讨论

整个计算过程中材料参量取 $\epsilon_a = 5.29$, $\mu_a = 1$, $\epsilon_b = 1.5$, $\mu_b = 4.17$, $\epsilon_0 = 1$, $\mu_0 = 1$, $\epsilon'_0 = 1$, $\mu'_0 = 1$ ^[28]. 由于优化前模型均未知, 每一个光子晶体的层厚度系数和周期数的搜索范围必须预先给定. 从实际应用角度考虑, 薄膜层不宜过厚, 否则将导致层与层之间以及层与衬底之间的应变, 因此 α_i ($i = 1, 2, \cdots, n$) 和 β_i ($i = 1, 2, \cdots, n$) 的范围取为 0~0.300. 另外, 为确定周期数的搜索范围, 图 2 给出了单个光子晶体 $(\alpha A \beta B)^p$ 的全反带和薄膜层周期数的关系曲线, 图

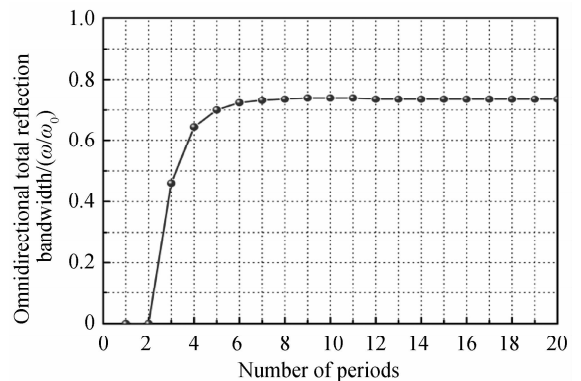


图 2 一维电介质-磁光子晶体结构的全反带宽随周期数变化关系

Fig. 2 Dependence of the omnidirectional total reflection bandwidth on different numbers of periods for one one-dimensional dielectric-magnetic photonic crystal structure

中 $\alpha = 0.25, \beta = 0.25$, 即该光子晶体 $(0.25A 0.25B)^p$ 为四分之一波堆结构. 从图中可以看出, 随着周期数的增加, 全反带宽起初是单调递增的; 当周期数超过 12 时, 便趋于稳定. 众所周知, 对于一个有限多层膜结构来说, 周期数越大, 全反带越宽; 当周期数趋于无穷大时, 多层膜结构的反射率趋于 1, 带宽达到最大. 因此考虑实际应用性, 本文结构中每个光子晶体的周期数 $p_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 范围取为 1~15.

在第一个算例 Project_1 中, 作为试验性算例, 利用遗传算法优化了 $(\alpha A \beta B)^{15}$ 的全反带. 这里周期 $p = 15$, 则优化变量仅为层厚度系数 α 和 β . 图 3 给出了该结构的全反带宽随进化代数的搜索过程图. 如图 3(a), 算法进行到第 5 代时得到了最优设计, 即 $\alpha = 0.176, \beta = 0.173, p = 15$, 表示为 $(0.176A 0.173B)^{15}$, 其反射谱如图 4(a). 图 4 中横坐标表示入射波入射角, 纵坐标表示入射波相对于中心频率的归一化频率, 右侧色条表示反射率变化范围为 0~0.995, 双向箭头所指范围即为全反带(图 5(a)和

(b)的坐标轴、色条和双向箭头所表示的含义均与图 4(a)相同). 从图中可以看出, 全反带宽为 $1.052\omega_0$, 明显大于图 2 中四分之一波堆周期数为 15 时的结果. 至此可以猜想如果将多个类似于这样的非四分之一波堆堆叠组合成异质结构, 基于频域叠加的方法, 利用遗传算法优化该结构将会得到很宽的全反带.

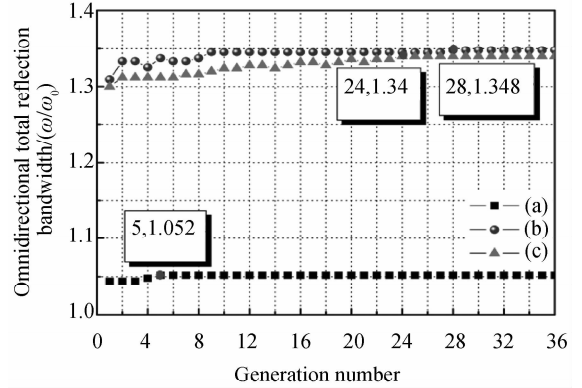


图 3 不同算例的搜索过程

Fig. 3 Statistic information on the searching process for different projects

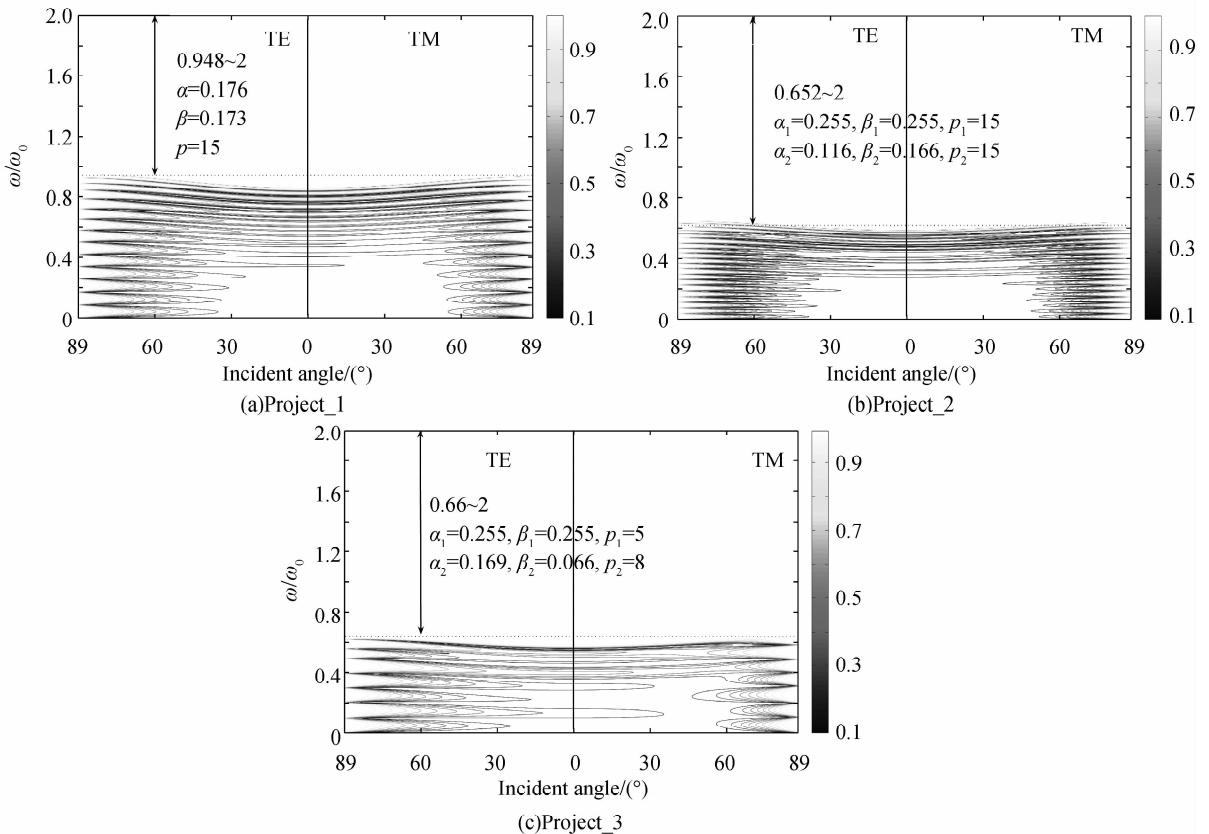


图 4 全反带图

Fig. 4 Omnidirectional total reflection band

在 Project_2 中, 以两个光子晶体组合成一个异质结构 $(\alpha_1 A \beta_1 B)^{p_1} (\alpha_2 A \beta_2 B)^{p_2}$ 为例, 先假设 $p_1 = p_2 = 15$. 由于该算例中相对复杂的计算(即四个变量 $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2$ 和 β_2 参与优化), 故设初始种群数 N_c

$= 300$. 由图 3(b)可知, 算法进行到第 28 代时得到了最优结构 $(0.255A 0.255B)^{15} (0.116A 0.166B)^{15}$. 图 5 给出了该结构的反射谱, 从该图中可看出全反带范围为 $0.652 \sim 2$, 带宽达到了 $1.348\omega_0$. 最后计算

该结构的总厚度为 $4.9456\lambda_0$.

从 Project_2 所得结果来看,尽管全反带增宽了,但该结构总厚度较大,且层数较多,不利于实际制备.在 Project_3 中,优化了结构 $(\alpha_1 A\beta_1 B)^{p_1} (\alpha_2 A\beta_2 B)^{p_2}$.如图 3(c),该结构在算法进化到第 24 代时得到了最优设计组合 $(0.255A0.255B)^5 (0.169A0.066B)^8$,其全反带宽为 $1.34\omega_0$.由图 4(c)可以看出,该结构的全反带范围为 $0.66\omega_0 \sim 2\omega_0$,略低于 Project_2 的结果.而该结构的薄膜总层数为 26,且厚度仅为 $1.8634\lambda_0$,较 Project_2 中异质结的层数和厚度大幅下降.图 5 为该结构的三维反射图,图中 x 坐标轴表示入射角, y 坐标轴表示归一化频率, z 坐标轴表示反射率.该图很直观地显示了最优结果的宽带特征.此外与课题组之前工作中的准周期电介质异质结构^[17-19]相比,说明磁层的加入有利于全反镜性能的提高.

根据阻抗匹配原理,当两种介质分界面的波阻抗相等时,两种介质间的波阻抗匹配度最好,此时将产生最大的透射能流.由于异质结构和周围介质之间的阻抗匹配受异质结构众多参量(如周期数、晶格常数、和填充率等)影响,并且参量越多可调性越好,因此当参与优化的变量增多时,遗传算法有可能通过各个参量的合理使得异质结构表面和周围介质间的阻抗匹配度越来越差,从而使得全反带越来越宽^[18].

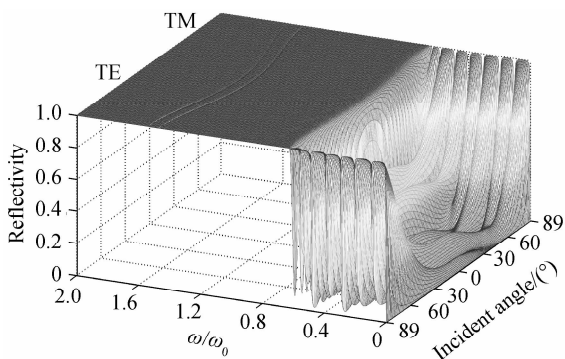


图 5 Project_3: $(\alpha_1 A\beta_1 B)^{p_1} (\alpha_2 A\beta_2 B)^{p_2}$ 的全反带三维图
Fig. 5 Three-dimensional plot of the omnidirectional total reflection band for Project_3 $(\alpha_1 A\beta_1 B)^{p_1} (\alpha_2 A\beta_2 B)^{p_2}$

3 结论

利用十进制遗传算法设计了基于一维电介质-磁光子晶体的宽带全方向全反射镜.计算结果表明:周期数相同的情况下非四分之一波堆结构的全反带宽大于四分之一波堆结构;将两个光子晶体组合成异质结构,随着参加优化的变量(层厚度系数和周期数)数的增多,全反镜性能更优.最后得到了一个宽带全反镜,其带宽可达 $1.34\omega_0$,而薄膜层仅有 26

层,厚度仅为 $1.8634\lambda_0$,说明遗传算法非常适合于设计性能较优的全反镜.此外遗传算法不仅适用于设计如本文中的一维结构,同样适用于二维和三维结构,是一种高效的光学设计工具.

参考文献

- [1] YABLONOVITCH E. Inhibited spontaneous emission solid-state physics and electronics[J]. *Phys Rev Lett*, 1987, **58**(20): 2059-2062.
- [2] JOHN S. Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices[J]. *Phys Rev Lett*, 1987, **58**(23): 2486-2489.
- [3] WINN J N, FINK Y, FAN S H, *et al.* Omnidirectional reflection from a one-dimensional photonic crystal[J]. *Opt Lett*, 1988, **23**(20): 1573-1575.
- [4] FINK Y, WINN J N, FAN S H, *et al.* A dielectric omnidirectional reflector[J]. *Science*, 1998, **282**(27): 1679-1682.
- [5] BRIA D, DJAFARI-ROUHANI B, EI DOUDOUTI E H, *et al.* Ominidirectional optical mirror in a cladded-superlattice structure[J]. *J Appl Phys*, 2002, **91**(5): 2569-2572.
- [6] PARK Y, ROH Y G, CHO C O, *et al.* GaAs-based near-infrared omnidirectional reflector[J]. *Appl Phys Lett*, 2003, **82**(17): 2770-2772.
- [7] ZHANG Ling, LIANG Liang, ZHANG Lin-li, *et al.* Study of band-structure of 1-D photonic crystal[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(9): 1815-1818.
张玲, 梁良, 张琳丽, 等. 一维光子晶体带隙结构研究[J]. *光子学报*, 2008, **37**(9): 1815-1818.
- [8] WANG X, HU X H, LI Y Z, *et al.* Enlargement of omnidirectional total reflection frequency range in one-dimensional photonic crystals by using photonic heterostructures[J]. *Appl Phys Lett*, 2002, **80**(23): 4291-4293.
- [9] ZHAO Da-peng, SHI Jia-ming, WANG Jia-chun, *et al.* Design on a dual-band omnidirectional reflector of MW IR and LW IR[J]. *Laser & Infrared*, 2008, **38**(5): 454-457.
赵大鹏, 时家明, 汪家春, 等. 中长波红外双波段全向反射镜的设计[J]. *激光与红外*, 2008, **38**(5): 454-457.
- [10] LI X, XUE W, JIANG Y R, *et al.* Optimized design and experiment of one-dimensional omnidirectional reflector using P-wave angle domain compensated overlapping method[J]. *Chinese Opt Lett*, 2007, **5**(11): 665-667.
- [11] HUANG B Q, GU P F. Experiment verification of photonic band-gap extension of one-dimensional photonic crystals based on incident angle domain[C]. Wuhan, *SPIE*, 2004, **5280**(143): 143-147.
- [12] HUANG B Q, GU P F, YANG L G. Construction of one-dimensional photonic crystals based on the incident angle domain[J]. *Phys Rev E*, 2003, **68**(4): 046601.
- [13] HUANG Bi-qin, GU Pei-fu. Extension of one-dimensional photonic crystal's band gap[J]. *Acta Optica Sinica*, 2003, **23**(12): 1497-1501.
黄弼勤, 顾培夫. 一维光子晶体禁带的展宽[J]. *光学学报*, 2003, **23**(12): 1497-1501.
- [14] YE Hong-gang, CHEN Guang-de. Omnidirectional reflector of combined one-dimensional photonic crystals [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2005, **34**(8): 1245-1249.
耶红刚, 陈光德. 组合一维光子晶体全能反射器[J]. *光子学报*, 2005, **34**(8): 1245-1249.
- [15] HAN P, WANG H Z. Criterion of omnidirectional reflection in a one-dimensional photonic heterostructure[J]. *J Opt Soc*

- Am B*, 2005, **22**(7):1571-1575.
- [16] HOLLAND J. Adaptation in natural and artificial systems [M]. Michigan:University of Michigan Press,1975.
- [17] JIANG L Y, ZHENG G G, SHI L X, *et al.* Broad omnidirectional reflector design for optical telecommunications band using genetic algorithm[J]. *Jpn J Appl Phys*, 2008, **47**(8):6333-6336.
- [18] JIANG L Y, ZHENG G G, SHI L X, *et al.* Broad omnidirectional reflectors design using genetic algorithm[J]. *Opt Commun*, 2008, **281**(19):4882-4888.
- [19] JIANG L Y, ZHENG G G, DONG Q Y, *et al.* Application of genetic algorithm to the design of omnidirectional reflectors in visible region[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2009, **38**(6):1432-1437.
- [20] LI D G, WATSON A C. Genetic algorithms in optical thin film optimization design[C]. New Delhi: *IEEE Press*, 1999:86.
- [21] SHEN L F, YE Z, HE S L. Design of two-dimensional photonic crystals with large absolute band gaps using a genetic algorithm[J]. *Phys Rev B*, 2003, **68**(3):035109.
- [22] SANCHIS L, HÅKANSSON A, LÓPEZ-ZANÓN D, *et al.* Integrated optical devices design by genetic algorithm [J]. *Appl Phys Lett*, 2004, **84**(22):4460-4462.
- [23] DRUPP R P, BOSSARD J A, WERNER D H, *et al.* Single-layer multiband infrared metalodielectric photonic crystals designed by genetic algorithm optimization[J]. *Appl Phys Lett*, 2005, **86**(8):081102.
- [24] SIGALAS M M, SOUKOULIS C M, BISWAS R, *et al.* Effect of the magnetic permeability on photonic band gaps[J]. *Phys Rev B*, 1997, **56**(3):959-962.
- [25] LYUBCHANSKII I L, DADOENKOVA N N, LYUBCHANSKII M I, *et al.* Magnetic photonic crystals[J]. *J Phys D Appl Phys*, 2003, **36**(18):R277-R287.
- [26] KEE C S, KIM J E, PARK H Y. Omnidirectional reflection bands of one-dimensional magnetic photonic crystals[J]. *J Opt A-Pure Appl Opt*, 2004, **6**(12):1086-1088.
- [27] WANG Z N, LIU D H. A few points on omnidirectional band gaps in one-dimensional photonic crystals[J]. *Appl Phys B-Lasers O*, 2007, **86**(3):473-476.
- [28] OUYANG Z B, MAO D P, LIU C P, *et al.* Photonic structures based on dielectric and magnetic one dimensional photonic crystals for wide omnidirectional total reflection[J]. *J Opt Soc Am B*, 2008, **25**(3):297-301.
- [29] SOUTHWELL W H. Omnidirectional mirror design with quarter-wave dielectric stacks[J]. *Appl Opt*, 1999, **38**(25):5464-5467.
- [30] KIM S H, HWANGBO C K. Design of omnidirectional high reflectors with quarter-wave dielectric stacks for optical telecommunication bands[J]. *Appl Opt*, 2002, **41**(16):3187-3192.
- [31] WU Dong-sheng, LIU Xu, LI Hai-feng. Omnidirectional reflector based on $\lambda/4$ film stack[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2002, **31**(12):360-362.
武东升, 刘旭, 李海峰. 基于 $\lambda/4$ 膜系的全角度反射镜[J]. *光子学报*, 2002, **31**(12):360-362.
- [32] YONTE T, MONZON J J, FELIPE A, *et al.* Optimizing omnidirectional reflection by multilayer mirrors[J]. *J Opt A: Pure Appl Opt*, 2004, **6**(1):127-131.
- [33] AWASTHI S K, MALAVIYA U, OJHA S P. Enhancement of omnidirectional total-reflection wavelength range by using one-dimensional ternary photonic bandgap material[J]. *J Opt Soc Am B*, 2006, **23**(12):2566-2571.
- [34] BOOZARJOMEHRY R B, MASOORI M. Which method is better for the kinetic modeling: decimal encoded or binary genetic algorithm? [J]. *Chem Eng J*, 2007, **130**(1):29-37.
- [35] BORN M, WOLF E. Principles of optics, 6th ed[M]. Oxford, London: Pergamon Press, 1980:67-90.

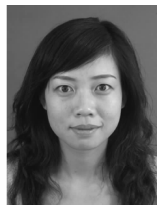
A Broad Omnidirectional Total Reflector Designed by One-dimensional Dielectric-magnetic Photonic Crystals

QIANG Hai-xia, JIANG Li-yong, LI Xiang-yin

(Department of Physics, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: The omnidirectional total reflectors based on one-dimensional dielectric and magnetic photonic crystals were investigated in this paper. The transmission matrix method was adopted to analyze the transmission properties of such reflectors. In order to obtain broad omnidirectional total reflection bandwidth, the decimal Genetic algorithm was used to optimize their structural parameters including the thickness ratios of the layers and the numbers of periods. The calculation results show that, with the more parameters (including the number of periods and the thickness ratios of the layers) participating in the optimization, the omnidirectional total reflection band becomes wider, the number of the layers becomes less, and the total thickness of the whole structure becomes thinner. Finally, an optimal design described as $(0.255A_0, 255B)^5 (0.169A_0, 066B)^8$ is obtained. The omnidirectional total reflection bandwidth can reach to $1.34\omega_0$, the number of the layers is just 26, and the whole thickness is just $1.8634\lambda_0$. The whole structure is very simple.

Key words: One-dimensional photonic crystal; Omnidirectional total reflector; Transmission matrix method; Genetic algorithm; Magnetic photonic crystal



QIANG Hai-xia was born in 1982. She is working for her Ph. D. in Nanjing University of Science & Technology. Her research interests focus on magnetic photonic crystals, optical device design and surface plasmon.