

光在按特殊准晶方式排列的 媒质中的传播

杨湘波

(广东工业大学数理系, 广州 510090;

华南理工大学物理系, 广州 510641)

刘有延

(华南理工大学物理系, 广州 510641)

(1997 年 8 月 25 日收到; 1997 年 12 月 8 日收到修改稿)

简单介绍 Fibonacci-class 准晶(FC(n))的结构特性, 利用电场理论和二阶单位模矩阵的特殊性质, 研究了光在按 FC(n) 准晶链排列的多层介质膜中传播时的光透射性质, 发现 FC($2m$) 的透射系数具有开关性质, FC($2m+1$) 的透射系数具有六循环性质, 它们的最大值在 $\pi(1/2 \pm k)$ 附近具有有趣的性质.

PACC: 7890

1 引 言

自从 Schechtman 等人^[1]在实验上发现准晶这种特殊结构的固态物质以来, 数学家、物理学家们对准晶的电子性质、光学性质、磁学性质等进行了广泛的研究, 并从理论上构造了许多准晶的一维、二维、三维模型, 以探讨它们的物理规律. 如 Fibonacci 模型^[2]、Penrose 模型^[3]、广义 Fibonacci 模型^[4]、互生长 (intergrowth sequence) 模型^[5]、SML 三元准周期模型^[6]等. 但是, 一种排列是准周期还是非周期, 能否用高维投影法得到, 是一个重要的判别法. 上述准晶中, 能严格用高维投影法得到的排列只有 Fibonacci 模型和互生长模型两种. 后经傅秀军、刘有延等人的进一步研究, 构造出了包括一维 Fibonacci 准晶链模型 FC(1) 和互生长模型 FC(2) 在内的一类能用严格的高维投影法得到的准晶类一维 Fibonacci-class 准晶(1DFC(n))^[7].

Kohmoto 等人^[8]用电场理论和二阶单位模矩阵的特殊性质, 研究了通过按 FC(1) 排列的多层介质膜光的透射系数的规律. 1994 年 Gellermann 等人^[9]用 SiO₂ 和 TiO₂ 材料实验验证了 FC(1) 第九代共 55 层的情况, 实验结果与理论值符合得很好. Huang 等人^[10]研究了按互生长模型 FC(2) 排列的光的透射系数的性质. 按 FC(n) 排列光的透射性质如何, 目前为止还未见报道. 本文详细地研究了该类准晶的光的透射系数、垂直入射时的开关性质和 θ 角为 1.5π 附近的循环性质、透射峰规律等.

2 $FC(n)$ 的构造

如图 1 所示, 构造一个以 X 轴和 Y 轴为边的二维正方晶格点阵, 选取一条与 X 轴夹角为 $\alpha^{[7]}$, 且

$$\tan \alpha = \frac{1}{2}(\sqrt{n^2 + 4} - n) = \frac{1}{n + \frac{1}{n + \frac{1}{n + \dots}}} \quad (1)$$

的斜线为投影轴, 称为物理空间, 把与之垂直的轴称为赝空间. 选择物理空间所穿过的晶

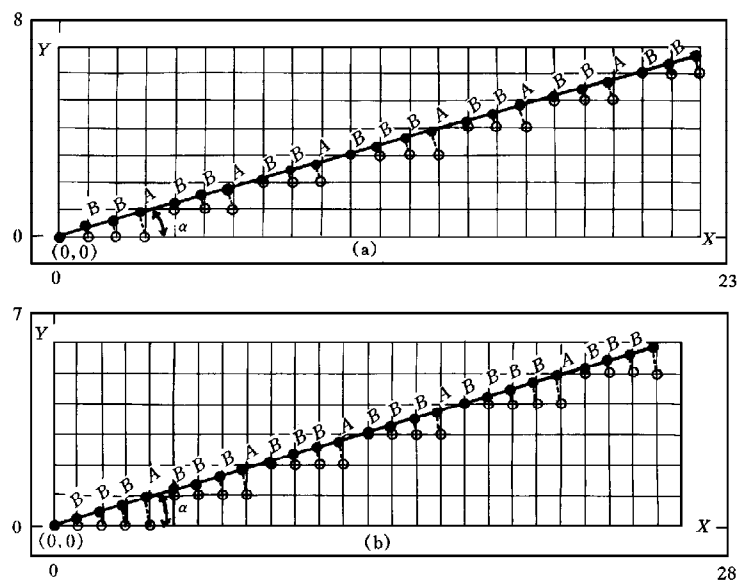


图 1 $FC(n)$ 准晶高维投影法构造方法 (a) 为 $FC(3)$ 准晶, 投影轴与 X 轴的倾角满足 $\tan \alpha = (\sqrt{13} - 3)/2$; (b) 为 $FC(4)$ 准晶, 投影轴与 X 轴的倾角满足 $\tan \alpha = \sqrt{5} - 2$

胞右下角的点为投影点向投影轴投影, 若该晶胞右上角的点也是投影点, 则该晶胞右下角的点不参加投影, 将在投影轴上得到一个由长短两种线段构成的一维点阵, 此即一维 $FC(n)$ 点阵. 每一点到原点的距离为

$$L_N = N \cos \alpha + \sin \alpha \lfloor N \tan \alpha \rfloor, \quad (2)$$

其中 $\lfloor x \rfloor$ 表示对 x 取整. 每一条长线段的长度为

$$L_A = \cos \alpha + \sin \alpha, \quad (3a)$$

每一条短线段的长度为

$$L_B = \cos \alpha, \quad (3b)$$

短线段的长度与长、短线段的长度之差的比为

$$\sigma = (L_A - L_B) / L_B = \tan \alpha, \quad (4)$$

其生长规律为: $B \rightarrow B^{n-1}A$, $A \rightarrow B^{n-1}AB$, 若第一代为 $F_1 \equiv B$, 则第二代为 $F_2 \equiv B^{n-1}A$, 第 k 代为 $F_k \equiv F_{k-1}^n F_{k-2}$ ($k \geq 3$).

3 光的透射性质研究

3.1 光在少层媒质中的传播矩阵

光在如图 2 所示的 AB 媒质中传播时, A 层中光的电场为^[8]

$$E = E_A^{(1)} \exp[i(\mathbf{k}_A^{(1)} \mathbf{x} - \omega t)] + E_A^{(2)} \exp[-i(\mathbf{k}_A^{(2)} \mathbf{x} - \omega t)], \quad (5)$$

B 层中光的电场为

$$E = E_B^{(1)} \exp[i(\mathbf{k}_B^{(1)} \mathbf{x} - \omega t)] + E_B^{(2)} \exp[-i(\mathbf{k}_B^{(2)} \mathbf{x} - \omega t)], \quad (6)$$

其中 $\mathbf{k}$ 为波矢, ω 为角频率. 由电动力学理论可知: 在边界处, $\mathbf{x} = 0$, 则

$$E_A^{(1)} + E_A^{(2)} = E_B^{(1)} + E_B^{(2)}, \quad (7)$$

$$n_A \cos \delta_A (E_A^{(1)} - E_A^{(2)}) = n_B \cos \delta_B (E_B^{(1)} - E_B^{(2)}), \quad (8)$$

其中 n_A, n_B 分别为 A, B 媒质的折射率, δ_A, δ_B 分别为光在 A, B 媒质中的入射角. 令

$$E_+ = E_1 + E_2, \quad E_- = -i(E_1 - E_2), \quad (9)$$

则

$$E_{A+} = E_{A1} + E_{A2}, \quad E_{A-} = -i(E_{A1} - E_{A2}), \quad (10a)$$

$$E_{B+} = E_{B1} + E_{B2}, \quad E_{B-} = -i(E_{B1} - E_{B2}), \quad (10b)$$

衔接条件可用矩阵表示为

$$\begin{pmatrix} E_{A+} \\ E_{A-} \end{pmatrix} = T_{AB} \begin{pmatrix} E_{B+} \\ E_{B-} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

将(7), (8), (10a), (10b)式代入(11)式, 得

$$T_{AB} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_B \cos \delta_B}{n_A \cos \delta_A} \end{pmatrix}, \quad (12)$$

同理可得

$$T_{BA} = T_{AB}^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_A \cos \delta_A}{n_B \cos \delta_B} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

(12)和(13)式分别表示光由 $A(B)$ 媒质到 $B(A)$ 媒质的传播矩阵.

当光在如图 3 所示的同种媒质中传播时, 若传播的垂直距离为 d_A 时, 则透射光和反射光的电场分别为

$$E'_{A1} = E_{A1} \exp(ik n_A d_A \cos \delta_A), \quad (14)$$

$$E'_{A2} = E_{A2} \exp(-ik n_A d_A \cos \delta_A). \quad (15)$$

由电动力学理论同理可求出光在 $A(B)$ 同种媒质中的传播矩阵:

$$\begin{pmatrix} E_{A+}' \\ E_{A-}' \end{pmatrix} = T_A \begin{pmatrix} E_{A+} \\ E_{A-} \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} E_{B+}' \\ E_{B-}' \end{pmatrix} = T_B \begin{pmatrix} E_{B+} \\ E_{B-} \end{pmatrix}, \quad (16)$$

$$T_A = \begin{pmatrix} \cos \theta_A & -\sin \theta_A \\ \sin \theta_A & \cos \theta_A \end{pmatrix}, \quad \theta_A = \frac{n_A d_A k}{\cos \delta_A}, \quad (17)$$

$$T_B = \begin{pmatrix} \cos \theta_B & -\sin \theta_B \\ \sin \theta_B & \cos \theta_B \end{pmatrix}, \quad \theta_B = \frac{n_B d_B k}{\cos \delta_B}. \quad (18)$$

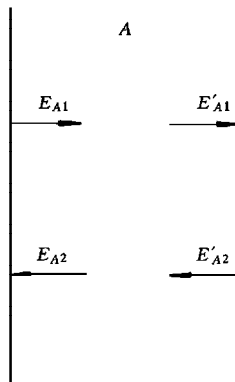
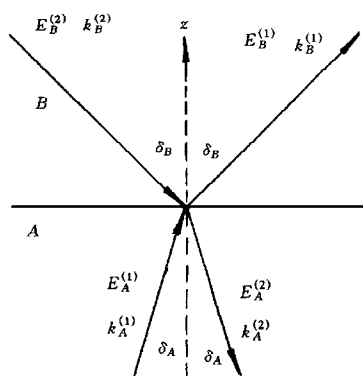


图 2 光的电场强度矢量在 AB 媒质界面处的分布图

图 3 光在同种媒质中传播时电场强度矢量分布图

3.2 光在多层媒质中的传播矩阵

当光在按 FC(n) 准晶链排列的多层媒质中传播时, 该准晶的生长规律为: $B \rightarrow B^{n-1}A$, $A \rightarrow B^{n-1}AB$; 点阵为: 第一代 $F_1 \equiv B$, 第二代 $F_2 \equiv B^{n-1}A$, 第 k 代 $F_k \equiv F_{k-1}F_{k-2}$ ($k \geq 3$). 当选择 B 作为媒质两边的衬底时, 传播矩阵为

穿过一层时

$$M_1 \equiv T_B,$$

穿过二层时

$$M_2 = T_B^{n-1} T_{BA} T_A T_{AB},$$

穿过 k 层时

$$M_k = M_{k-1}^n M_{k-2}. \quad (19)$$

3.3 光在多层媒质中传播时的透射系数

如图 4 所示, 光在传播过程中, 电场强度为

$$E(z, t) = E_1 \exp[i(kzn_A - \omega t)] + E_2 \exp[-i(kzn_A - \omega t)], \quad (20)$$

光的透射系数为

$$T = \frac{|E_O|^2}{|E_I|^2}, \quad (21)$$

其中 E_O 为透射光的电场矢量振幅, E_I 为入射光的电场矢量振幅. 在反射面 L 处, $E_1 = E_I$, $E_2 = E_R$, 则

$$E_{L+} = E_I + E_R, \quad E_{L-} = -i(E_I - E_R), \quad (22)$$

在透射面 M 处, $E_1 = E_O$, $E_2 = 0$, 则

$$E_{M+} = E_O, \quad E_{M-} = -iE_O, \quad (23)$$

且 L 面和 M 面满足:

$$\begin{pmatrix} E_{M+} \\ E_{M-} \end{pmatrix} = M_j \begin{pmatrix} E_{L+} \\ E_{L-} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{L+} \\ E_{L-} \end{pmatrix}, \quad (24)$$

光的透射系数为

$$T = \frac{4(ad - bc)^2}{(a + d)^2 + (b - c)^2}, \quad (25)$$

对于单位模矩阵 M_j , 有

$$\det(M_j) = \begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc = 1, \quad (26)$$

$$\begin{aligned} T &= \frac{4}{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + 2} \\ &= \frac{4}{|M_j|^2 + 2}, \end{aligned} \quad (27)$$

对于单位模矩阵 A 和 B

$$A = \begin{pmatrix} a_1 & b_1 \\ c_1 & d_1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} a_2 & b_2 \\ c_2 & d_2 \end{pmatrix}, \quad (28)$$

则

$$\text{Tr}(AB) = \text{Tr}(A)\text{Tr}(B) + \det(A - B) - 2, \quad (29)$$

其中 Tr 为求矩阵的迹.

$$\det(A - I) = \det(I - A) = 2 - \text{Tr}(A), \quad (30)$$

其中 I 为单位矩阵.

$$\det(A - AB) = \det(A)\det(I - B) = \det(I - B) = \det(B - I) = 2 - \text{Tr}(B). \quad (31)$$

由于 $\text{FC}(n)$ 的(19)式中传播矩阵 M_k 皆为单位模矩阵, 则

$$\begin{aligned} \text{Tr}(M_{k-1}^n M_{k-2}) &= x_{k-1}^{n-1} z_{k-1} - x_{k-1}^{n-2} x_{k-2} - (n-2) x_{k-1}^{n-3} z_{k-1} \\ &\quad + (n-3) x_{k-1}^{n-4} x_{k-2} + C_{n-3}^2 x_{k-1}^{n-5} z_{k-1} - C_{n-4}^2 x_{k-1}^{n-6} x_{k-2} \\ &\quad - \sum_{m=2}^{n-5} C_m^2 x_{k-1}^{n-7} z_{k-1} + \sum_{m=2}^{n-6} C_m^2 x_{k-1}^{n-8} x_{k-2} + \cdots \\ &= x_{k-1}^{n-1} z_{k-1} + \sum_{n=1}^{2m} a_{2m}(n) x_{k-1}^{n-2m} x_{k-2} + \sum_{n=1}^{2m+2} a_{2m+1}(n) x_{k-1}^{n-(2m+1)} z_{k-1}, \end{aligned} \quad (32)$$

其中 $m \geq 1$,

$$a_{2m}(n) = (-1)^m a_{2m-1}(n-1), \quad (33)$$

$$a_{2m+1}(n) = (-1)^m \sum_{j=2m-1}^{n-1} a_{2m}(j), \quad (34)$$

则

$$x_k = \text{Tr}(M_{k-1}^n M_{k-2})$$

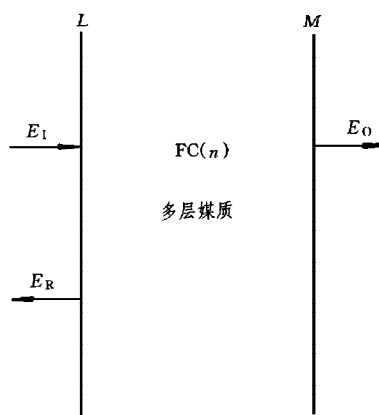


图4 光在反射面、透射面处的
电场强度矢量分布图

$$= x_{k-1}^{n-1} z_{k-1} + \sum_{n=1}^{2m} a_{2m}(n) x_{k-1}^{n-2m} x_{k-2} + \sum_{n=1}^{2m+2} a_{2m+1}(n) x_{k-1}^{n-(2m+1)} z_{k-1}, \quad (35)$$

其中

$$z_k = \text{Tr}(M_k M_{k-1})$$

$$= x_k x_{k-1} - x_{k-1}^{n-2} z_{k-1} + \sum_{n=1}^{2m-1} a_{2m}(n) x_{k-1}^{n-2m} x_{k-2} + \sum_{n=1}^{2m+1} a_{2m+1}(n) x_{k-1}^{n-(2m+1)} z_{k-1}, \quad (36)$$

$$x_{k+1}^2 + x_k^2 + z_{k+1}^2 - x_{k+1} x_k z_{k+1} = x_k^2 + x_{k-1}^2 + z_k^2 - x_k x_{k-1} z_k = I, \quad (37)$$

其中 I 为常数.

另外, 可以用对透射系数 $T(\theta)$ 求导数, 令其一阶导数等于零, 二阶导数小于零的方法证明 $T(\theta)$ 在 $\theta = (1/2 \pm k)\pi$ 附近峰数目的性质. 我们发现: $\text{FC}(2m)$ 准晶奇数第 $2k+1$ ($k \geq 2$) 代 S_{2k+1} 峰数目 $N = 2m$ 个, $\text{FC}(2m+1)$ 准晶第 $6k$ ($k \geq 1$) 代 S_{6k} 峰、第 $6k+2$ ($k \geq 1$) 代 S_{6k+2} 峰数目 $N = 2m+1$ 个, 如图 5 和图 6 所示.

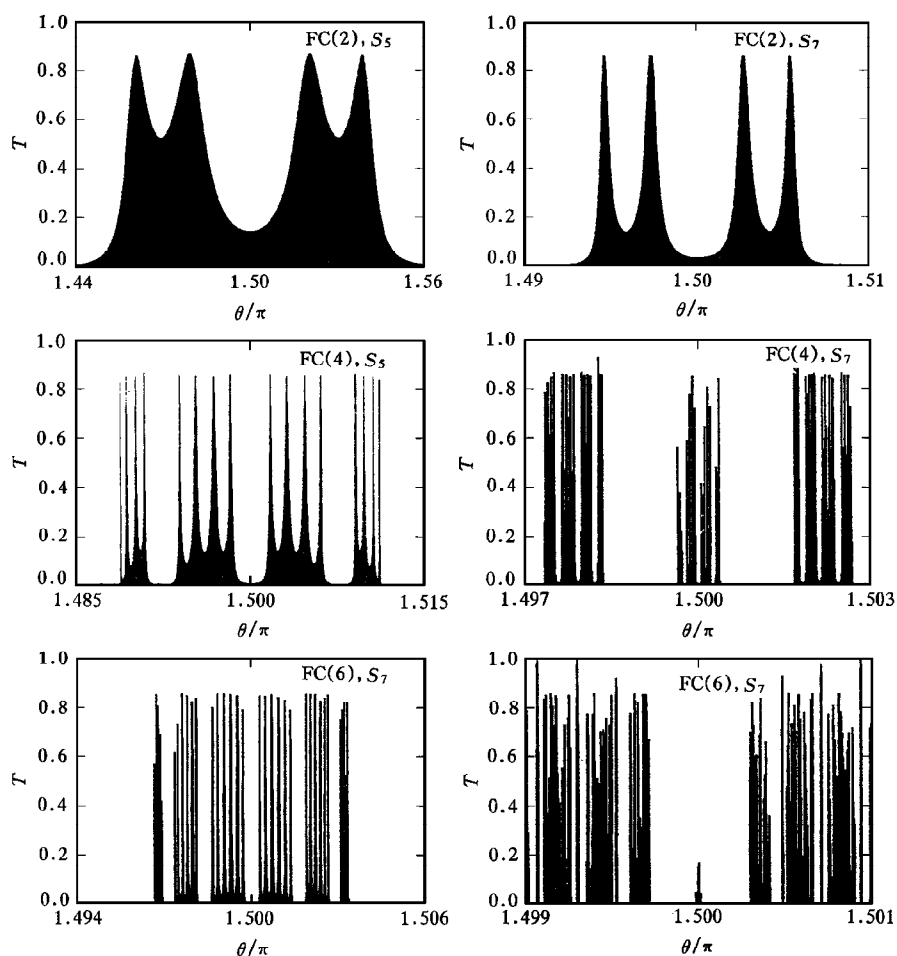


图 5 $\text{FC}(2m)$ 准晶的透射系数 $T(\theta)$ 在 $\theta = \pi(1/2 \pm k)$ 附近的最大峰数目性质: 当代数 $S_j \geq S_5$ 时, 奇数代 S_{2j+1} 峰数目 $N_{2j+1} = 2m$

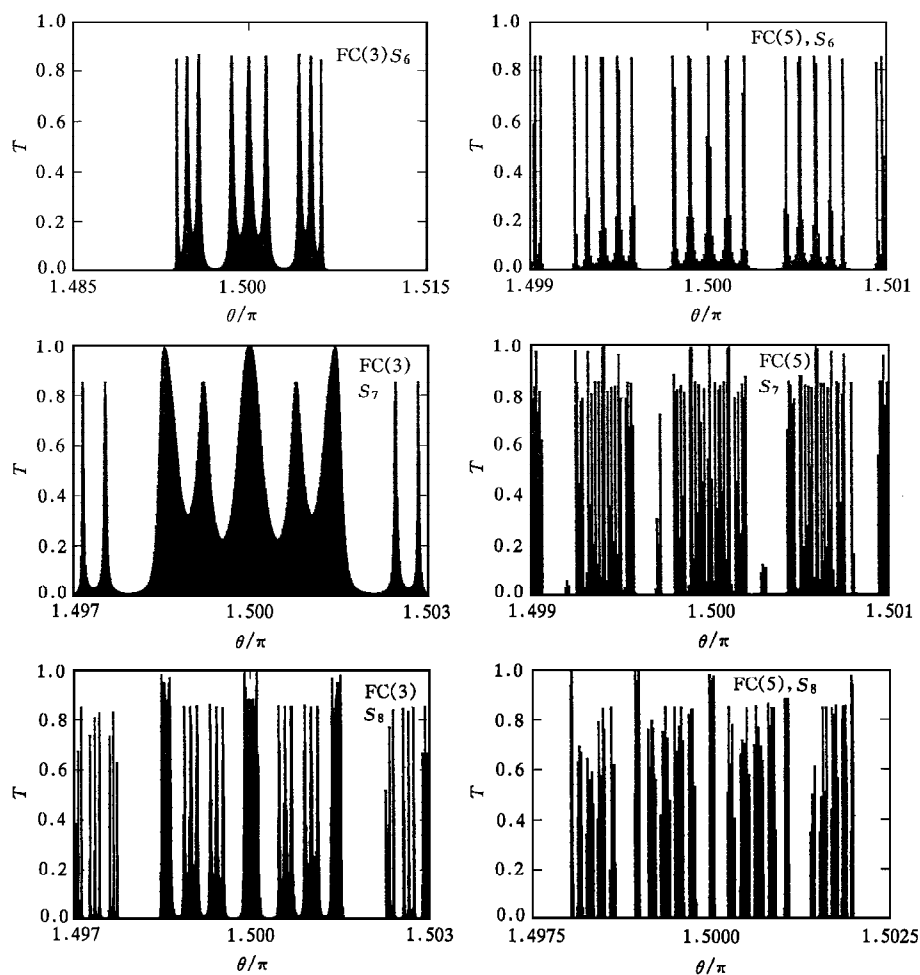


图6 $FC(2m+1)$ 准晶的透射系数 $T(\theta)$ 在 $\theta = \pi(1/2 \pm k)$ 附近的最大峰数日性质:第 $6j(j \geq 1)$ 代 S_{6j} 峰、第 $6j+2(j \geq 1)$ 代 S_{6j+2} 峰数目 $N_{6j} = N_{6j+2} = 2m+1$

3.4 光在多层媒质中垂直传播的特殊情形

当入射角 $\delta_A = \delta_B = \delta = 0$ 时,

$$\sin \delta = 0, \quad \cos \delta = 1, \quad (38)$$

令

$$R = \frac{n_A}{n_B}, \quad (39)$$

适当选取 d_A, d_B , 使

$$n_A d_A = n_B d_B, \quad (40)$$

则

$$\theta_A = \theta_B \equiv \theta. \quad (41)$$

取 $\theta = \frac{\pi}{2} \pm 2k\pi$, 则

$$\sin \theta = 1, \quad \cos \theta = 0, \quad (42)$$

$$T_{AB} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_B}{n_A} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & R \end{pmatrix} = T_{BA}^{-1}, \quad (43)$$

$$T_{BA} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_A}{n_B} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & R^{-1} \end{pmatrix} = T_{AB}^{-1}, \quad (44)$$

$$T_A = T_B = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad (45)$$

$$T_{AA} = T_{BB} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (46)$$

可以证明

$$\begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & b \end{pmatrix}^n = \begin{pmatrix} a^n & 0 \\ 0 & b^n \end{pmatrix}, \quad (47)$$

$$\begin{pmatrix} 0 & a \\ b & 0 \end{pmatrix}^{2m} = \begin{pmatrix} a^m b^m & 0 \\ 0 & a^m b^m \end{pmatrix}, \quad (48)$$

$$\begin{pmatrix} 0 & a \\ b & 0 \end{pmatrix}^{2m+1} = \begin{pmatrix} 0 & a^{m+1} b^m \\ a^m b^{m+1} & 0 \end{pmatrix}. \quad (49)$$

可以推出

$$M_{2j+1}(2m) = \begin{pmatrix} 0 & -R^{2mj} \\ R^{-2mj} & 0 \end{pmatrix}, \quad (50a)$$

$$M_{2j}(2m) = \begin{pmatrix} (-1)^{mj} R & 0 \\ 0 & (-1)^{mj} R^{-1} \end{pmatrix}. \quad (50b)$$

把(50a)和(50b)式写为通式:

$$M_j(2m) = \begin{pmatrix} \operatorname{Re}(i^j)(-1)^{\frac{mj+j}{2}} R & -\operatorname{Im}(i^j)(-1)^{\frac{j-1}{2}} R^{mj} \\ \operatorname{Im}(i^j)(-1)^{\frac{j-1}{2}} R^{-mj} & \operatorname{Re}(i^j)(-1)^{\frac{mj+j}{2}} R^{-1} \end{pmatrix}, \quad (51a)$$

设置函数

$$Y(x) = \lfloor \cos(x - \lfloor x \rfloor) \rfloor, \quad (51b)$$

其中 $\lfloor x \rfloor$ 表示对 x 取整.(51a) 式也可改写为

$$M_j(2m) = \begin{pmatrix} Y\left(\frac{j}{2}\right)(-1)^{\frac{mj}{2}} R & \left[1 - Y\left(\frac{j}{2}\right)\right](-1) R^{m(j-1)} \\ \left[1 - Y\left(\frac{j}{2}\right)\right] R^{m(1-j)} & Y\left(\frac{j}{2}\right)(-1)^{\frac{mj}{2}} R^{-1} \end{pmatrix}, \quad (51c)$$

则透射系数

$$T_k(2m) = \begin{cases} k = 2j + 1: \frac{4}{2 + R^{4mj} + R^{-4mj}} \xrightarrow{j \rightarrow +\infty} 0 (\text{关}), \\ k = 2j: \frac{4}{2 + R^2 + R^{-2}} = \text{constan } t_2 (\text{开}), \end{cases} \quad (52)$$

可见,对于 $\text{FC}(2m)$,在垂直照射且满足(38),(40),(42)式等条件的特殊情况下,透射系数具有奇数代关、偶数代开的开关性质,如图7所示.

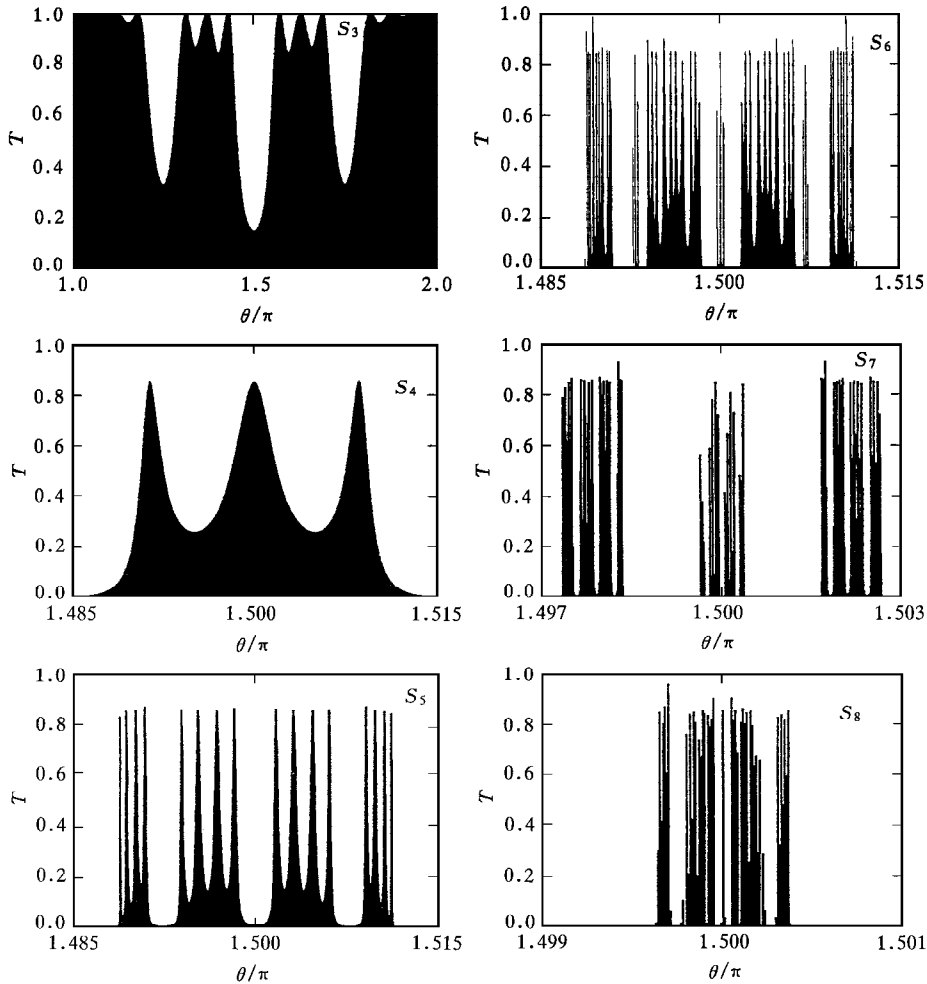


图7 $\text{FC}(4)$ 准晶,在垂直照射且满足(38),(40),(42)式等条件的特殊情况下,透射系数 $T(\theta)$ 在 $\theta=1.5\pi$ 处具有奇数代关(趋于零)、偶数代开(趋于1)的开关性质

对于 $\text{FC}(2m+1)$ 准晶,传播矩阵 $M_k(2m+1)$ 为标准六循环:

$$M_{6j+1}(2m+1) = M_1(2m+1) = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \quad (53a)$$

$$M_{6j+2}(2m+1) = M_2(2m+1) = \begin{pmatrix} 0 & (-1)^{m+1}R^{-1} \\ (-1)^mR & 0 \end{pmatrix}, \quad (53b)$$

$$M_{6j+3}(2m+1) = M_3(2m+1) = \begin{pmatrix} -R^{-1} & 0 \\ 0 & -R \end{pmatrix}, \quad (53c)$$

$$M_{6j+4}(2m+1) = M_4(2m+1) = \begin{pmatrix} 0 & (-1)^mR^{-2m-2} \\ (-1)^{m+1}R^{2m+2} & 0 \end{pmatrix}, \quad (53d)$$

$$M_{6j+5}(2m+1) = M_5(2m+1) = \begin{pmatrix} 0 & -R^{-2m-1} \\ R^{2m+1} & 0 \end{pmatrix}, \quad (53e)$$

$$M_{6j}(2m+1) = M_6(2m+1) = \begin{pmatrix} R & 0 \\ 0 & R^{-1} \end{pmatrix}. \quad (53f)$$

(53a)–(53f)式可用通式表示为

$$M_j(2m+1) = \begin{pmatrix} a_j(2m+1) & b_j(2m+1) \\ c_j(2m+1) & d_j(2m+1) \end{pmatrix}, \quad (54a)$$

$$a_j(2m+1) = a_1 R^{a_2} (-1)^{a_3},$$

$$a_1 = Y\left(\frac{j}{3}\right), \quad a_2 = (-1)^{\lfloor \frac{j}{3} \rfloor}, \quad a_3 = a_2, \quad (54b)$$

$$b_j(2m+1) = b_1 R^{b_2} (-1)^{b_3}, \quad b_1 = 1 - Y\left(\frac{j}{3}\right),$$

$$b_2 = -Y\left(\frac{j}{2}\right) - n \left\lfloor \frac{j+2}{6} - \left\lfloor \frac{j}{6} \right\rfloor \right\rfloor, \quad b_3 = 1 - Y\left(\frac{j+2}{6}\right) + mY\left(\frac{j}{2}\right), \quad (54c)$$

$$c_j(2m+1) = c_1 R^{c_2} (-1)^{c_3},$$

$$c_1 = b_1, \quad c_2 = -b_2, \quad c_3 = b_3 \pm 1, \quad (54d)$$

$$d_j(2m+1) = d_1 R^{d_2} (-1)^{d_3},$$

$$d_1 = a_1, \quad d_2 = -a_2, \quad d_3 = a_3, \quad (54e)$$

则透射系数

$$T_k(2m+1) = \begin{cases} k = 6j+1: \frac{4}{2+1^2+1^2} = 1 = \text{constan } t_1(\text{开}), \\ k = 6j+2: \frac{4}{2+R^2+R^{-2}} = \text{constan } t_2(\text{开}), \\ k = 6j+3: \frac{4}{2+R^2+R^{-2}} = \text{constan } t_2(\text{开}), \\ k = 6j+4: \frac{4}{2+R^{2n+2}+R^{-2n-2}} \xrightarrow{n \rightarrow +\infty} 0(\text{关}), \\ k = 6j+5: \frac{4}{2+R^{2n}+R^{-2n}} \xrightarrow{n \rightarrow +\infty} 0(\text{关}), \\ k = 6j: \frac{4}{2+R^2+R^{-2}} = \text{constan } t_2(\text{开}), \end{cases} \quad (55)$$

可见, 对于 FC(2m+1)准晶, 在垂直照射且满足(38), (40), (42)式等条件的特殊情况下,

透射系数具有六循环性质,透射系数可分别取 4 个不同的值,其中有两个是常数,有两个在 n 趋于无穷大时将趋于零,如图 8、图 9 和图 10 所示.

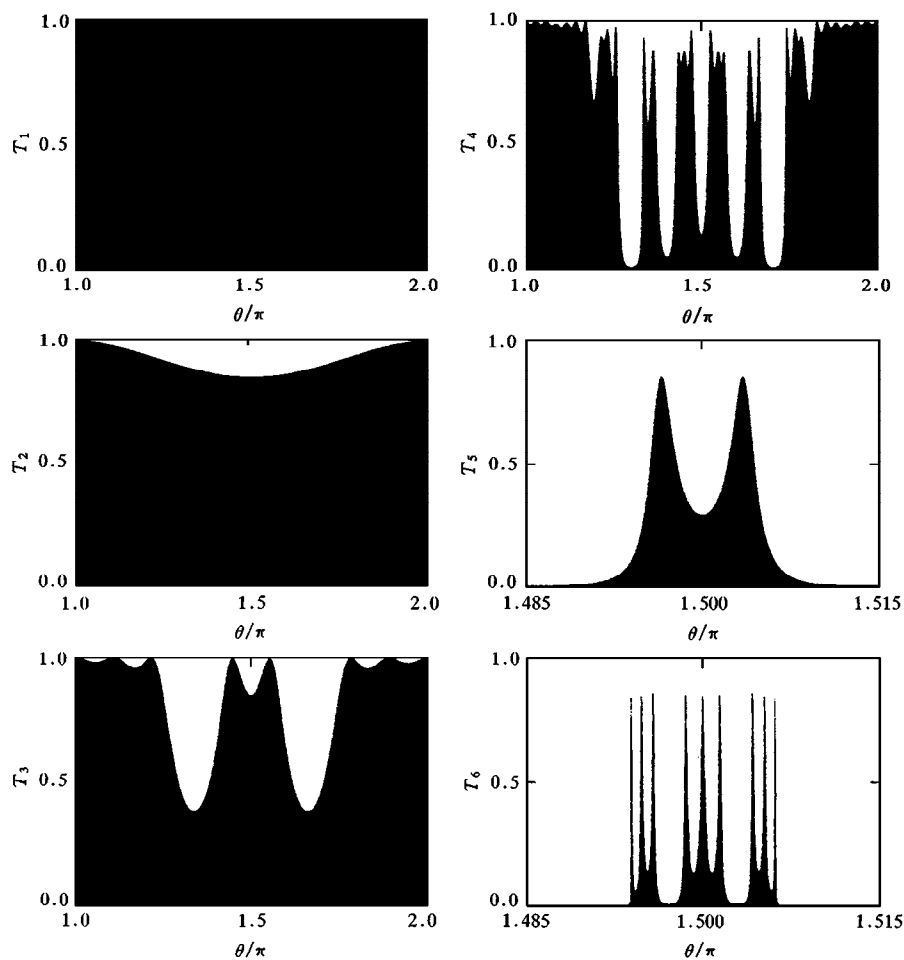


图 8 FC(3)准晶,在垂直照射且满足(38),(40),(42)式等条件的特殊情况下,透射系数 $T(\theta)$ 在 $\theta=1.5\pi$ 处具有六循环性质,即第 $6j+k$ ($j \geq 1, k \geq 1$) 代 S_{6j+k} 和第 k ($k \geq 1$) 代 S_{6j+k} 的透射系数相等:
 $T_{6j+k} = T_k$

4 小 结

本文介绍了 FC(n)准晶的高维投影构造方法和生长规律,研究了光在少层媒质和多层媒质中传播时传播矩阵的递推规律.利用电动力学理论和二阶单位模矩阵的特殊性质,详细讨论了垂直照射时,在适当地选取各层介质模厚度情况下,光在按 FC(n)准晶链排列的多层介质膜中传播时光的透射性质、光的传播矩阵及其相关的透射系数的规律,发现 FC($2m$)的透射系数具有开关性质,FC($2m+1$)的透射系数具有六循环性质,它们的最大

值(即峰值)在 $\pi(1/2 \pm k)$ 附近具有有趣的性质. $FC(2m)$ 准晶奇数第 $2k+1$ ($k \geq 2$) 代 S_{2k+1} 峰数目 $N=2m$ 个, $FC(2m+1)$ 准晶第 $6k$ ($k \geq 1$) 代 S_{6k} 峰、第 $6k+2$ ($k \geq 1$) 代 S_{6k+2} 峰数目 $N=2m+1$ 个. 该理论结果可直接用相关的材料实验验证, 对设计新的光学器件有意义.

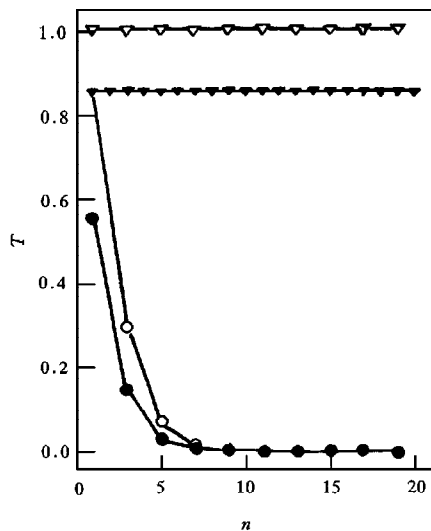


图 9 $FC(n)$ 准晶, 在垂直照射且满足 (38), (40), (42) 式等条件的特殊情况下, 透射系数 $T_k(n)$ 可分别取 4 个不同值: ∇ 为 $n=2m+1$, 第 $k=6j+1$ 代的 $T_k(n)=1.0$; $\blacktriangledown$ 为 $n=2m+1$, 第 $k=6j, 6j+2, 6j+3$ 代和 $n=2m$, 第 $k=2j$ 代的 $T_k(n) = \frac{4}{2+R^2+R^{-2}}$; $\circ$ 为 $n=2m+1$, 第 $k=6j+5$ 代的 $T_k(n) = \frac{4}{2+R^{2n}+R^{-2n}}$; $\bullet$ 为 $n=2m+1$, 第 $k=6j+4$ 代的 $T_k(n) = \frac{4}{2+R^{2n+2}+R^{-2n-2}}$. 其中 ∇ 和 $\blacktriangledown$ 的值为常数; $\circ$ 和 $\bullet$ 的值在 n 趋于无穷大时将趋于零

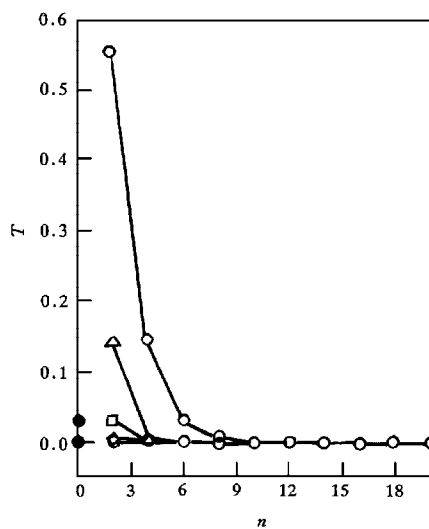


图 10 $FC(2m)$ 准晶, 在垂直照射且满足 (38), (40), (42) 式等条件的特殊情况下, 第 $k=2j+1$ 代透射系数 $T_{2j+1}(2m) = \frac{4}{2+R^{4mj}+R^{-4mj}}$, 在 n 趋于无穷大时, $T_{2j+1}(2m)$ 随 $n=2m$ 与 j 的变化情况: $\circ$ 为 $j=1$; $\triangle$ 为 $j=2$; $\square$ 为 $j=3$; $\diamond$ 为 $j=4$; ∇ 为 $j=5$ 的情形

- [1] D. S. Schechtman, I. Blech, D. Gratias, J. W. Cahn, *Phys. Rev. Lett.*, **53**(1984), 1951.
- [2] L. X. He, X. Z. Li, Z. Zhang, K. H. Kuo, *Phys. Rev. Lett.*, **61**(1988), 1116.
- [3] R. Penrose, *Bull. Inst. Math. Appl.*, **10**(1974), 266.
- [4] G. Gumbs, M. K. Ali, *Phys. Rev. Lett.*, **60**(1988), 1081; *J. Phys. A; Math. Gen.*, **21**(1988), L517; Y. G. Benza, M. Kolar, M. K. Ali, *Phys. Rev.*, **B41**(1990), 9587; M. Holzer, *Phys. Rev.*, **B38**(1988), 1709, 5756; M. Kolar, M. K. Ali, *Phys. Rev.*, **B39**(1989), 426; M. Holzer, *Phys. Rev.*, **B44**(1991), 2085.
- [5] Xiuqing Huang, Youyan Liu, *Chin. Phys. Lett.*, **9**(1992), 609.
- [6] Wenji Deng, Shizhong Wang, Youyan Liu, Dafang Zheng, Nanzhi Zou, *Phys. Rev.*, **B47**(1993), 5653.
- [7] Xiujun Fu, Youyan Liu, Peiqin Zhou, W. Sritrakool, *Phys. Rev.*, **B55**(1997), 5555.

- [8] M. Kohmoto, B. Sutherland, K. Iguchi, *Phys. Rev. Lett.*, **58**(1987), 2436.
- [9] W. Gellermann, M. Kohmoto, B. Sutherland, P. C. Taylor, *Phys. Rev. Lett.*, **72**(1994), 633.
- [10] Xiuqing Huang, Youyan Liu, Dang Mo, *Solid State Commun.*, **87**(1993), 601.

PROPOGATION OF LIGHT THROUGH MEDIA CONSTRUCTED FOLLOWING THE SPECIAL QUASILATTICES SEQUENCE

YANG XIANG-BO

(*Department of Mathematics and Physics, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090;*
Department of Physics, South China University of Technology, Guangzhou 510641)

LIU YOU-YAN

(*Department of Physics, South China University of Technology, Guangzhou 510641*)

(Received 25 August 1997; revised manuscript received 8 December 1997)

ABSTRACT

The characteristics of the construction of one-dimensional Fibonacci-class quasilattices (1D FC (n)) have been described. By means of the electric field theory and the properties of unimodular matrix, we studied extensively the transmissive properties of light through multilayers constructed following 1D FC (n) sequence and found that the transmission coefficient for FC ($2m$) is switch-like (on-off-on-off-...) and there exist six circulative properties for the one of FC ($2m + 1$) around $\delta = \pi(1/2 \pm k)$, in which the number of transmission coefficient shows interesting properties.

PACC: 7890