

含虚元件相位共轭腔的热稳定性

孙年春 程洁 邓崇俊 吕百达 蔡邦维

(西南技术物理研究所, 成都, 610041) (四川大学光电系, 成都, 610064)

摘要: 本文用矩阵光学推导出了相位共轭腔的热稳条件。

关键词: 虚元件 相位共轭镜 热稳性

Thermal stability of phase conjugate resonators with virtual elements

Sun Nianchun, Cheng Jie, Den Chongjun

(Southwest Institute of Technical Physics)

Lü Baida, Chai Bangwei

(Dept. of Opto-Electronic Science & Technology, Sichuan University)

Abstract: In this paper, the thermal stability of the phase conjugate resonator has been deduced from the matrix optical methods.

Key words: virtual element phase conjugate mirror thermal stability

一、引言

文献[1]对相位共轭光腔的热稳性进行了分析,但其前提是相位共轭镜具有高斯反射性质且反射率趋于均匀(即弱高斯光阑近似)。我们在文献[2]中对含弱高斯光阑的相位共轭腔进行了分析,其结论是含弱高斯光阑的相位共轭腔无确定模。既无确定模,也就不可能实现热稳。故相位共轭腔的热稳定性须重新讨论。

二、由简并四波混频形成的相位共轭腔

相位共轭腔(PCR)如附图所示。图中,PCM由简并四波混频形成,真镜(RM)的曲率半径为 ρ ,光腔长度 L 。设腔内有热扰元件且可等效为一个具有可变热焦距 f 的薄透镜,热透镜两侧的腔内变换矩阵分别用

$$M_1 = \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix} \quad \text{和} \quad M_2 = \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

表示,且

$$A_i D_i - B_i C_i = 1 \quad i = 1, 2 \quad (2)$$

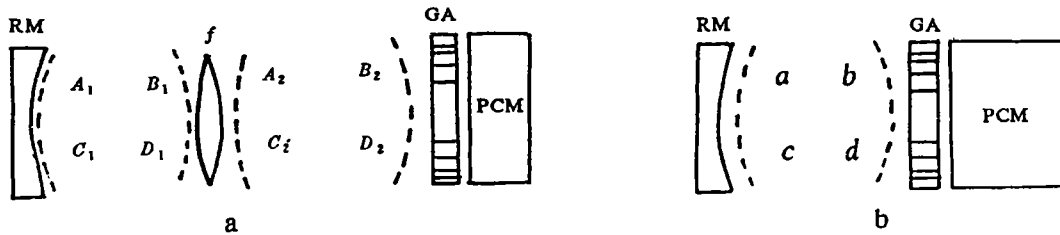


Fig. Illustration of PCR with a internal thermal lens

于是腔内单程传播矩阵 m 为

$$m = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_2 & B_2 \\ C_2 & D_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 & B_1 \\ C_1 & D_1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} A_1 A_2 + B_2 C_1 - \frac{A_1 B_2}{f} & A_2 B_1 + B_2 D_1 - \frac{B_1 B_2}{f} \\ A_1 C_2 + C_1 D_2 - \frac{A_1 D_2}{f} & B_1 C_2 + D_1 D_2 - \frac{B_1 D_2}{f} \end{bmatrix}$$

考察相位共轭镜(PCM)上的基模。往返一周的矩阵为

$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d & b \\ c & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -2hi & -1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} A_r & B_r \\ C_r & D_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -2hi & -1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} A_r - 2B_r hi & -B_r \\ C_r - 2D_r hi & -D_r \end{bmatrix} \quad (h_r = \frac{\lambda}{\pi \sigma^2}) \quad (4)$$

根据自洽条件

$$\frac{i}{q} = \frac{C + \frac{D}{q^*}}{A + \frac{B}{q^*}} = \frac{1}{\rho_{AM}} + i \frac{\lambda}{\pi \omega_{PCM}^2} = \frac{1}{\rho_{PCM}} - ih_{PCM} \quad (5)$$

将(4)式代入(5)式并分离实部与虚部有

$$\left(\frac{B_r}{\rho_{PCM}} - A_r \right)^2 + B_r^2 h_{PCM} (h_{PCM} + 2h) - 1 = 0 \quad (6)$$

$$h \left(\frac{B_r}{\rho_{PCM}} - A_r \right) = 0 \quad (7)$$

当 $h=0$ (即弱高斯光阑近似)时

$$\frac{B_r}{\rho_{PCM}} - A_r = \text{任意有限值} \quad (8)$$

故在弱高斯光阑近似下 PCR 的模是不确定的。当 $h=0$,解(6)式,(7)式可得

$$\frac{1}{\rho_{PCM}} = \frac{A_r}{B_r} \quad (9)$$

$$\frac{1}{\omega_{\text{PCM}}^2} = -\frac{1}{\sigma^2} + \sqrt{\frac{1}{\sigma^2} + \left(\frac{\pi}{\lambda B_r}\right)^2} \quad (10)$$

(9)式、(10)式即为 PCM 处基模高斯光束等相面曲率半径和光斑半径。

三、含 GA 的 PCR 的基模热稳条件

按照 J. Steffen 的方法,基模热稳的必要条件为^[3]

$$d\omega_{\text{PCM}}/df = 0 \quad (11)$$

将(10)式代入(11)式可得

$$dB_r/df = 0 \quad (12)$$

从(3)式、(4)式可求出

$$B_r = 2 \left(A_2 B_1 + B_2 D_1 - \frac{B_1 B_2}{f} \right) \left(B_1 C_2 + D_1 D_2 - \frac{B_1 D_2}{f} - \frac{A_2 B_1 + B_2 D_1 - B_1 B_2 / f}{R} \right) \quad (13)$$

把(13)式代入(12)式有

$$R = \frac{2(A_2 B_1 + B_2 D_1) B_2 f + 2 B_1 B_2^2}{(2 A_2 D_2 B_1 + 2 B_2 D_1 D_2 - B_1) f - 2 B_1 B_2 D_2} \quad (14)$$

(14)式为含虚元件 GA 的相位共轭腔的热稳条件。可以看出,当 $A_1, B_1, C_1, D_1, A_2, B_2, C_2, D_2$ 确定时, R 的值是唯一的。

感谢本所屈乾华研究员的有益讨论。

参 考 文 献

- 1 吕百达, 蔡邦维, 王绍民. 光学学报, 1988, 8(2): 140
- 2 孙年春, 程 洁. 激光技术, 1994, 18(2): 92
- 3 Steffen J, Löktscher J P, Herziger G. IEEE J Q E, 1972, QE-8(2): 239

作者简介: 孙年春, 见《激光技术》, 1994年, 第18卷, 第1期, 第30页。

收稿日期: 1993-08-24

· 简 讯 ·

可调谐钛宝石激光器获得新进展

北京理工大学与西南技术物理所合作研制的可调谐钛宝石激光器最近又取得新进展。实验用钛宝石 ($\text{Ti}^{3+} : \text{Al}_2\text{O}_3$) 激光晶体是由西南技术物理所研制的, 尺寸为 $6\text{mm} \times 6\text{mm} \times 26\text{mm}$, 端面切割成布氏角, 532nm 处吸收系数为 1.48cm^{-1} 。实验采用倍频 Nd: YAG 激光 ($0.532\mu\text{m}$) 纵向泵浦 $\text{Ti}^{3+} : \text{Al}_2\text{O}_3$ 晶体, 放置在带调谐棱镜的平-平色散腔中, 腔长 200mm , 采用透过率为 60% 的输出耦合镜, 当泵浦激光脉冲能量为 156mJ 时, 在 800nm 处获得 47mJ 脉冲激光输出, 能量转换效率达 30% 。激光器调谐范围为 $680 \sim 1000\text{nm}$ 。

(严柏生 陈庆汉 供稿)