

相位共轭腔的新问题^{*}

孙年春 程 洁 邓崇俊

(西南技术物理研究所, 成都, 610041)

吕百达

(四川大学光电科学技术系, 成都, 610064)

摘要: 本文指出在相位共轭腔中存在如下两个新问题: (1) 在由球面镜与相位共轭镜构成的谐振腔中, 球面波和高斯光束均是腔的本征模; (2) 在由高斯反射率镜与相位共轭镜构成的谐振腔中, 球面波和高斯光束均不自洽。

关键词: 相位共轭 谐振腔

New problems in phase conjugat cavity

Sun Nianchun, Cheng Jie, Deng Chongjun

(Southwest Institute of Technical Physics)

Lü Baida

(Dep. of Opto-Electr. Science & Technology, Sichuan University)

Abstract: In this paper, based on the theoretical analysis two new problems, existing in phase conjugation cavity, are pointed. The first problem is that both spherical wave and Gaussian beam in the resonator with a spherical mirror and a phase conjugation mirror are eigenmode of cavity. The second problem is spherical wave and Gaussian beam in a resonator with a Gaussian reflectance mirror and a phase conjugation mirror are not self-consistent.

Key words: phase conjugation resonator cavity

一、引 言

相位共轭光腔(PCR)存在补偿腔内波前畸变的能力,因而引起了人们的注意^{1~6}。对 PCR

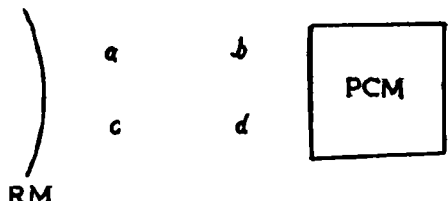
* 本文部分内容曾在'93 第四届西南、西北、中南地区激光学术报告会(成都)上宣读。

的性质已用矩阵光学方法和衍射积分方程进行了很多研究,并发展了一些潜在的有实用意义的技术。但作者认为 PCR 尚有一些性质值得进一步探讨。

二、由实元件构成的 PCR

PCR 通常由一相位共轭镜(PCM)和一真镜(RM)组成。如图 1 所示。其中 RM 的曲率半径为 R ,腔内单程传输矩阵为 $\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ 。

以 RM 为参考,腔的往返矩阵为



$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d & b \\ c & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \quad (1)$$

Fig. 1 Phase-conjugate resonators

设腔内本征模为高斯光束,根据自洽条件有

$$\frac{1}{q} = \frac{C + \frac{D}{q^*}}{A + \frac{B}{q^*}} \quad (2)$$

将(1)式代入(2)式有

$$1/q = -2/R - 1/q^* \quad (3)$$

将(3)式分离实部与虚部可得

$$\begin{cases} 1/\rho = -1/R \\ \lambda/\pi\omega^2 = \lambda/\pi\omega^2 \end{cases} \quad (4)$$

即在满足(4)式的情形下,高斯光束为腔内本征模,且光斑半径可任意取值。

仿上设腔内本征模为球面波,仍可证明当球面波曲率半径 r 满足

$$1/r = -1/R \quad (5)$$

时,球面波在腔内往返一周自洽。

从上面的分析可以看出,球面波和高斯光束在 PCR 中均自洽。这一结论与常规腔理论相矛盾,故须引起注意。

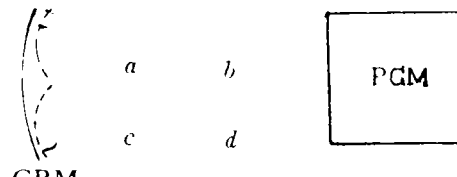
三、含高斯反射率镜的 PCR

设 PCR 由高斯反射率镜(GRM)和 PCM 构成如图 2 所示。其中 GRM 的传输矩阵为

$$M_{GRM} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} - i\frac{\lambda}{\pi\sigma^2} & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

以 GRM 为参考,腔的往返矩阵为

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} - i\frac{\lambda}{\pi\sigma^2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d & b \\ c & a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} - i\frac{\lambda}{\pi\sigma^2} & -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix}$$


设腔内本征模为高斯光束,根据自洽条件从(7)

Fig. 2 Resonator with GRM and PCM

式有

$$\frac{1}{q} = -\frac{2}{R} - i\frac{\lambda}{\pi\sigma^2} - \frac{1}{q^*} \quad (8)$$

将(8)式分离实部虚部可得

$$1/\rho = -1/R \quad (9)$$

$$\frac{1}{\omega^2} = \frac{1}{\sigma^2} + \frac{1}{\omega^2} \quad (10)$$

显然(10)式在 $1/\sigma^2 \neq 0$ 时不成立。由此可知,在由 GRM 与 PCM 构成的谐振腔内,高斯光束不自洽。

若设腔内本征模为球面波,仿上可得

$$1/r = -1/R \quad (11)$$

$$1/\sigma^2 = 0 \quad (12)$$

在 $1/\sigma^2 = 0$ 的条件下,在由 GRM 与 PCM 构成的谐振腔内,球面波亦不自洽。

对以上结果作弱高斯反射率近似(即 $1/\sigma^2 = 0$)所得结论与我们在由实元件构成的 PCR 的讨论结果相同——高斯光束与球面波是自洽的,且高斯光束的横模结构是不确定的。

而在 GRM 与 PCM 构成的谐振腔中,高斯光束和球面波均不自洽。这一问题的解决取决于两个方面,一是现有的光腔的矩阵理论是否适合于 PCR,二是除球面波与高斯光束外,是否还有别形式的本征模,有关讨论我们将另文报道。

感谢本所屈乾华研究员以及电子科技大学卢亚雄教授的有益讨论。

参 考 文 献

- 1 Yeung J A, Fekete D, Amnon Y. IEEE J Q E, 1979, QE-15(10):1180
- 2 Belanger P A, Harly A, Siegmar A E. Appl Opt, 1980, 19(4):602
- 3 Bel'dyugin Y M, Galushkin M G. Soviet J Q E, 1979, 9(1):20
- 4 Lam J F, Brown W P. Opt Lett, 1980, 5(2):61
- 5 王绍民. 科学通报, 1982; 27(5):70
- 6 王绍民, 洪熙春, 于 军. 光学学报, 1983, 3(1):41

作者简介:孙年春,男,1962年2月出生。工程师。现从事重频风冷激光器以及光学虚元件等方面的工作。

收稿日期:1993-08-21