

双光子光学多稳态的研究

李福利

(中国科技大学物理系)

提要: 将双光子光学双稳态理论推广到包含全部交流斯塔克项,首次表明存在双光子作用的光学双双稳态以及两种不同类型的双光子光学三稳态。

Study on two-photon optical multistability

Li Fuli

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

Abstract: The theory of two-photon optical bistability has been extended to include all the AC Stark shift terms. It is shown for the first time that there exist double bistability and two types of tristability.

光学双稳元件具有电子学中双稳元件的类似性质。这为发展全光计算机提供了可能。双光子光学双稳态也引起了人们的注意^[1~3]。最近人们开始研究双光子光学多稳态^[4~6]。光学多稳元件可能有更强的逻辑功能。

迄今的双光子光学多稳理论,只限于双光子吸收型的多稳机制,因此忽略了全部交流斯塔克项。本文推广了双光子多稳理论,因而能用于处理色散型双稳,而且证明斯塔克项不止有定量的影响,而且可导致根本不同的现象(双稳、双双稳、三稳等)。

对于近共振双光子作用,非线性极化率^[3]如(1)式

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{k} \left\{ \frac{(i + \Omega + \delta I)I + r\delta[1 + (\delta I + \Omega)^2]}{1 + (\Omega + \delta I)^2 + I^2} \right\}$$

其中 $r = T_1/T_2$, T_1 和 T_2 分别是纵向及横向弛豫时间; Ω 是偏离共振的失调参数 ($\Omega = \omega_c - 2\omega$); δ 是斯塔克位移因子; I 是包括全部光场的总光强; α_0 是小信号双光子共振吸收系数; k 是波数。在现有的理论中,与 r 成比

例的项全部被忽略了。而且在剩余的项中也只研究了 $\delta = 0$ 的特殊情况。

考虑法布里-珀罗腔内有非线性介质的情况,应用处理光学双稳态的标准方法,即将干涉仪理论与非线性麦克斯韦方程相结合,在平均场近似下,可得到如下的状态方程

$$Y^2 = X^2 \left\{ \left[1 + \frac{2CX^2}{D(X)} \right]^2 + \left[\Phi - \frac{2C(N+M)}{D(X)} \right]^2 \right\} \quad (2)$$

其中 Y 和 X 分别表征入射场及透射场;

$$D(X) = 1 + \Omega^2 + 2\Omega\delta X^2 + \frac{3}{2}(1 + \delta^2)X^4; \quad (3)$$

$$N = \Omega X^2 + \frac{3}{2}\delta X^4; \quad (4)$$

$$M = \delta r \left[1 + \Omega^2 + 2\Omega\delta X^2 + \frac{3}{2}\delta^2 X^4 \right]; \quad (5)$$

收稿日期: 1981年10月27日。

C 是双光子作用合作参量; Φ 是谐振腔失调参量。若令 $M=0$, 即可得到[3]的结果。

图1表示双双稳, 即相当于二个双稳态。所用参数为 $r=0.5$, $C=20$, $\Omega=24$, $\Phi=8$, $\delta=-0.02$ 。第一个双稳来自克尔效应(没达到饱和吸收); 第二个双稳来自饱和吸收效应。

图2表示三稳态。所用参数为 $r=10$, $C=20$, $\Omega=24$, $\Phi=8$, $\delta=-0.02$ 。对于一个输入光强 $Y (Y_2^{\min} < Y < Y_1^{\max})$, 可以有三个稳定态。当 Y 连续增大时, 输出光强从 A 跳到 B , 然后从 C 跳到 D 。当 Y 逐渐减弱时, 输出光强从 E 跳到 F , 然后从 G 跳到 H 。这里开关强度 $Y_1^{\min} < Y_2^{\min} < Y_1^{\max} < Y_2^{\max}$ 。

图3表示另一种类型的光学三稳态。所用参数为 $r=10$, $C=20$, $\Omega=20$, $\Phi=1$, $\delta=-0.1$ 。图3与图2的区别在于, 在图3中 $Y_1^{\min} < Y_2^{\min} < Y_2^{\max} < Y_1^{\max}$ 。当输入光强连续增大时, 输出光从 A 跳到 B 。当 Y 减小时, 输出光从 C 跳到 D , 然后从 E 降到 F 。然而, 如果输入光在 EG 分支内从 D 点增强, 输出光从 G 跳到 H 。

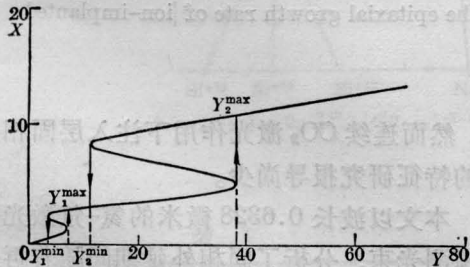


图1 双光子光学双双稳态

(上接第500页)

[3] C. L. Anderson *et al.*; *Laser and Electron Processing of Electronic Materials* (Electrochemical Society, Princeton, 1979).
 [4] C. W. White *et al.*; *Symposium A, Materials Research Society Meeting, 1979* (Academic, New York, 1980).
 [5] A. Gat *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**, 276.
 [6] D. H. Auston *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **33**, 539.
 [7] J. S. Williams *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **33**,

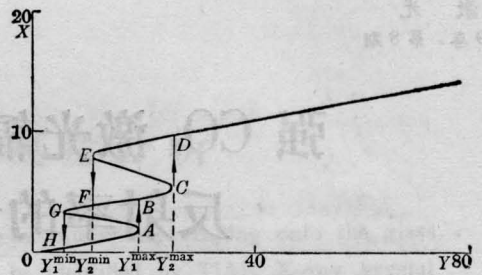


图2 第一类双光子光学三稳态

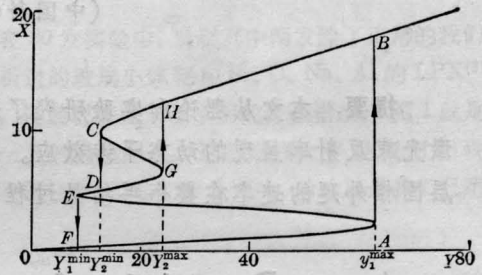


图3 第二类双光子光学三稳态

双光子光学多稳态或许会作为多重逻辑的元件而找到应用。

本文曾与西安光机所牛慈本同志和帝国学院 J. N. Elgin 博士讨论过, 谨致谢意。

参 考 文 献

[1] E. Giacobino *et al.*; *Phys. Rev. Lett.*, 1980, **45**, 434.
 [2] F. T. Arrechi, A. Politi; *Lett. AL. Nuovo Cimento*, 1978, **23**, 65.
 [3] G. P. Agrawal, C. Flytzanis; *Phys. Rev. Lett.*, 1980, **44**, 1058.
 [4] J. A. Hermann, B. V. Thompson; *Phys. Lett.*, 1980, **79A**, 153.
 [5] J. A. Hermann; *Opt. Commun.*, 1981, **37**, 431.
 [6] D. F. Walls *et al.*; *Phys. Rev.*, 1981, **24A**, 627.
 [7] D. F. Walls *et al.*; *Phys. Rev.*, 1981, **24A**, 542.
 [8] A. Gat *et al.*; *J. Appl. Phys.*, 1979, **50**, No. 4, 2926.
 [9] J. W. Mayer *et al.*; *Ion Implantation in Semiconductors Si and Ge* (1970).
 [10] G. L. Olson *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1980, **37**, 1019.
 [11] G. Dearnaley *et al.*; *Ion Implantation* (1973).
 [12] Helmut F. Wolf; *Silicon Semiconductor Data* (1969).
 [13] M. Born *et al.*; *Principles of Optics* (1975).