

THE FEATURES OF INSTABILITY DEVELOPMENT OF SPATIALLY SEPARATED BEAM-PLASMA SYSTEM

N. I. KARBUSHEV, E. V. ROSTOMYAN

A system consisting of spatially separated electron beam and plasma has been investigated in the absence of external magnetic field. The conditions were obtained under which the instability may develop in such a system due to the interaction of surface-type waves, and the increments were calculated. It is shown that with the increase of distance between the beam and plasma, the character of instability essentially changes and there appear free oscillations of the electron beam.

Изв. АН Армении, Физика, т. 27, вып. 1, с. 56—58 (1992)

УДК 535.371

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

ЭФФЕКТЫ РЕЗОНАТОРА В КОРРЕЛЯЦИИ ФОТОНОВ

С. Т. ГЕВОРКЯН

Институт физических исследований АН Армении

(Поступила в редакцию 28 марта 1991 г.)

Исследован коэффициент корреляции чисел фотонов в процессе невырожденного четырехволнового смешения в оптическом резонаторе. Показано, что максимально возможная корреляция между фотонами параметрически связанных мод, получается в случае хорошего резонатора и сильного лазерного поля.

1. Процесс четырехволнового параметрического смешения привлекает внимание как источник электромагнитного поля в сжатом состоянии [1, 2] и последнее время широко обсуждается (см., напр., [3, 4]). Как известно, свойства сжатого света в основном определяются величиной аномального коррелятора амплитуд полей. Для случая четырехволнового смешения с законом сохранения $\omega_1 + \omega_2 = 2\omega$, где ω — частота поля лазера и ω_1, ω_2 — частоты возникающих параметрически связанных мод поля излучения, эта величина определяет степень корреляции между двумя модами и имеет следующий вид

$$g = Sp(\rho, a_1 a_2) = \langle a_1 a_2 \rangle,$$

где a_1, a_2 — бозоновские операторы уничтожения, и ρ — матрица плотности двух мод поля излучения [5].

Ограничения на эту величину можно получить из неравенства Коши-Шварца, которая выводится из основных принципов квантовой теории [6]),

$$\langle a_1^+ a_1 a_2^+ a_2 \rangle \leq \langle (a_1^+ a_1)^2 \rangle \langle (a_2^+ a_2)^2 \rangle. \quad (1)$$

Для четырехволнового смешения ниже порога генерации в резонаторе моменты поля излучения высших порядков выражаются через моменты второго порядка [5, 7]. С учетом этого в частном случае равенства чисел фотонов двух сопряженных мод $n = n_1 = n_2$ ($n_i = \langle a_i^\dagger a_i \rangle$, $i = 1, 2$) из (1) можно получить следующее соотношение

$$|g|^2 \leq n(n+1).$$

В общем случае представим неравенство Коши-Шварца (1) в виде

$$R = \frac{\langle a_1^\dagger a_1 a_2^\dagger a_2 \rangle^2}{\langle (a_1^\dagger a_1)^2 \rangle \langle (a_2^\dagger a_2)^2 \rangle} \leq 1. \quad (2)$$

Величина R характеризует степень эффективности межмодовой корреляции и может быть измерена в двухмодовых корреляционных экспериментах [6]. Настоящая работа посвящена исследованию величины R в зависимости от собственной частоты ω_1 , ширины поглощения Γ оптического резонатора и параметров лазерного поля.

2. С учетом гауссовской структуры поля излучения выражение (2) можно привести к виду

$$R = \frac{(|g|^2 + n_1 n_2)^2}{(2n_1^2 + n_1)(2n_2^2 + n_2)}.$$

Для четырехволнового смешения в среде двухуровневых атомов число фотонов в присутствии оптического резонатора, число фотонов в моде $p_1 = \langle a_1^\dagger a_1 \rangle$ и аномальный коррелятор $g = \langle a_1 a_2 \rangle$ исследованы в работах [3, 4, 7]. Здесь используются результаты работы [7].

На рисунке приведены результаты численных вычислений отношения (2), в зависимости от расстройки частоты резонатора ω_1 относительно частоты атомного перехода ω_0 . Как видно из рисунка, неравенство Шварца выполняется для всей области частот. Для заданных значений отношения параметров лазера $2|v|/\varepsilon$ (v — матричный элемент взаимодействия лазерного поля с атомом, ε — расстройка частоты накачки относительно атомного перехода) и отношения $\xi = 2\Gamma/\sigma$ коэффициентов поглощения резонатора Γ к коэффициенту поглощения среды двухуровневых атомов σ наибольшее значение R достигается для частот $\omega_1 = \omega \pm \Omega$ резонатора, совпадающих с частотами спектральных линий излучения двухуровневого атома в поле лазера с частотой ω , где $\Omega = (4|v|^2 + \varepsilon^2)^{1/2}$ — частота Раби. Отметим, что для этих значений частот получается и наибольшее сжатие дисперсии квадратурных амплитуд комбинированной моды [8].

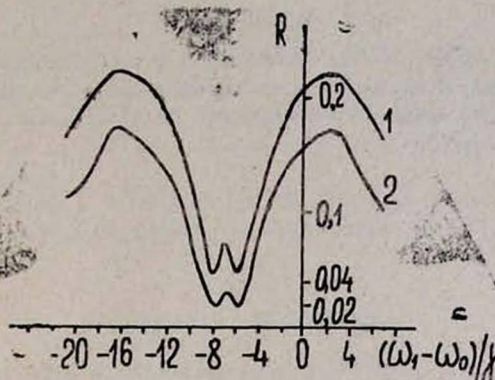
Для указанных частот $\omega_1 = \omega \pm \Omega$ коэффициент корреляции R можно представить в виде

$$R = \frac{1}{4} \left\{ \frac{4|v|^4 + (2|v|^2 + \varepsilon^2)^2}{4|v|^4 + \varepsilon^2 \Omega^2 (1 + \xi F)} \right\}^2,$$

где $F = (\varepsilon^2 + 2|v|^2)(\varepsilon^2 + 6|v|^2)/\varepsilon^2\Omega^2$. В предельном случае слабых полей $|v| \ll \varepsilon$ эта величина равна

$$R = \frac{1}{4} (1 + \xi)^{-2}$$

и достигает значения $R = \frac{1}{4}$ для хороших резонаторов $\Gamma \ll \sigma$.



Зависимость коэффициента корреляции R от расстройки частоты резонатора относительно частоты атомного перехода для двух значений отношения: $\Gamma/\sigma = 0.2$ — кривая (1), $\Gamma/\sigma = 0.1$ — кривая (2). Выбраны следующие значения параметров: $2|v|/\varepsilon = 1$, $\varepsilon/\gamma = 7$. Здесь: γ — спонтанная ширина атомного перехода, $\sigma = 4\pi N\omega_0 |d|^2/\hbar\gamma$ — коэффициент поглощения среды двухуровневых атомов с плотностью N , d — матричный элемент дипольного перехода, ω_0 — частота атомного перехода, Γ — коэффициент поглощения резонатора.

В области сильных полей $2|v| \ll \varepsilon$ величина R имеет следующую асимптотику

$$R = (1 + 3\xi)^{-2},$$

которая стремится к единице при увеличении добротности резонатора.

Автор выражает благодарность Крючкяну Г. Ю. за обсуждение и Крыжановской В. Н. за техническую помощь при оформлении статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Slusher R. E., Hollberg L. W., Yurk B. e. a. Phys. Rev. Lett., V. 55, p. 2409 (1985).
2. Kumer P., Shapiro J. H. Phys. Rev., v. A30, p. 1568 (1984).
3. Holm D. A., Sargent III M., Capron B. A. Optics Lett., v. 11, p. 443 (1986).
4. Reid M. D., Walls D. F. Phys. Rev., v. A33, p. 4465 (1986).
5. Геворкян С. Т., Крючков Г. Ю. ЖЭТФ, 92, 2034 (1987).
6. Reid M. D., Walls D. F. Phys. Rev., v. A34, p. 1260 (1986).
7. Геворкян С. Т., Крючков Г. Ю. ЖЭТФ, 94, 125 (1988).
8. Holm D. A., Sargent III M. Phys. Rev., v. A35, p. 2150 (1987).

Ս. Թ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ

Օպտիկական ռեզոնատորում շալլասեռված քառալիքային խառնման երեկույթի համար ուսումնասիրված է ֆոտոնների թվի կոռելյացիայի գործակիցը: Ցույց է տրված, որ պարամետրիկորեն կապված ֆոտոնների միջև մաքսիմալ հնարավոր կոռելյացիան ստացվում է լավ ռեզոնատորի ել ռմեղ լազերային դաշտի դեպքում:

CAVITY EFFECTS IN PHOTON CORRELATION

S. T. GEVORGYAN

A coefficient of photon number correlation is investigated during nondegenerate four-wave mixing in optical cavity. The maximum possible correlation between the photons of parametrically coupled modes is shown to take place in case of proper cavity and strong laser field.