

ПОЛУЧЕНИЕ СЖАТОГО ВАКУУМА С ПОМОЩЬЮ СВЕТОДЕЛИТЕЛЯ

Д.Ю. Кузнецов

Интерференция двух пучков сжатого света позволяет получить "сжатый вакуум", то есть состояние сжатого света с нулевым средним значением амплитуды поля.

Цель настоящей работы — предложить способ преобразования двух пучков сжатого света в пучок сжатого вакуума.

Пусть имеется два одинаковых пучка сжатого света. Если каждый из них приготовлен в чистом состоянии, то волновую функцию квазимонохроматического состояния фотонов можно записать в виде

$$\psi = \exp(aa^+ - a^*a) \exp(za^{+2}/2 - z^*a^2/2) \exp(ab^+ - a^*b) \exp(zb^{+2}/2 - z^*b^2/2) |0\rangle, \quad (1)$$

где a — параметр сдвига (квантовомеханическое среднее значение амплитуды комплексного светового поля); z — параметр сжатия; a^+ , a — соответственно операторы рождения и уничтожения кванта в одном пучке, b^+ , b — такие же операторы для другого пучка; $[a, a^+] = [b, b^+] = 1$, $[a, b] = [a, b^+] = 0$.

Если с помощью светоделителя (полупрозрачного зеркала) перемещать эти два пучка, то состояние на выходах светоделителя определяется /1/ волновой функцией вида (1) с подстановкой

$$a = (ur^* + vt^*)e^{-i\vartheta}, \quad b = ut^* + vr^*, \quad (2)$$

где u и v — операторы уничтожения кванта в первом и во втором выходах светоделителя, r и t — параметры светоделителя ($rr^* + tt^* = 1$, $rt^* + r^*t = 0$), ϑ — относительный сдвиг фаз пучков перед светоделителем. Подставляя (2) в (1), получим:

$$\begin{aligned} \psi = & \exp(a(e^{i\vartheta}r + t)u^+ - a^*(e^{-i\vartheta}r^* + t^*)u) \exp(a(e^{i\vartheta}r + t)v^+ - a^*(e^{-i\vartheta}r^* + t^*)v) \times \\ & \times \exp\left(\frac{z}{2}(e^{2i\vartheta}r^2 + t^2)u^{+2} - \frac{z^*}{2}(e^{-2i\vartheta}r^{*2} + t^{*2})u^2 - \right. \\ & \left. - \frac{z}{2}(e^{2i\vartheta}r^2 + t^2)v^{+2} - \frac{z^*}{2}(e^{-2i\vartheta}r^{*2} + t^{*2})v^2 + \right. \\ & \left. + z(e^{2i\vartheta} + 1)rtu^+v^+ - z^*(e^{-2i\vartheta} + 1)r^*t^*uv\right) |0\rangle. \end{aligned} \quad (3)$$

При $\vartheta = \pm \pi/2$ последние два слагаемых в последней экспоненте равны нулю и состояние в каждом из каналов можно описывать своей волновой функцией (волновая функция (3) факторизуется). Рассмотрим этот случай более подробно. Например, в канал "v" идет состояние $\exp(a(it + r)v^+ - a^*(-it^* + r^*)v) \times \exp\left(\frac{z}{2}(-t^2 + r^2)v^{+2} - \frac{z^*}{2}(-t^{*2} + r^{*2})v^2\right) |0\rangle$, которое при $t = i/\sqrt{2}$, $r = 1/\sqrt{2}$ является сжатым вакуумом.

Таким образом, с помощью интерференции двух одинаковых пучков можно отсечь когерентную часть поля, оставив чистое сжатие.

Два сжатых пучка в состоянии вида (1) нельзя получить из одного сжатого пучка с помощью еще одного (входного) светоделителя. Чистых состояний на выходе первого светоделителя не получится, последующее смешивание пучков на выходном светоделителе сжатого вакуума не дает.

Состояния вида (1) можно получить пропусканием двух одинаковых когерентных пучков (когерентные пучки можно получить расщеплением одного) через одинаковые нелинейные среды [2—4]. Сжатый вакуум, образующийся при деструктивной интерференции таких пучков, будет полезен в экспериментальных исследованиях неклассических свойств света.

Автор благодарен А.В. Масалову и С.М. Харчеву за ценные обсуждения изложенных выше результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fearn H., Loudon R. Opt. Comm., 69, 485 (1987).
2. Shirasaki M., Haus H. A., Liu Wong D. JOSA, B6, 82 (1989).
3. An S., Sargent M. III. Opt. Lett., 13, 437 (1988).
4. Zubary M. S. et al. Phys. Lett., A98, 168 (1983).

Поступила в редакцию 11 сентября 1989 г.