

01; 07

© 1992

СТАТИСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЗЫ РАЗВИТОГО СПЕКЛ-ПОЛЯБ.Б. Горбатенко, И.С. Клименко,
Л.А. Максимова, В.П. Рябухо

Согласно широко принятому представлению [1-3], фаза развитого спекл-поля — случайная величина, равномерно распределенная в интервале $(-\pi, \pi)$. Это представление распространяется и на пространственное распределение фазы в спекл-модулированном поле: при переходе от одного спекла к соседнему фаза поля равновероятно изменяется в интервале $(-\pi, \pi)$. Однако в [4] показано, что для источника спекл-поля в виде четырех симметрично расположенных диффузно-рассеивающих отверстий в дальней области дифракции существуют скопления спеклов, фазы которых жестко связаны между собой: при переходе от одного спекла к соседнему фаза меняется на π радиан. Вместе с тем, в экспериментах по интерференции спекл-поля с наклонной плоской волной (см., например, [5]) чаще всего наблюдается взаимный сдвиг интерференционных полос в соседних спеклах на полпериода. Это обстоятельство наводит на мысль, что в развитой спекл-структуре разность фаз поля в соседних спеклах имеет неравномерную плотность вероятности с максимумов для значений π радиан.

Нами установлено, что такое положение характерно для симметричных источников спекл-полей. В настоящей работе в виде гистограмм приводятся экспериментальные результаты определения разности фаз поля в двух разноотстоящих друг от друга точках спекл-структуры. Для измерений использовалась интерференционная схема Юнга (рис. 1). Исследуемое спекл-поле получали путем прохождения лазерного пучка 1 через рассеиватель 2 и экран с отверстием 3. В дальней области дифракции (расстояние z достаточно велико) устанавливался экран 4 с двумя точечными отверстиями, расстояние между которыми сравнимо с размерами спеклов. В плоскости изображения экрана 3, даваемого линзой 5, с помощью микроскопа 7 наблюдались интерференционные полосы и измерялись их смещения в долях периода при смене реализаций спекл-поля. Изменение разности фаз $\Delta\varphi$ поля в отверстиях экрана 4 связано с величиной сдвига интерференционных полос Δx простым соотношением $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\Lambda}$, где Λ — период полос. Проводилось по 150 измерений разности фаз для трех характерных расстояний r_1 , r_2 и r_3 между отверстиями в экране 4. Эти расстояния соответствовали экстремальным значениям модуля автокорреляционной функции

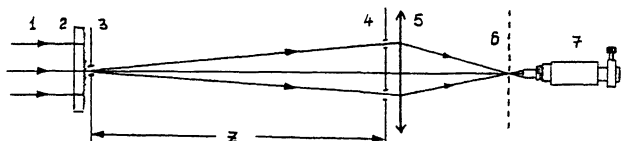


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 - лазерный пучок, 2 - рассеиватель, 3 - экран с отверстием, 4 - экран с двумя отверстиями, 5 - линза, 6 - плоскость наблюдения, 7 - микроскоп.

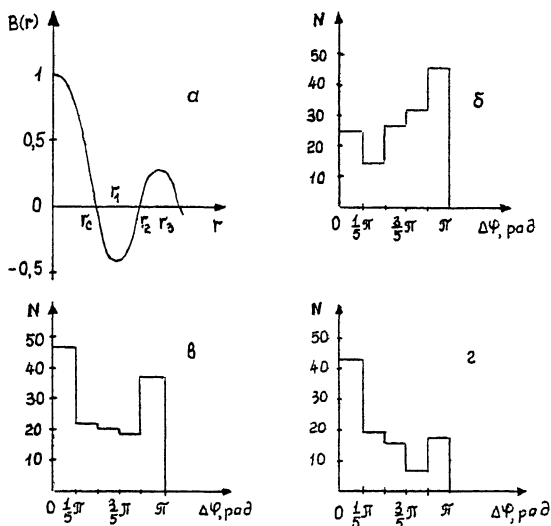


Рис. 2. Нормированная автокорреляционная функция спекл-поля кольцевого источника (а) и гистограммы результатов измерения разности фаз в двух точках спекл-модулированного поля: б - расстояние между точками $r = r_1$; в - $r = r_2$; г - $r = r_3$.

$B(r)$ спекл-поля (рис. 2, а), вид которой определялся с помощью теоремы Ван-Циттерта-Цернике. В наших экспериментах для формирования спекл-поля использовалось кольцевое отверстие, при котором автокорреляционная функция приблизительно имеет вид функции Бесселя первого рода нулевого порядка: $B(r) = J_0\left(\frac{2\pi Rr}{\lambda z}\right)$, где R - радиус кольца, r - расстояние между отверстиями. Расстояние $r = r_c$, при котором автокорреляционная функция $B(r)$ равна нулю, соответствует характерному размеру спеклов.

На рис. 2, б-г гистограммами представлены результаты измерений разности фаз поля для трех обозначенных на рис. 2, а расстояний между исследуемыми точками. При $r = r_1$ наиболее вероятно, что отверстия попадают в соседние спеклы, но не исключается возможность попадания отверстий и в один спекл. Соответствующая гистограмма на рис. 2, б показывает, что наиболее вероятны значения вблизи π радиан. При $r = r_2$ равновероятно попадание отверстий либо в соседние спеклы, либо расположенные через один; на соответствующей гистограмме (рис. 2, в) выравниваются вероятности значений разности фаз вблизи 0 и π радиан. При $r = r_3$ наиболее вероятно попадание отверстий в спеклы, расположенные через один, но возможно попадание и в соседние спеклы; гистограмма на рис. 2, г показывает относительное увеличение вероятности разности фаз вблизи 0.

Таким образом, экспериментальные данные показывают отчетливую неравномерность плотности вероятности разности фаз в развитом спекл-поле. Важно отметить, что наиболее вероятными значениями являются 0 и π радиан. Полученные результаты не соответствуют принятым представлениям о статистических свойствах распределения фазы в спекл-модулированном поле и указывают на необходимость более тщательного изучения фазовых распределений в спекл-полях.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] G o o d m a n J.W. In: Laser Speckle and Related Phenomena. Topics in Applied Physics. V. 9. Berlin, Springer-Verlag, 1984. P. 9-75.
- [2] D a i n t y J.C. In: Progress in Optics. V. 14. North-Holland, Amsterdam, 1979. P. 3-49.
- [3] Ф р а н с о н М. Оптика спеклов. М.: Мир, 1980. 171 с.
- [4] Г о р б а т е н к о Б.Б., К л и м е н к о И.С., Р я б у х о В.П. // Опт. и спектр. 1987. Т. 62. В. 6. С. 1367-1372.
- [5] Б а р а н о в а Н.Б., З е л ь д о в и ч Б.Я., М а м а е в А.В., П и л и п е ц к и й Н.Ф., Ш к у н о в В.В. // ЖЭТФ. 1982. Т. 83. В. 5(11). С. 1702-1710.

Поступило в Редакцию
30 декабря 1991 г.