

## ЛАЗЕРНЫЕ ПУЧКИ С ВИНТОВЫМИ ДИСЛОКАЦИЯМИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА

*В.Ю.Баженов, М.В.Васнецов, М.С.Соскин*

Экспериментально получены и исследованы когерентные световые поля с дислокациями волнового фронта различных порядков при прохождении лазерного пучка через многомодовый волновод и при дифракции на синтезированных голограммах.

Дислокации волнового фронта <sup>1</sup> или оптические вихри привлекают внимание как один из новых объектов, существующих в оптических полях сложной пространственной структуры или в лазерных резонаторах с большим числом Френеля <sup>2</sup>. При наличии винтовой дислокации волновой фронт представляет собой единую винтовую (правую или левую) поверхность с особенностью, при обходе которой происходит смещение фазы на шаг кратный  $2\pi$ . Поверхность волнового фронта может иметь особенность только там, где модуль комплексной амплитуды поля  $E$  обращается в ноль, т.е. одновременно равны нулю как действительная, так и мнимая части. Дислокации первого порядка (шаг изменения фазы равен  $2\pi$ ) наблюдались в спекл-структуре поля рассеянного когерентного излучения <sup>1</sup>.

Целью настоящей работы явилось получение и исследование свойств регулярных световых полей с винтовыми дислокациями, в том числе и высоких порядков.

Для исследования структуры поля одиночной дислокации использовалась экспериментальная установка (рис. 1а), представляющая собой интерферометр Маха-Цендера, в одно из плеч которого помещался отрезок жгута из многомодовых оптических волокон. Излучение гелий-неонового лазера с гауссовой модой фокусировалось в одно из волокон жгута, при этом на выходе из волокна наблюдалась картина, состоящая из двух - трех пятен неправильной формы. В опорное плечо интерферометра устанавливалась рассеивающая линза для выравнивания расходимостей интерферирующих пучков. Поворачивая выходное полупрозрачное зеркало интерферометра, можно было наблюдать интерференционную картину в различных участках выходящего из волновода пучка. Обычная кольцевая интерференционная картина наблюдалась в максимумах освещенности. Если же в центре области интерференции оказывалась дислокация, то картина приобретала вид спирали (рис. 1б), наглядно демонстрируя существование винтообразной волновой поверхности. В центре спирали всегда оказывался ноль интенсивности выходящего из волновода пучка.

В случае, когда интерферирующие пучки падали на экран под небольшим углом друг к другу, наблюдалось расщепление или исчезновение полосы интерференции, подобно описанному в <sup>1</sup> для дислокаций в спекл-полях.

Дислокации, наблюдаемые в эксперименте по схеме рис. 1а, имели только плюс первый или минус первый порядок (изменение фазы за обход  $+2\pi$  или  $-2\pi$  соответственно). При этом количество правых и левых винтовых дислокаций было одинаковым. Наблюдение дислокаций более высоких порядков в этой схеме крайне маловероятно, поскольку для этого требуется пересечение в одной точке более двух пар линий, на которых  $\text{Re}E = 0$  и  $\text{Im}E = 0$ . В картине интерференции пучков это соответствовало бы расщеплению полосы интерференции на четыре и более новых полос. Поэтому для создания пучков с дислокациями высоких порядков нами были синтезированы амплитудные голограммы, имитирующие интерференционное поле плоской волны с волной, несущей дислокацию нужного порядка. После расчета на компьютере и вывода на дисплей были изготовлены уменьшенные копии на фотопленке с периодом 0,1 мм и размером  $2 \times 2,5$  мм. Вид синтезированных решеток изображен на рис. 2.

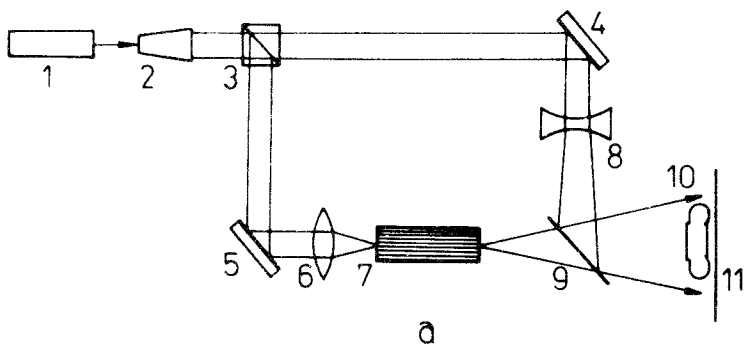


Рис. 1. *а* - схема эксперимента: 1 - He-Ne-лазер; 2 - расширитель пучка; 3 - делитель пучка; 4,5 - зеркала; 6 - объектив; 7 - жгут волокон; 8 - рассеивающая линза; 9 - полупрозрачное зеркало; 10 - фотокамера; 11 - экран для наблюдения интерференции пучков. *б* - картина интерференции опорной сферической волны и волны с винтовой дислокацией волнового фронта

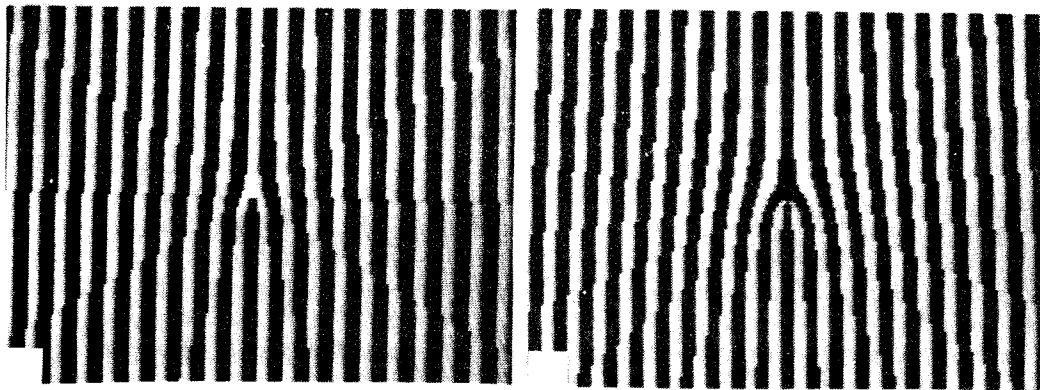


Рис. 2. *а* - синтезированная голограмма для получения пучков с дислокацией первого порядка и *б* - второго порядка

Свойства пучков, дифрагированных на синтезированных голограммах, исследовались в схеме аналогичной показанной на рис. 1а, в которой вместо волоконного жгута и фокусирующего объектива устанавливалась синтезированная решетка. При этом расширитель пучка не использовался. В дифрагированных порядках отчетливо наблюдается кольцевая структура пучков. С повышением порядка дислокации провал интенсивности в центре пучка приобретает все более резкие края. Для дислокаций высоких порядков картина интерференции с опорной волной имеет вид нескольких вложенных спиралей, количество которых равно порядку дислокации. Спирали, соответствующие положительным и отрицательным порядкам дифракции, имеют закрутку в противоположные стороны. Отметим, что поперечная структура пучков не изменялась существенным образом по мере их распространения. Это означает, что вывод о неустойчивости световых полей с дислокациями высоких порядков <sup>1</sup> требует уточнения.

Нами наблюдалось также возрастание порядка дислокации в дифрагированных пучках высоких порядков (в точном соответствии с порядком дифракции), однако качество получаемых таким образом пучков оказывалось весьма низким.

Таким образом, в работе показана возможность получения когерентных световых пучков с регулярной поперечной структурой, имеющих винтовые дислокации волнового фронта. Впервые получены с помощью синтезированных голограмм пучки с дислокациями высоких порядков.

Авторы благодарят С.Г.Одулова и В.В.Шкунова за полезные дискуссии.

### Литература

1. Зельдович Б.Я., Пилипецкий Н.Ф., Шкунов В.В. Обращение волнового фронта. М.: Наука, 1986.
2. Couillet P., Gil L., Rocca F. Opt. Commun., 1989, 73, 403.