

Интерференционные методы формирования структурированного света

В. Ю. Венедиктов¹, Б. А. Евтушенко¹, А. А. Рыжая¹, А. А. Севрюгин¹, А. Л. Соколов²,
Е. В. Шалымов¹, Е. К. Юрьева¹

¹ Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

² Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения» (АО «НПК «СПП»), Москва, Россия

В данной статье описывается экспериментальное исследование способа формирования оптического вихря с использованием лучей, отраженных от комбинации двух ретрорефлекторов или кубических уголкового отражателя (КУО) со специальным интерференционным фазосдвигающим покрытием, входящих в состав поляризационного интерферометра, и его анализ в дальней зоне. Как предполагалось ранее, при правильном расположении КУО создается оптический вихрь [1].

Ключевые слова: Оптический вихрь, Уголкового отражатели, Поляризация света, Поляризационный интерферометр, Дальняя зона.

Цитирование: Венедиктов, В. Ю. Интерференционные методы формирования структурированного света / В. Ю. Венедиктов, Б. А. Евтушенко, А. А. Рыжая, А. А. Севрюгин, А. Л. Соколов, Е. В. Шалымов, Е. К. Юрьева // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 31–34.

Введение

В настоящее время проявляется большой интерес к различным методам генерации оптических вихрей (ОВ).

Согласно [1] в случае, если на систему из двух ретрорефлекторов, или же кубических уголкового отражателя (КУО) со специальным фазосдвигающим покрытием падает излучение с круговой поляризацией, на выходе, в дальней зоне, должен образоваться скалярный оптический вихрь с зарядом 2. Дифракция в дальней зоне напрямую зависит от размера, угла между поверхностями, покрытия ретрорефлектора, а так же от падающего излучения. Для получения более подробной информации о КУО и поляризационных эффектах можно обратиться к [2].

Однако большинство этих исследований были теоретическими, мы решили собрать экспериментальные схемы, позволяющие подтвердить теоретические предположения, указанные в [1,2].

Результаты экспериментальной части

В практической части рассматриваются экспериментальные установки, позволяющие сгенерировать оптический вихрь. На рис. 1 показаны результаты формирования скалярного вихря в ближней зоне. Несмотря на высокие аберрации, на этих изображениях можно увидеть

вилкообразные узоры, указывающие на то, что результирующий пучок действительно имеет фазовую структуру, подобную оптическому вихрю с топологическим зарядом 2.

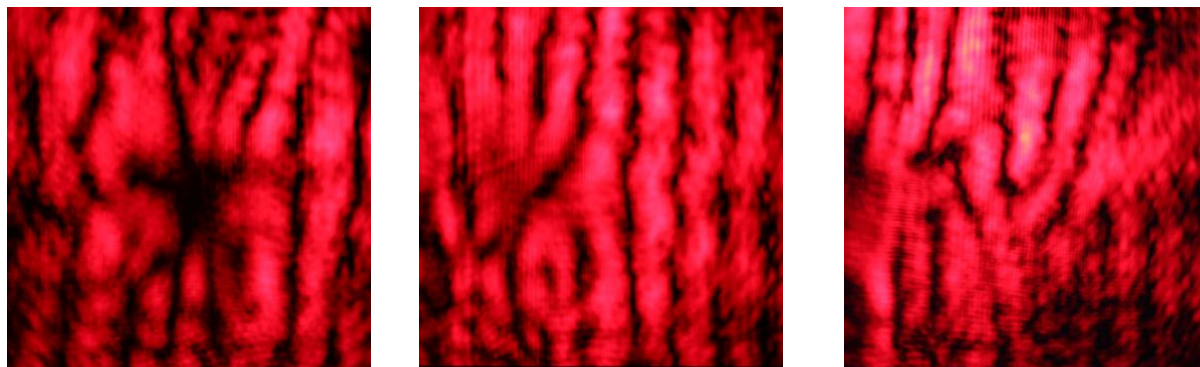


Рис. 1. Снимки, полученные с помощью интерферометра сдвига, с использованием луча с круговой поляризацией, отраженного от двух ретрорефлекторов

На рис. 2 и 3 представлены результаты исследования дифракционной картины дальнего поля как с линейной, так и с круговой поляризацией света. На рисунке 2 показаны результаты, полученные без поляризатора, с отчетливым распределением интенсивности в форме “пончика”, хотя и aberrированным. Добавление поляризатора привело к получению предсказанного в [1] рисунка из 4 точек, который вращался синхронно с ним. Однако на этот раз колебания фазы повлияли на нашу установку еще сильнее, ухудшив результирующие изображения, показанные на рисунке 3.

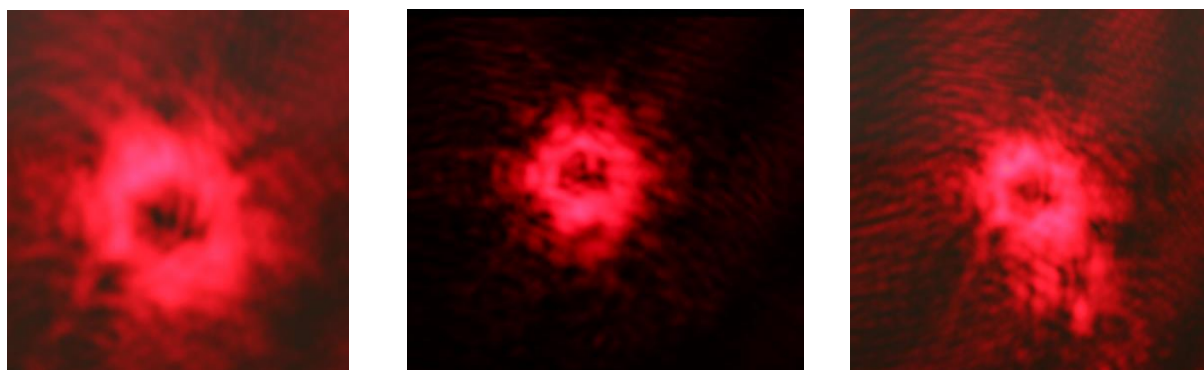


Рис. 2. Снимки, полученные без линейных поляризаторов

На рисунке 4 показаны результаты анализа фазовой структуры пучка в дальней зоне. Полученные результаты хоть и содержат в себе искомую “вилкообразную” интерференционную картину, не столь убедительны, так как интерферометр сдвига плохо подходит для измерения топологического заряда ОВ в дальней зоне. Тем не менее, на этих изображениях так же можно увидеть вилкообразный рисунок, указывающий на то, что результирующий пучок имеет фазовую структуру, подобную оптическому вихрю с топологическим зарядом 2.

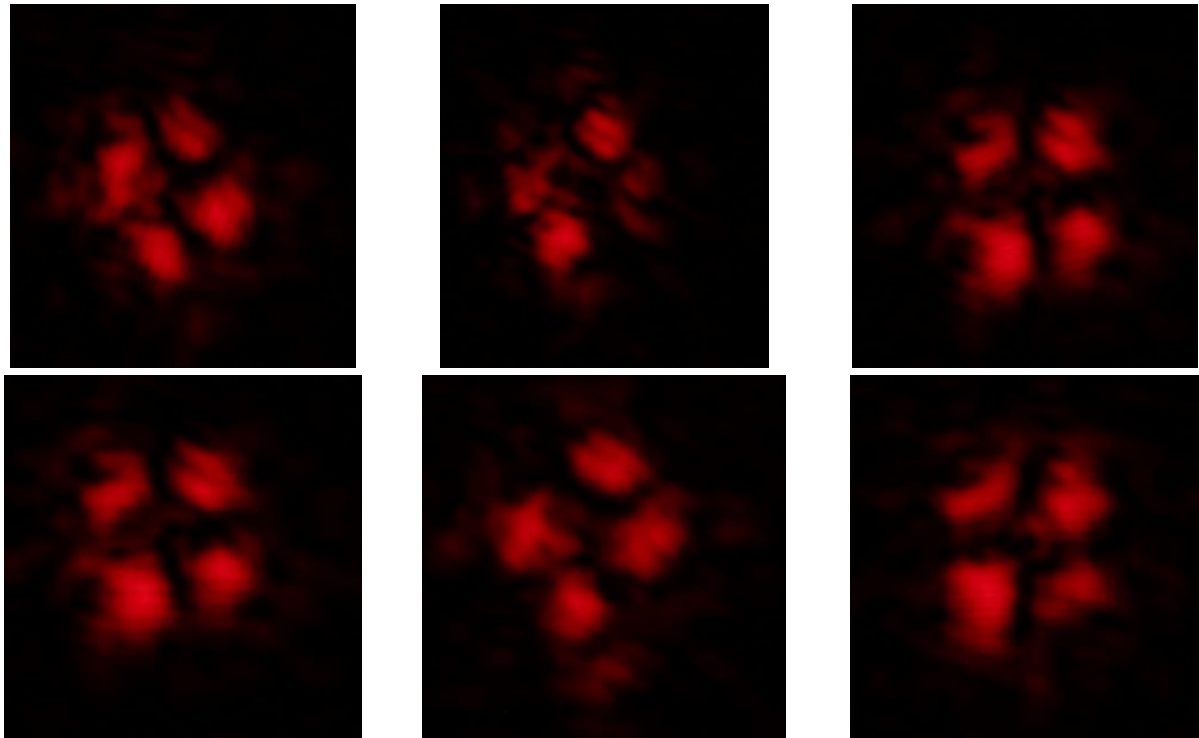


Рис. 3. Изображения, полученные при вращении линейного поляризатора на выходе системы уголковых кубических отражателей

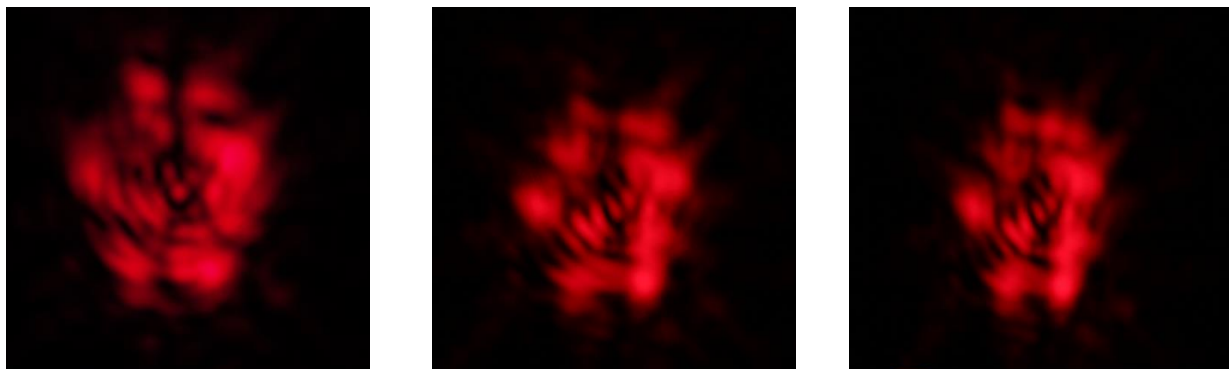


Рис. 4. Снимки, полученные в дальнем поле с помощью интерферометра сдвига

Заключение

В данной работе представлено экспериментальное исследование формирования поляризационно-симметричной структуры (оптического вихря), отраженного от системы двух уголковых отражателей со специальным фазосдвигающим покрытием. Основываясь на предыдущих теоретических исследованиях, создана схема, позволяющая проводить анализ оптического вихря в дальней зоне дифракции. Результаты показывают, что интерференция полученного изображения соответствует теоретическим исследованиям.

Список источников

- [1]. Sokolov A. L., Murashkin V. V. Retroreflective spatial-polarization interferometer // *Applied Optics*. – 2020. – Т. 59. – №. 32. – С. 9912-9923.
- [2]. Поляризационная оптика. 3-е изд., испр. и доп. / Е. Ф. Ищенко, А. Л. Соколов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 576 с. – ISBN 978-5-9221-1838-5.
- [3]. Топологический заряд оптических вихрей / В.В. Котляр, А.А. Ковалев. Самара: Новая техника, 2021. – 185 с. – ISBN 978-5-88940-157-5.
- [4]. Соколов А. Л. и др. Угловые отражатели с интерференционным диэлектрическим покрытием // *Квантовая электроника*. – 2013. – Т. 43. – №. 9. – С. 795-799.

Interference methods for the structured light formation

*V. Y. Venediktov¹, B. A. Evtushenko¹, A. A. Ryzhaya¹, A. A. Sevryugin¹, A. L. Sokolov²,
E. V. Shalymov¹, E. K. Yuryeva¹*

¹ Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI”, Saint Petersburg, Russia

² Scientific and Production Corporation "Precision Instrument Engineering Systems", Moscow, Russia

The report is devoted to the experimental implementation of the polarization interferometer. Such an interferometer is an interferometer assembled according to the Michelson scheme using prismatic retroreflectors instead of flat mirrors. In the retroreflectors used, a special coating is applied to the reflecting faces, which (unlike similar devices using full internal reflection) does not lead to a mutual phase shift of the s- and p-polarized components of the incident radiation, which, in turn, allows controlling the mutual phase shift of interfering waves. It is shown experimentally that in such a system it is possible to form various non-trivial light beams with a singularity, and, in particular, scalar (phase) and vector optical vortices.

Keywords: Retroreflector. light polarization, Structured light.