ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

DOI: 10.22184/1993-7296.FRos.2022.16.3.226.234

Поляризационный интерферометр и структурированный свет

В. Ю. Венедиктов¹, К. Н. Гаврильева¹, Ю. С. Гудин¹,

В.Д.Ненадович², А.А.Рыжая¹, А.А.Севрюгин¹, А.Л.Соколов², Е.В.Шалымов¹

- 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 статье описывается экспериментальное исследование способа формирования структурированного света с использованием комбинации двух уголковых отражателей со специальным интерференционным фазосдвигающим покрытием. Как и предсказывалось ранее, при правильном расположении эти уголковые отражатели создают пространственную поляризационную структуру, в которой плоскость колебаний вектора Евращается с изменением азимута в поперечной плоскости. Схема позволяет легко создавать такие пучки, хотя и с некоторыми особенностями – требуется согласовывание фаз, а сами структуры лучше всего выражены в «дальнем» поле.

Ключевые слова: уголковые отражатели, пространственная поляризационная структура, поляризация света, световозвращающий пространственно-поляризационный интерферометр

> Статья получена: 12.04.2022 Статья принята: 26.04.2022

введение

Существует множество методов создания структурированного света, таких как компьютерные голограммы, спиральные фазовые пластины, преобразователи мод и иные. Несмотря на это, продолжаются работы по изучению альтернативных методов получения пучков структурированного света, один из которых будет описан в данной статье.

Polarization Interferometer and Structured Light

V. Yu. Venediktov¹, K. N. Gavril'eva¹, Yu. S. Gudin¹, V. D. Nenadovich², A. A. Ryzhaya¹, A. A. Sevruygin¹,

A. L. Sokolov², E. V. Shalymov¹

¹ Laser Measurement and Navigation Systems department, Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia

² Research-and-Production Corporation, Precision Systems and Instruments (RPC PSI), Moscow, Russia

This article describes an experimental study of the optical vortex formation using beams reflected from a combination of two cube-corner reflectors with a special interference phase-shifting coating. As predicted earlier, if arranged properly, these cube-corner reflectors create a spatial polarization structure, that can be called an optical vortex, since the plane of oscillations of the vector *E* rotates with azimuth variation in the transverse plane. This enables an easy way of creating such vortices, albeit with some difficulties due to the need for precise optical path control and vortices themselves created in far field.

Keywords: optical vortex, cube-corner reflectors, spatial polarization structure, polarization of light, retroreflective spatial-polarization interferometer

Received on: 12.04.2022 Accepted on: 26.04.2022

INTRODUCTION

Optical vortices have many different potential applications – communications, optical testing, optical manipulation of small particles, and so on. Several methods exist to create an optical vortex, including computer-generated holograms. spiral phase plates, mode conversion and so on. However, new methods of creating optical vortices are welcomed to increase the area of their application.

Previously, lots of work was done on creating of the cube-corner reflectors (CCR) with a certain far-field diffraction pattern, with one of the effective ways to optimize it was using a special phase-shifting interference coating to create the required phase shift of the light is reflected on the cube-corner reflectors faces. [1–6] The

Ранее была проделана большая работа по созданию уголковых отражателей (УО) с определенной дифракционной картиной дальнего поля, причем одним из эффективных способов оптимизации стало использование специального фазосдвигающего интерференционного покрытия для создания требуемого сдвига фазы света, отраженного от поверхностей уголковых отражателей [1-6]. Основная цель разработки этих УО - уменьшение расходимости отраженного пучка, что важно в такой задаче, как измерение расстояния от Земли до спутников. Сегодня все спутники GPS, Глонасс и многие другие оснащены панелями, содержащими несколько десятков или даже несколько сотен специальных УО. По сравнению с «обычным» УО, легкодоступным решением у многочисленных коммерческих компаний, такой УО обладает двумя особенностями, а именно:

- Угол между гранями призмы немного больше стандартного угла в 90°. Следовательно, вместо одиночного пучка с гексагональным рисунком в его сечении такой УО отражает входящую плоскую волну как комбинацию из шести отдельных пучков, распространяющихся вдоль конической поверхности.
- «Обычные» УО используют полное внутреннее отражение от граней. Следовательно, после каждого отражения Р- и S-линейно поляризованные компоненты излучения накапливают взаимный фазовый сдвиг в зависимости от геометрии отражения. Отражающие поверхности призм, которые мы здесь рассматриваем, покрыты специальными покрытиями, обеспечивающими либо сохранение линейной поляризации, либо ее поворот на 90°.

Такие уголковые отражатели образуют шеститочечную дифракционную картину, при этом плоскости колебаний вектора Е каждой из точек повернуты относительно друг друга на определенный угол. В работах [4, 7, 8] теоретически рассматривался так называемый поляризационный интерферометр. Такой интерферометр аналогичен обычному интерферометру Майкельсона, в котором оба плоских зеркала заменены упомянутыми УО. В работах [4, 7, 8] теоретически рассматривались различные конфигурации таких интерферометров. Было показано, что наиболее интересным вариантом является тот, в котором равносторонние треугольники входных граней УО повернуты на 60° относительно друг друга. Как мы уже говорили, в работах [4, 7, 8] эти устройства изучались теоретически. Было показано, что можно создавать различные конфигурации таких устройств. В одной

primary goal of developing such cube-corner prisms was related to the task of measuring the distance from the ground to satellites. Today all GPS satellites, all Glonass satellites and many other satellites are equipped by the panels, containing several dozens or even several hundreds of special CCR elements. When compared with the "usual" CCR, easily available from numerous commercial companies, such CCR reveal two special features, namely:

OPTICAL DEVICES & SYSTEMS

- 1. The angle between the edges at the top of the prism is slightly more than the standard 90°. Hence, instead of the single beam with the hexagonal pattern in its section such CCR reflects the incoming plane wave as the combination of six separate beams, propagating along the conical surface.
- 2. "Usual" CCRs employ the total internal reflection from the edges. Hence, after each reflection the Pand S- linearly polarized components of radiation accumulate mutual phase shift, depending upon the reflection geometry. The reflecting faces of the prisms, which we consider here, are coated by the special polarization coatings, providing either preservation of the linear polarization or its turn in 90°.

Such cube-corner reflectors form of a six-spot diffraction pattern with each spot having planes of vector *E* oscillations rotated relative to each other at a certain angle. In [4, 7, 8] there was considered in theory the so-called polarization interferometer. Such an interferometer is similar to the usual cross-like Michelson interferometer, where both plane mirrors are replaced by the said CCRs. In the papers [4, 7, 8] various configurations of such interferometers were considered in theory. It was shown that the most interesting variant is the one in which the equilateral triangles of the input faces of CCRs are rotated in 600 one with respect to another. As we have said already, in the papers [4, 7, 8] these devices were studied in theory. It was shown that it is possible to create different configurations of such devices. In one of such configurations it is possible to produce the socalled vector vortex wave with the azimuthal direction of polarization vector. This article, which is now offered to the attention of readers, presents the first experimental realization of such a device and generation of the vector vortex in it. For the reader's convenience we present first a brief explanation of such device operation, and after it the experimental results and some discussion. It is interesting to note that, according to the results of [8], other configurations of polarization interferometer can produce the so-called phase vortex of the second order and many other interesting and promising variants of the structured light beams with the axially symmetrical distribution of phase and polarization. Such configurations will be investigated in our next papers.



ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

из таких конфигураций можно создать так называемый векторный вихревой пучок с азимутальным направлением вектора поляризации. В этой статье, которую мы предлагаем вниманию читателей, представлена первая экспериментальная реализация такого устройства и генерация в нем структурированного света. Для удобства читателя мы приводим сначала краткое объяснение работы такого устройства, а после него – результаты экспериментов и некоторые обсуждения.

Интересно отметить, что, согласно результатам [8], другие конфигурации поляризационного интерферометра могут создавать так называемый фазовый вихрь второго порядка и многие другие интересные и перспективные варианты структурированных световых пучков с осесимметричным распределением фазы и поляризации. Такие конфигурации будут исследованы в наших следующих статьях.

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР И СТРУКТУРИРОВАННЫЙ СВЕТ

Подробно теория работы поляризационного интерферометра была описана в [8]. Здесь мы приводим некоторые краткие сведения из упомянутой статьи, чтобы упростить читателю понимание нашей экспериментальной установки.

Первое, что следует отметить, - когда пучок проходит УО, он подвергается трем отражениям, каждое из которых вызывает сдвиг фазы между ортогональными компонентами вектора Е.Во-вторых, плоскости падения пучка на ребро не совпадают. Эти факторы определяют поляризационные характеристики УО. Результирующая структура поляризации отраженного пучка зависит от того, в какой из шести секторов попадает пучок (рис. 1а), поляризации исходного пучка и параметров УО [1-6]. Волновой фронт исходного пучка делится на шесть частей при его отражении от УО, как упоминалось ранее, и эти части имеют разные состояния поляризации и фазовые сдвиги. В дополнение к этому из-за дифракции и интерференции между ними будет формироваться сложная дифракционная картина дальнего поля (ДКДП). Фазовый сдвиг ортогональных составляющих во время отражения оказывает наиболее значительное влияние и зависит от типа покрытия поверхности УО.

В нашем случае эти УО имеют специальное интерференционное покрытие, которое позволяет подобрать во время производства результирующий сдвиг фазы в широком диапазоне от 0 до п. Такие покрытия вызывают фазосдвигающими, а нужный результат достигается набором слоев с раз-

POLARIZATION INTERFEROMETER FOR VECTOR VORTEX FIORMATION

The rigorous theory of the polarization interferometer performance was given in [8]. Here we present some briefs from the said paper so as to simplify the reader understanding of our experimental setup.

First thing to note – when the beam enters CCR it undergoes three reflections, each of which induces a phase shift between the orthogonal components of the electric vector *E*. Second – the plane of incidence of the beam on the edge does not coincide. This determines the polarization characteristics of the CCR. The resulting structure of the reflected beam polarization depends on which of the six sectors the beam hits (Fig. 1a), incoming beam polarization and CCR parameters [1–6]. The wavefront of the incoming beam is divided into six parts upon its reflection from the CCR, as mentioned earlier, and these parts have different polarization states and phase shifts. In addition to that due to diffraction and interference between them a complex far-field diffraction pattern (FFDP) will form.

The phase shift of the orthogonal components during reflection has most significant impact, and it depends on the type of the CCR face coating. In our case these CCRs have special interference coating, thus resulting phase shift can be selected during production over a wide range from 0 to π . Such coatings induce phase shift thanks to multiple layers and different transmittances at the media boundary for P- and S- polarized components of the wave. In case of reflection at Brewster angle from a CCR face a P- component travels down to the last layer of the interference coating, almost without reflections, and returns, thanks to total internal reflection, with a certain phase shift that depends on the coating thickness its refractive index, and the number of layers. Meanwhile the S- component undergoes numerous reflections at layer boundaries, and the resulting wave if formed by superposition of the secondary coherent waves with different phase shifts [6]. In our case only CCRs with zero phase shift are considered with the FFDP of a symmetric system of six spots without a central spot.

Let's assume two CCRs with a special phase-shifting coating, which ensures a zero-phase shift between Pand S- polarization components upon reflection from each of the three faces are placed instead of a mirrors in a Michelson-type interferometer, at a 90° angle as shown on Fig. 2 (a). Depending on phase shift (0 to π) between reflected beams we will get different patterns. This phase shift can be created either using liquid crystal variable retarder, variable pathlength cell or an adjustable mount, for example with a piezoceramic actuator. The resulting setup works similar to a retroreflective spatialpolarization interferometer (RSPI), based on a Rayleigh

hv



Рис. 1. Состояния поляризации и коэффициенты пропускания для УО с фазосдвигающим покрытием, нулевой сдвиг, Е_{іпс} – поляризация входящего пучка; (а) шесть секторов УО, которые обеспечивают различную поляризацию при отражении; структура поляризации отраженного пучка для (b) правой круговой поляризации (с) линейной горизонтальной, (d) линейной вертикальной поляризаций входящего пучка

OPTICAL DEVICES & SYSTEMS

Fig. 1. Polarization states and the transmission coefficients for CCR with a special phase shift coating, zero shift, E_{inc} – incoming beam polarization; (a) CCR's six sectors that provide different polarization upon reflection; the polarization structure of the reflected beam for (b) right circular polarization (c) linear horizontal, (d) linear vertical polarization of the incoming beam

личными коэффициентами пропускания для Ри S-поляризованных составляющих волны. В случае отражения от поверхности УО под углом Брюстера Р-компонента проходит до последнего слоя интерференционного покрытия почти без отражений и возвращается, благодаря полному внутреннему отражению, с определенным сдвигом фазы, который зависит от толщины покрытия, его показателя преломления и количества слоев. При этом S-составляющая подвергается многочисленным отражениям на границах слоев, и результирующая волна формируется путем наложения вторичных когерентных волн с различными фазовыми сдвигами [6]. В нашем случае рассматриваются только УО с нулевым сдвигом фазы и с ДКДП в виде симметричной системы из шести точек без центрального пятна.

Предположим, что два УО с фазосдвигающим покрытием, которое обеспечивает нулевой сдвиг фазы между компонентами Р- и S-поляризации при отражении от каждой из трех граней размеinterferometer, described in [9]. The polarization properties of the RSPI are described by a spiral polarization rotator, the order and sign of which change depending on the angular distance from the beam axis.

In case of the incoherent superposition the reflected beam can be decomposed into a set of Hermite–Gaussian modes with different polarization. Now we'll add path difference between two reflected beams (i. e. phase shift) into equation to see how it affects the polarization structure of the reflected light superposition. If the incoming plane wave has linear polarization an axisymmetric polarization structure is observed in the reflected beam. At a high distance, the intensity in the ring becomes uniform. Depending on the phase difference of the reflected beams the polarization structure changes significantly. At zero phase difference, an axisymmetric polarization structure of the second order can be observed, shown in Fig. 2b, with a Jones vector:

$$P2_a = \begin{pmatrix} -2\sin\phi\\\cos 2\phi \end{pmatrix}.$$



ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

щены вместо зеркал в интерферометре типа Майкельсона под углом 60°, как показано на рис. 2а. В зависимости от фазового сдвига (от 0 до п) между отраженными от них пучками мы получим разные структуры. Этот сдвиг фазы может быть создан либо с помощью жидкокристаллической (ЖК) ячейки, ячейки с изменяемой оптической длиной, либо с помощью подвижки, например, с пьезокерамическим приводом. Полученная установка работает аналогично световозвращающему пространственнополяризационному интерферометру (СВППИ), основанному на интерферометре Рэлея, описанном в [8]. Поляризационные свойства СВППИ описываются как спиральный вращатель поляризации, порядок и знак которого меняются в зависимости от углового расстояния от оси пучка.

В случае некогерентной суперпозиции отраженный пучок может быть разложен на набор мод Эрмита-Гаусса с различной поляризацией. Если мы добавим разницу в пути между двумя отраженными пучками (т.е. сдвиг фазы) в уравнение, то получим следующие результаты: если падающая плоская волна имеет линейную поляризацию, в отраженном пучке наблюдается осесимметричная структура поляризации. На большом расстоянии интенсивность в кольце становится равномерной. В зависимости от разности фаз отраженных пучков структура поляризации существенно меняется. При нулевой разности фаз можно наблюдать осесимметричную структуру поляризации второго порядка, показанную на рис. 2b, с вектором Джонса:

$$P2_a = \begin{pmatrix} -2\sin\phi\\\cos 2\phi \end{pmatrix}.$$

Если разность фаз равна п, пучки компенсируют друг друга, и на периферии появляется пучок четвертого порядка с вращением вектора **E** в противоположную сторону в поперечной плоскости, рис. 2с:

$$P2_a = \begin{pmatrix} 4\sin\phi\\\cos 4\phi \end{pmatrix}.$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 3. В качестве источника используется He-Ne лазер 1, с помощью перестраиваемого коллиматора 2 на отражатели подавался либо параллельный, либо слегка расходящийся пучок света. Коллимированный пучок проходит через поляризатор 3, после чего он разделяется светодели-



Рис. 2. Поляризационная структура пучка, отраженного от двух КУО, расположенных под углом 90° между ними (а) в СВППИ с различными фазовыми сдвигами между пучками: (b) $\delta = 0$, (c) $\delta = \pi$

Fig. 2. Polarization structure of the beam, reflected from two CCRs, placed with 90° angle between them (a) in the RSPI with various phase shifts between the beams: (b) $\delta = 0$, (c) $\delta = \pi$



Рис. 3. Схема экспериментальной установки: 1 – He-Ne лазер; 2 – коллиматор; 3, 7 – линейные поляризаторы; 4 – светоделительный куб; 5, 6 – уголковые отражатели; 8 – объектив; 9 – камера / экран

Fig. 3. Experimental setup. 1 – He-Ne laser; 2 – beam expander; 3, 7 – linear polarizers; 4 – beamsplitter cube; 5, 6 – cube-corner reflectors; 8 – lens; 9 – camera / screen





OPTICAL DEVICES & SYSTEMS

Рис. 4. Результат, полученный только с одним уголковым отражателем, без поляризатора 8 (А) или с различными ориентациями поляризатора 8 (В – 60°, С – 120°, D – 180°)

Fig. 4. Result obtained with only one corner reflector, without polarizer 8 (A) or with various orientations of polarizer 8 (B - 60°, $C - 120^\circ$, $D - 180^\circ$)

тельным кубом 4 на две волны с равной интенсивностью и поляризацией. После этого пучки отражаются от УО 5 и 6 и вновь совмещаются с помощью светоделительного куба, создавая требуемое распределение поляризации. Затем пучок отражался несколько раз от плоских зеркал, установленных на достаточно большом расстоянии (не показано на схеме), чтобы увеличить оптический путь. После этого результат записывался с помощью камеры 9 или наблюдался на бумажном экране. В некоторых случаях дополнительно устанавливался объектив 8. Вращая поляризатор 7, мы анализировали распределение поляризации на конечном изображении.

Результат, полученный только с одним уголковым отражателем и без поляризатора 7, показан на рис. 4 вверху слева. Верхнее правое и изображения в нижнем ряду на рис. 4 показывают результаты только с одним уголковым отражателем при различных ориентациях поляризатора 7.

Изображение, полученное от системы из двух уголковых отражателей без поляризатора 7 If a phase difference is π , the beams cancel each other, and a fourth-order beam with the opposite vector E rota-



Рис. 5. *Результат, полученный без поляризатора 8* **Fig. 5.** *Result obtained without polarizer 8*



ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

на некотором расстоянии, показано на рис. 5. На рис. 6 показаны изображения, полученные при установке поляризатора 7 под различными углами. Из-за недостаточного расстояния между экспериментальной установкой и камерой эти tion in the transverse plane appears at the periphery, Fig. 2c:

$$P2_a = \begin{pmatrix} 4\sin\phi\\\cos4\phi \end{pmatrix}$$



Рис. 6. Результаты, полученные при вращении поляризатора 8. А – исходное положение, В – поворот на 35° по часовой стрелке, С – поворот на 50° по часовой стрелке, D – повернут на 60° по часовой стрелке, Е – повернут на 90° по часовой стрелке, F – повернут на 110° по часовой стрелке

Fig. 6. Results obtained with rotation of polarizer 8. A – initial position, B – rotated 35° clockwise, C – rotated 50° clockwise, D – rotated 60° clockwise, E – rotated 90° clockwise, F – rotated 110° clockwise

OPTICAL DEVICES & SYSTEMS

изображения выглядят не так, как должны, поскольку дифракция недостаточно повлияла на распределение интенсивности. Однако видно, что интенсивность меняется при вращении поляризатора в соответствии с теорией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования формирования поляризационно-симметричной структуры отраженного излучения с использованием лучей, отраженных от комбинации двух уголковых отражателей со специальным интерференционным фазосдвигающим покрытием. Основываясь на предыдущих теоретических исследованиях, мы собрали световозвращающий интерферометр, позволяющий получить распределение интенсивности в форме кольца с результирующей плоскостью поляризации, вращающейся вокруг центра из линейно поляризованного света. Результаты показывают, что поляризация на полученном изображении соответствует теоретическим исследованиям. В ближайшем будущем планируется продолжить этот эксперимент с увеличенным оптическим трактом и провести эксперимент с круговой поляризацией на входе. Другие конфигурации поляризационного интерферометра могут создавать так называемый фазовый вихрь второго порядка и многие другие интересные и перспективные варианты структурированных световых пучков с осесимметричным распределением фазы и поляризации. Такие

EXPERIMENTAL SETUP AND RESULTS

The experimental setup is shown in Fig. 3, where a He-Ne laser 1 is used as a source. With the help of a tunable beam expander 2, one can obtain either a parallel beam of light or a slightly diverging one. The collimated beam passes through polarizer 3, after which it is divided by non-polarizing beam splitter cube 4 into two waves with equal intensity and polarization. After that, the beams are reflected by retroreflectors 5 and 6, and combined in a beam-splitting cube, creating required polarization distribution. Then the beam was reflected several times using a simple mirrors installed at a certain distances (not shown on the the diagram) to increase the optical path. After that it was recorded using digital camera or observed by a naked eye on the screen 9. In some cases, lens 8 was installed to focus the image, in some cases not. By rotating the polarizer 8, the distribution of polarization was analyzed in the final picture.

Result obtained with only one corner reflector & without polarizer 8 are shown in Fig.4, top left. Top right & bottom row of Fig.4 shows results with only one corner reflector at various orientations of polarizer 8 (top right, bottom left & right).

The image obtained with both corner reflectors without polarizer 8 at some distance is shown in Fig. 5. Fig. 6 shows the images obtained at different angles of the polarizer 8. Due to insufficient distance between the experimental setup and the camera these images does not look like they should (with a donut-shaped intensity distribution) since effects of far-field diffraction haven't affected intensity distribution well enough. However, one clearly see that intensity distribution



ОПТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

конфигурации будут исследованы в наших следующих статьях.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование проходило при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации в рамках Программы «Приоритет-2030». К.Н.Гаврильева выражает благодарность РФФИ за финансирование в рамках гранта 20-32-90140 «Аспиранты».

REFERENCES

- Sadovnikov M. A., Sokolov A. L. Spatial polarization structure of radiation formed by a retroreflector with nonmetalized faces. *Opt. Spectrosc.* 2009;107:201–206. DOI: 10.1134/S0030400X09080062.
- 2. **Crabtree K. Chipman R.** Polarization conversion cube-corner retroreflector. *Appl. Opt.* 2010;49:5882-5890. DOI: 10.1364/AO.49.005882.
- Sokolov A. L., Murashkin V. V. Diffraction polarization optical elements with radial symmetry. Opt. Spectrosc. 2011;111: 859–865. DOI: 10.1134/S0030400X11130212.
- Sokolov A. L. Formation of polarization-symmetrical beams using cube-corner reflectors. J. Opt. Soc. Am. A. 2013; 30: 1350–1357. DOI: 10.1364/JOSAA.30.001350.
- Sokolov A. L. Optical vortices with axisymmetric polarization structure. Opt. Eng. 2017;56:014109. DOI: 10.1117/1.OE.56.1.014109.
- Dennis M. R., O'Holleran K., Padgett M. J. Singular Optics: Optical Vortices and Polarization Singularities. In PROGRESS IN OPTICS. 2009; 53: 293–363). Amsterdam: Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0079-6638(08)00205-9.
- Sokolov A. L. Optical vortices with axisymmetric polarization structure. Opt. Eng. 2017;56, 014109. DOI: 10.1117/1.OE.56.1.014109.
- Sokolov A. L., Murashkin V. V. Retroreflective spatial-polarization interferometer. Applied Optics. Nov. 2020; 59(32): 9912–9923. DOI: 10.1364/AO.403232.

АВТОРЫ

- В. Ю. Венедиктов, д. ф.-м. н., профессор, главный научный сотрудник, Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000-0055-1234-5678
- К. Н. Гаврильева, аспирант, Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000-0001-8946-9558
- О.С. Гудин, студент, Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000-0002-1061-7261
- В. Д. Ненадочев, Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения» (АО «НПК «СПП»), Москва, Россия. ORCID: 0000-0003-2628-0648
- А.А. Рыжая, студент, Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000-0001-9574-1802
- А.А. Севрюгин, к.ф.-м.н., научный сотрудник, Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000-0002-5982-7892
- А. Л. Соколов, д. т. н., проф., руководитель направления, Научнопроизводственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения» (АО «НПК «СПП»), Москва, Россия. ORCID: 0000-0001-6164-7615
- Е. В. Шалымов, к. т. н., Кафедра лазерных измерительных и навигационных систем, Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия. ORCID: 0000-0002-0731-6978

changes while rotating the polarizer according to the expectations.

CONCLUSION

We have presented an experimental study of the polarization-symmetric structure formation of the reflected radiation using beams reflected from a combination of two cube-corner reflectors with a special interference phase-shifting coating. Based on previous theoretical studies, we have created a basic retroreflective spatial-polarization interferometer to obtain a donut-shaped intensity distribution out of linearly polarized light with resulting plane of polarization rotating around the center. Results show that polarization in the resulting image matches theoretical studies. In near future it is planned to continue this experiment with increased optical path to include circular polarization and far-field diffraction in its full extend. Other configurations of polarization interferometer can produce the so-called phase vortex of the second order and many other interesting and promising variants of the structured light beams with the axially symmetrical distribution of phase and polarization. Such configurations will be investigated in our next papers.

FUNDING

The research was funded by the Russian Government within the Program "Priority-2030". K.N. Gavril'eva is grateful to the Russian Foundatuib for Basic Research for funding within the grant 20-32-90140.

ABOUT AUTHORS

- V.Yu. Venediktov, Dr. of Sciences (Phys.&Math.), Professor, Chief Researcher, Department of Laser Measurement and Navigation Systems, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0055-1234-5678
- K. N. Gavrilieva, Postgraduate Student, Department of Laser Measurement and Navigation Systems, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0001-8946-9558
- Yu. S. Gudin, student, Department of Laser Measurement and Navigation Systems, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0002-1061-7261
- V. D. Nenadochev, JSC "Research-and-production corporation "Precision system and Instruments" (RPC PSI), Moscow, Russia ORCID: 0000-0003-2628-0648
- A. A. Ryzhaya, student, Department of Laser Measurement and Navigation Systems, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0001-9574-1802
- A. A. Sevryugin, Cand. of Sciences (Phys. & Math.), Researcher, Department of Laser Measurement and Navigation Systems, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0002-5982-7892
- A. L. Sokolov, Doctor of Technical Sciences, Prof., Head of Department, JSC "Research-and-production corporation "Precision system and Instruments" (RPC PSI), Moscow, Russia. ORCID: 0000-0001-6164-7615
- E. V. Shalymov, Ph.D., Department of Laser Measurement and Navigation Systems, St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", St. Petersburg, Russia. ORCID: 0000-0002-0731-6978

HOLOEXPO 2022 science & practice

XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям

> 20-22 сентября 2022 г. Санкт-Петербург, Россия

Зачем участвовать

- Презентовать свои исследования
- Узнать о новых разработках коллег
- Представить свои технологии в демозоне
- Найти партнеров из индустрии и научного сообщества

Что в программе

- Научные секции
- Тематические семинары
- Демозона технологий и оборудования
- Нетворкинг и неформальные мероприятия с коллегами

Для кого

- Институты и университеты
- Научно-исследовательские институты
- Научные группы и лаборатории промышленных предприятий
- Стартапы в области оптики и голографии
- Производители и поставщики компонентов, оборудования и материалов

150 участников от науки и бизнеса

Прием заявок на доклад до 10 мая Скидки на участие до 20 мая 2022 г. Зарегистрироваться и узнать подробности

