

УДК 535.2

## КОНВЕРСИЯ ЗНАКА ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ВИХРЯ, ПРОШЕДШЕГО ОДНООСНЬИМ КРИСТАЛЛОМ ОРТОГОНАЛЬНО К ЕГО ОПТИЧЕСКОЙ ОСИ

*Соколенко Б.В., Рыбась А.Ф., Коноваленко В.Л., Зиновьев А.О.*

*Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Украина  
E-mail: [simplex.87@gmail.com](mailto:simplex.87@gmail.com)*

Экспериментально проанализирован процесс топологических реакций, возникающих в вихревом пучке с эллиптическим сечением, распространяющемся перпендикулярно оптической оси кристалла SiO<sub>2</sub>. Было показано, что осцилляции состояния поляризации при прохождении пучка сопровождаются формированием поляризационных сингулярностей в поперечном сечении пучка, таким образом, это, в свою очередь, приводит к преобразованию волнового фронта в каждой циркулярно поляризованной компоненте пучка. Синхронные осцилляции спинового углового момента и топологического знака оптического вихря выражаются в структуре поля как рождение и аннигиляция топологических диполей. Также были проанализированы периодическая конверсия эллиптичности вихря на всей длине кристалла  $z$  и всплески спинового углового момента. Движение дислокационных реакций в компонентах пучка выражается в преобразовании знака топологического заряда осевого оптического вихря, расстояние между точками конверсии составляет приблизительно 0,05 от длины волны.

**Ключевые слова:** вихрь, сингулярность, эллиптичность, угловой момент, топологический заряд.

### ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрим распространение параксиального вихревого пучка через одноосный кристалл перпендикулярно его оптической оси. Известно, что в результате двулучепреломления обыкновенная и необыкновенная волны распространяются вдоль кристалла без структурных преобразований, однако с разными фазовыми скоростями. Эллиптически поляризованный пучок в таком случае трансформируется в пучок с другим состоянием поляризации [1]. Касательно распространения пучка, показано, что поток углового момента как сумма спинового и орбитального углового момента привносит в кристалл общий механический момент. Таким образом, сумма спинового и орбитального углового момента равна механическому моменту кристалла [2].

Предполагается, что деформация поперечного сечения вносит небольшой вклад в свойства Гауссова пучка. Поскольку вихревой пучок является очень чувствительным к изменениям фазы, это может послужить возникновению необычных свойств. Проведя аналогию между эллиптическими пучками Лагерра-Гаусса высших порядков в однородной среде и одноосным кристаллом было показано, что процесс распространения сопровождается не только расщеплением осевого вихря с высоким топологическим зарядом, а и структурным преобразованием эллиптических дислокаций. В то же время вихри с единичным зарядом стягиваются друг к другу при прохождении пучка и скапливаются в одной

точке на оси в дальнем дифракционном поле. Таким образом происходит восстановление структуры поля [3].

Значительно сложнее протекает процесс в одноосном кристалле. Показано, что обыкновенный и необыкновенный эллиптические пучки вращаются вокруг оси пучка с различными угловыми величинами. В результате этого оптические вихри не могут собираться в одной точке в дальнем дифракционном поле, формируя сложные пространственные структуры. Поле волны пространственно деполаризовано, обуславливая сложное распределение поляризации [4]. В настоящей статье мы обращаем наше внимание на экспериментально исследованные структурные деформации эллиптических вихревых пучков, проходящих перпендикулярно оптической оси кристалла. В теоретическом аспекте были получены решения параксиальных волновых выражений в форме обобщенных Лагер-Гауссовых пучков, несущих на оси вихрь с высоким топологическим зарядом [5]. Статья состоит из двух частей: первая глава посвящена теоретическому обоснованию явления конверсии знака топологического заряда вихря в одноосном кристалле; во втором разделе представлены результаты экспериментального исследования.

### 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ПУЧКОВ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

Гауссов пучок, распространяясь в анизотропной среде перпендикулярно оптической оси кристалла разделяется на два пучка: обыкновенный и необыкновенный. Обыкновенный пучок проходит вдоль кристалла подобно тому, как проходил бы в свободной однородной среде (вакууме). Однако необыкновенный Гауссов пучок в результате дифракции получает некоторую эллиптическую деформацию поперечного сечения [4]. Рассмотрим параксиальный случай распространения пучка, содержащий вихрь, через кристалл перпендикулярно его оптической оси Рис. 1. Известно, что астигматическая трансформация (в частности, эллиптическая деформация) сингулярных пучков в свободном пространстве или однородной среде способна значительно изменить структуру оптических вихрей находящихся на оси пучка по причине высокой чувствительности фазы волнового фронта к искажениям формы пучка.

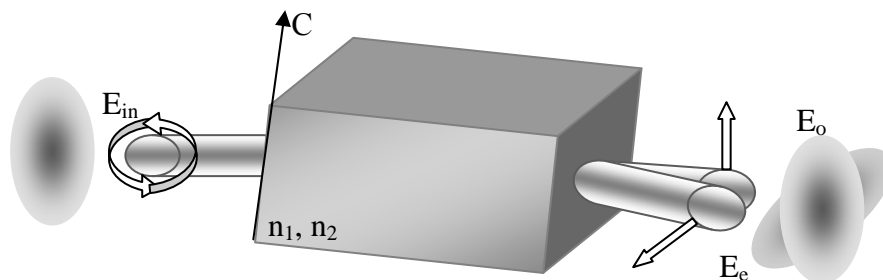


Рис. 1. Схема распространения сингулярного пучка с эллиптическим сечением в анизотропной среде с показателями преломления  $n_1$ ,  $n_2$ .  $E_{in}$  – падающий циркулярно поляризованный свет,  $E_e$ ,  $E_o$ , – необыкновенный и обыкновенный пучки соответственно.

Изменения параметров анизотропной среды внесут существенный вклад в общую картину распространения вихревого пучка. Известно, что циркулярно поляризованный сингулярный пучок с эллиптическим поперечным сечением получает некоторое преобразование состояния поляризации при распространении в одноосном кристалле [3]. Кратко рассмотрим последствие возникновения неоднородностей в состоянии поляризации при эллиптической деформации поперечного сечения пучка вдоль оси  $y$  на примере вихревого пучка низкого порядка.

Нашей задачей является ответ на вопрос, изменит ли топологический заряд вихря свой знак при прохождении кристалла. Для описания этого процесса запишем выражения для компонент электрического поля вблизи оси пучка в виде:

$$E_+^{(1,0)} \approx A_+ \frac{x}{w_x} + ia B_+ \frac{y}{w_y}, \quad E_-^{(1,0)} \approx A_- \frac{x}{w_x} + ia B_- \frac{y}{w_y} \quad (1)$$

где

$$A_{\pm} = \frac{e^{i\beta_x z}}{\sigma_{xx} \sqrt{\sigma_{xx} \sigma_{xy}}} \pm \frac{e^{i\beta_y z}}{\sigma_{yx} \sqrt{\sigma_{yx} \sigma_{yy}}}, \quad B_{\pm} = a \left( \frac{e^{i\beta_x z}}{\sigma_{xy} \sqrt{\sigma_{xx} \sigma_{xy}}} \pm \frac{e^{i\beta_y z}}{\sigma_{yy} \sqrt{\sigma_{yx} \sigma_{yy}}} \right) \quad (2)$$

где

$$\sigma_{xx} = 1 + iz/z_{xx}, \quad \sigma_{xy} = 1 + iz/z_{xy}, \quad \sigma_{yx} = 1 + iz/z_{yx}, \quad \sigma_{yy} = 1 + iz/z_{yy},$$

$$z_{xx} = k_x w_x^2 / 2, \quad z_{yx} = k_x w_y^2 / 2, \quad z_{yx} = k_y w_x^2 / 2, \quad z_{yy} = (k_x^2 / k_y) w_y^2 / 2. \quad \text{Параметр } a \text{ в}$$

выражении (2) описывает первоначальную форму сердцевинки вихря в плоскости  $z=0$ . Это независимый параметр, который также может быть введен в решения (1) и (2) как показатель амплитуды. Состояние вихря в каждой  $E_+$  и  $E_-$  компонентах может быть описано в виде векторных полей  $\psi_+ = \nabla_{\perp} E_+$  и  $\psi_- = \nabla_{\perp} E_-$ , которые характеризуют локальное распределение фазы. Математическое приближение основано на параметрах, подобных параметрам Стокса для состояния поляризации пучка:

$$\begin{cases} S_0^{(\pm)} = |\nabla_{\perp} E_{\pm}|^2 \\ S_1^{(\pm)} = |\partial_x E_{\pm}|^2 - |\partial_y E_{\pm}|^2 \\ S_2^{(\pm)} = \partial_x E_{\pm} \partial_y E_{\pm}^* + \partial_x E_{\pm}^* \partial_y E_{\pm} \\ S_3^{(\pm)} = i(\partial_x E_{\pm}^* \partial_y E_{\pm} - \partial_x E_{\pm} \partial_y E_{\pm}^*) \end{cases} \quad (3)$$

Приведенные выше параметры характеризуют форму вихря, в некоторой степени, точнее, нежели состояние поляризации. Деформация сердцевинки вихря описывается нормализованным параметром  $S_3^{(\pm)}$  в виде:

$$\ell_z^{(\pm)} = \frac{i(\partial_x E_{\pm}^* \partial_y E_{\pm} - \partial_x E_{\pm} \partial_y E_{\pm}^*)}{|\nabla_{\perp} E_{\pm}|^2} \quad (4)$$

В простом случае вихревого пучка с осевым эллиптически деформированным вихрем единичного заряда, величина  $\ell_z^{(\pm)}$  характеризует орбитальный угловой момент пучка. В более общем случае параметр  $\ell_z^{(\pm)}$  описывает состояние сердцевинки вихря: взятый по модулю параметр  $|\ell_z^{(\pm)}|$  есть ни что иное как эллиптичность сердцевинки вихря, при этом знак  $\ell_z^{(\pm)}$  указывает на знак топологического заряда вихря [6].

Распространяясь вдоль кристалла, эллиптически поляризованная плоская волна последовательно меняет состояние поляризации с правоциркулярной на левоциркулярную. Энергия также перераспределяется между этими компонентами.

Периодические осцилляции, изображенные на графике Рис.2 указывают на конверсию эллиптичности вихря в  $E_+$  и  $E_-$  компонентах. Резкие всплески соответствуют чередованию положительного и отрицательного зарядов оптического вихря. Длина биения в данном случае определяется соотношением:  $\Lambda = \lambda / |n_x - n_y|$ , где  $\lambda$  длина волны в вакууме Рис. 3. В нашем случае длина биения составляет  $\Lambda \approx 3.15 \mu m$ . Пики осцилляций в  $E_+$  и  $E_-$  компонентах смещены относительно друг друга на расстояние  $l = \Lambda / 2$ .

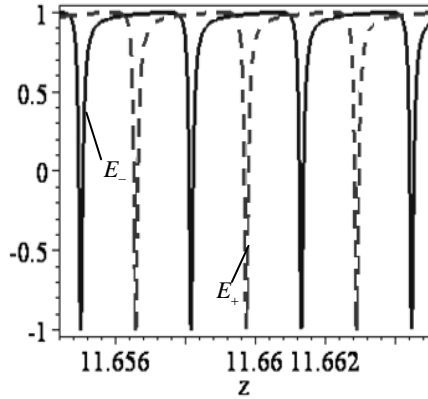


Рис. 2. Периодическая конверсия эллиптичности пучка вдоль оси z (см) в  $E_+$  (сплошная линия) и  $E_-$  (пунктирная линия) компонентах поля.

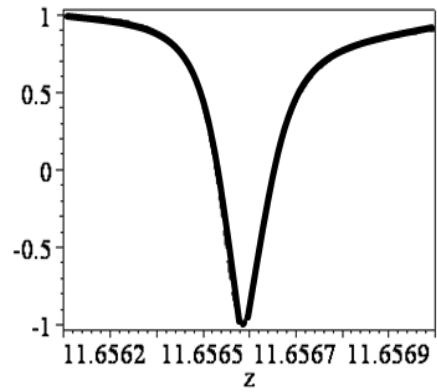


Рис. 3. Кривая, описывающая процесс конверсии знака вихря для случая  $w_x = 2w_y = 10 \mu m$ ,  $n_x = 1.5, n_y = 1.7$ ,  $a = 0.6$

Заметим, что процесс конверсии знака оптического вихря происходит внутри очень узкой области длины кристалла – меньшей длины волны излучения. На графике Рис. 3 изображена кривая, описывающая процесс конверсии. Ширина провала составляет приблизительно  $\Delta l \approx 0.25 \mu m$ . Точки конверсии знака вихрей соответствуют переходам состояния поляризации из правоциркулярной в левоциркулярную и наоборот. Это в свою очередь означает, что знак топологического заряда и направление поляризации изменяются синхронно.

Конечная ширина сингулярного пучка отражается на пространственной деполяризации поля как в окрестности сердцевины вихря так и пучка в целом. Данный процесс деполяризации позволяет нам исследовать конверсию вихря.

Эллиптический вихревой пучок в кристалле вносит определенные поправки. Так, обыкновенный и необыкновенный пучки имеют различную кривизну волнового фронта, разные распределения амплитуды и отличные показатели эллиптичности. Вследствие этого возникает ряд оптических вихрей в каждой компоненте поляризации [5, 7]. Однако вихри эти не являются неподвижными, они взаимодействуют друг с другом, формируя в сущности новые структурные сингулярности. Первоначальный осевой вихрь аннигилирует с другим оптическим вихрем с противоположным знаком заряда. Второй вихрь из диполя на периферии движется по направлению к оси пучка. Знак заряда этого вихря противоположен знаку изначального вихря. Таким образом, важной особенностью этого процесса является конверсия знака топологического заряда на оси пучка. Данные превращения представлены в качестве траектории движения вихрей в сердцевине пучка [8].

Другая пара вихрей разделяется на два отдельных вихря с противоположными знаками, которые движутся вдоль сложных траекторий и взаимодействуют с осевым отрицательно заряженным вихрем. Оставшийся положительно заряженный вихрь из первого диполя продолжает движение вдоль оси до следующего цикла превращений, которые происходят на расстоянии, значительно меньшем длины волны. Таким образом, мы получаем субволновые топологические реакции вихрей в анизотропной среде обусловленные спин-орбитальным взаимодействием [9].

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕРСИИ ЗАРЯДА ВИХРЯ В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

Периодическое преобразование эллиптичности вихря совершается вдоль направления, перпендикулярного оптической оси кристалла. Таким образом, основная задача исследования заключается в изменении линейных размеров кристалла вдоль выделенного направления (ось  $z$ ). В результате теплового расширения кристалла стало возможным получить относительное увеличение линейных размеров, достаточного для наблюдения эффекта конверсии. Использование коэффициента теплового расширения кристалла  $\text{SiO}_2$  позволяет точно рассчитать удлинение кристалла при определенной температуре. Для исследуемого кристалла в диапазоне температур  $0 \div 40, ^\circ\text{C}$  коэффициент составляет  $13,2 \cdot 10^{-6}, ^\circ\text{C}^{-1}$  в направлении, перпендикулярном в оптической оси кристалла [10].

Кристалл подвергался нагреву и охлаждению в диапазоне  $21 \div 28, ^\circ\text{C}$ , имея при этом следующие кристаллографические показатели: термическая поправка коэффициента преломления для длины волны  $\lambda=632 \text{ nm}$  составляет  $-7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  для обыкновенной волны и  $-8,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  для необыкновенной. Приращение длины биения на один градус Цельсия составляет  $\Delta\Lambda = 0,1 \mu\text{m}$  при этом изменение линейных размеров кристалла вдоль оси пучка при изменении на один градус равна

$dL(1^\circ) = 0,4 \mu\text{m}$ . Коэффициенты преломления для обыкновенного и необыкновенного пучков соответственно равны  $n_o = 1,54264$  и  $n_e = 1,55171$ .

Схема экспериментальной установки изображена на Рис. 4. Циркулярно поляризованный Гауссов пучок с радиусом перетяжки  $\omega_0=0.02$  и длиной волны  $\lambda=0.6328 \mu\text{m}$  содержит на оси оптический вихрь с единичным топологическим зарядом  $\zeta=+1$ , генерируемый на оптическом клине. Пучок фокусируется микрообъективом на входной грани кристалла. Специальный нагревательный элемент, в который помещен кристалл, позволяет контролировать температуру кристалла с высокой точностью – менее  $0,01$  градуса Цельсия. Контроль температуры производится с помощью высокочувствительных полупроводниковых сенсоров. Выходящий из кристалла пучок проходит через четвертьволновую пластинку и поляризатор, которые формируют Стокс-поляриметр. Такая схема позволяет получать как интерференционную картину, так и при необходимости получить распределение интенсивности для различных компонент поля в соответствии с параметрами Стокса. Точность измерения уширения длины кристалла менее одной десятой длины волны. Диапазон температур, в котором проводился нагрев, составлял  $7^\circ\text{C}$ . Весь процесс нагревания и охлаждения регистрировался CCD видеочкамерой

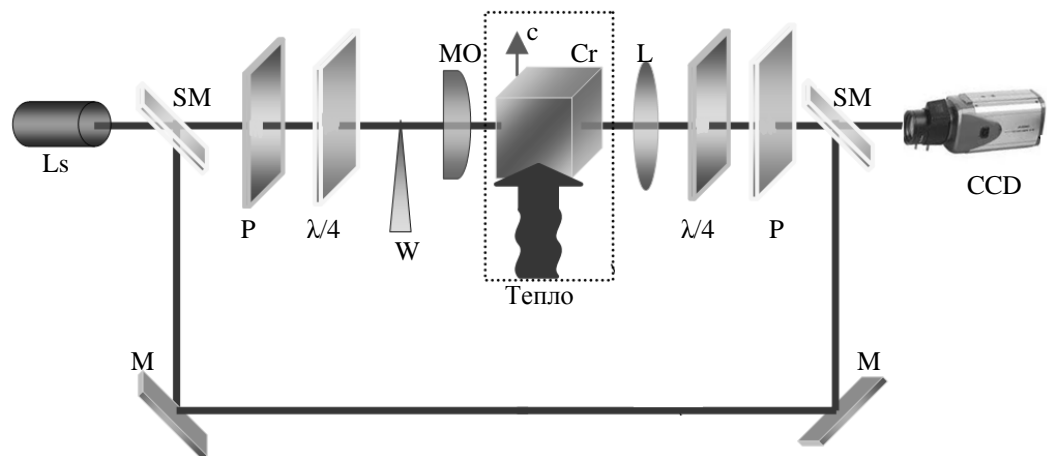


Рис. 4. Схема экспериментальной установки: Ls – He-Ne лазер, SM – полупрозрачные пластинки, P-поляризаторы,  $\lambda/4$  – четвертьволновые пластинки, L – линзы, W – оптический клин, Cr –  $\text{SiO}_2$  кристалл, M – зеркала, CCD – ПЗС камера.

В результате детального анализа поляризационной структуры и сравнения ее с интерференционной картиной, было выявлено, что в области оси пучка рождается два топологических диполя Рис. 5.

Первоначальный положительно заряженный осевой вихрь аннигилирует с соседним отрицательно заряженным вихрем из соседнего диполя, родившегося рядом с осью пучка Рис. 6. Вторая пара вихрей начинает движение в направлении

оси пучка, таким образом, что отрицательно-заряженный вихрь замещает первоначальный после его аннигиляции. В результате данного процесса вихрь на оси меняет знак топологического заряда на противоположный.

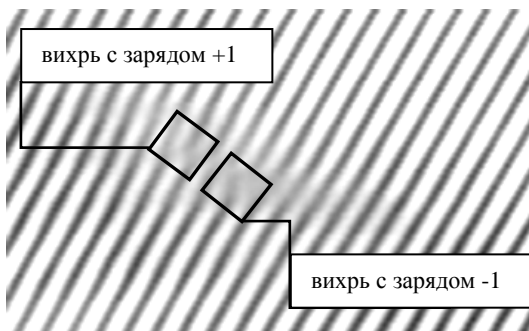


Рис. 5. Интерференционная картина поля пучка, прошедшего одноосный кристалл. Рождается дипольная пара вихрей с топологическими зарядами, отличными по знаку,  $26,10^{\circ}\text{C}$ ,  $d_l = 40\text{ nm}$ .

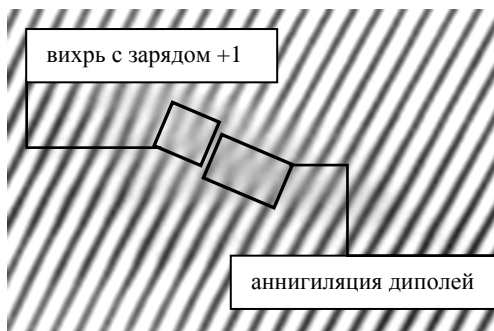


Рис. 6. Интерференционная картина поля пучка, прошедшего одноосный кристалл. Дипольная пара вихрей с , отличными по знаку зарядами аннигилирует,  $26,15^{\circ}\text{C}$  –  $d_l = 60\text{ nm}$ .

Изображения, полученные с помощью CCD камеры с различных компонент поляризации, обрабатывались программой Дифференциальный поляриметр для получения картины поляризационной структуры пучка. Детальный анализ поляризационных состояний показывает, что в сердцевине пучка присутствуют различные типы омбилик: «лимон» и «звезда», которые определенным образом взаимодействуют друг с другом [11].

Таким образом, первоначальный вихрь характеризуется сингулярностью типа «звезда». В процессе взаимодействия с анизотропной средой кристалла при нагревании, было выявлено рождение поляризационных сингулярностей типа «лимон», которые, приближаясь с периферии к оси пучка, определенным образом взаимодействовали друг с другом. Омбилики типа «лимон» и «звезда» постепенно сближаются в центре пучка, что в свою очередь приводит к аннигиляции соответствующих вихрей на оси.

Дальнейший процесс конверсии происходит таким образом: вихри на периферии пучка становятся ближе к оси и начинают взаимодействовать с осевым отрицательно заряженным вихрем. После аннигиляции положительно заряженный вихрь остается на оси до следующего цикла превращений. Омбилики «лимоны» и «звезды» в процессе изменения температуры взаимодействуют друг с другом, некоторые из них разрушаются в процессе. Таким образом, мы получаем механизм конверсии знака топологического заряда вихря. Это означает, что осевой вихрь с некоторым зарядом замещается вихрем с противоположным знаком заряда. Весь процесс конверсии в целом можно схематически представить в виде траектории

движения вихрей в процессе нагрева. На ней показаны пространственные положения вихрей вблизи оси пучка. Черными стрелками указаны направления движения вихрей Рис. 7.

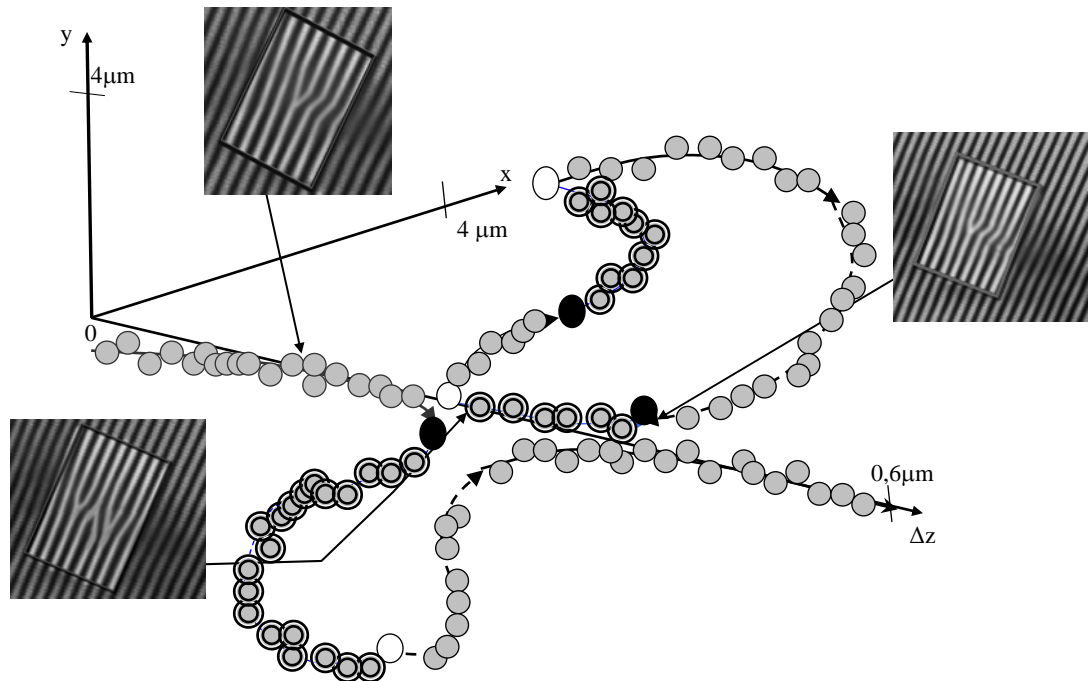


Рис. 7. Траектория движения вихрей вблизи оси пучка: серые окружности соответствуют точкам положения положительно заряженных вихрей, двойные окружности – точки положения отрицательно заряженных вихрей; белые и черные окружности соответствуют точкам рождения и аннигиляции пар вихрей соответственно.

Интерференционные картины, соответствующие точкам траектории, содержат типичные «вилки», которые дважды изменяют свое направление в процессе конверсии. Таким образом, первоначальный осевой вихрь меняет знак за счет замещения периферийным вихрем с противоположным топологическим зарядом, который в последствие аннигиляции возвращает исходное состояние заряда вихря на оси пучка. Длина биений, на протяжении которой происходит процесс конверсии знака оптического вихря составляет  $0,2 \mu\text{m}$ , что меньше длины волны используемого He-Ne лазера, которая составляет  $0,632 \mu\text{m}$ .

## ВЫВОДЫ

В данной статье экспериментально проанализированы топологические реакции, возникающие в эллиптическом вихревом пучке, распространяющемся в одноосном кристалле кварца.



Распространение перпендикулярно оптической оси кристалла разрушает прежнюю симметрию. Действительно, конверсия вихрей в данном случае есть результат преобразования орбитального углового момента. Спиновой и орбитальный моменты дополняются откликом анизотропной среды. В итоге все эти процессы приводят к преобразованию полного углового момента.

Также было обнаружено, что необыкновенный парааксиальный пучок, при изначально циркулярно поляризованном пучке, подвержен эллиптической деформации. Данная деформация вызвана различными величинами коэффициента преломления для обыкновенного и необыкновенного пучков. В действительности, такая деформация нарушает распределение поляризации в сечении пучка и накладывает ограничения на применение закона сохранения для углового момента.

Было показано, что осцилляции состояний поляризации при распространении пучка сопровождаются перераспределением поляризационных сингулярностей в поперечном сечении пучка таким образом, что это влечет за собой изменение волнового фронта в каждой циркулярно поляризованной компоненте пучка. Движение дислокационных реакций в компонентах пучка отражается на конверсии знака топологического заряда осевого вихря. Расстояние между точками конверсии составляет 0,05 длины волны.

#### Список литературы

1. Born M. Principles of Optics / Born M., Wolf E. // Pergamon, New York, 1975.
2. Ciattoni A. Optical propagation in uniaxial crystals orthogonal to the optical axis : paraxial theory and beyond/ Ciattoni A., Palma C. // J. Opt. Soc. Am. A. – 2003. – Vol. 20 – P. 2163-2171
3. Fadeyeva T. A. The vortex-beam “precession” in a rotating uniaxial crystal/Fadeyeva T. A., Rubass A. F., Sokolenko B. V., Volyar A. V. // J. Opt. A: Pure Appl. Opt., Vol.11 – 2009. – P. 094008.1-094008.8.
4. Soskin M. S. Singular optics / Soskin M. S., Vasnetsov M. V. // Progress in Optics, 2001. – V. 42 – P. 219-276.
5. Fadeyeva T. A. Extreme spin-orbit coupling in crystal-traveling paraxial beams / Fadeyeva T. A., Volyar A. V. // J. Opt. Soc. Am. A. – 2010. – Vol. 27, No 3. – P. 381-389.
6. Fadeyeva T. A. Transverse shift of a high-order paraxial vortex-beam induced by a homogeneous anisotropic medium / Fadeyeva T. A., Rubass A. F., Volyar A. V. // Physical Review A. – 2009. – Vol. 79, No 5. – P. 053815-1-12.
7. Egorov Yu. A. The fine structure of singular beams in crystals : colours and polarization / Egorov Yu. A., Fadeyeva T. A., Volyar A. V. // J. Opt. A: Pure Appl. – 2004. – Vol. 6. – P. 217–228.
8. Fadeyeva T. Non-canonical propagation of high-order elliptic vortex beams in a uniaxially anisotropic medium / Fadeyeva T., Alexeyev C., Sokolenko B., Kudryavtseva M., Volyar A. // Ukrainian Journal of Physical Optics. – 2011. – Vol. 12. – P. 62-82.
9. Allen L. Optical angular momentum / Allen L., Barnett S., Padgett M. // Institute of Physics Pub., Science. – 2003. – P. 100 - 270.
10. Toyoda T. The temperature dependence of the refractive indices of fused silica and crystal quartz / Toyoda T., Yabe M. // J. Phys. D: Appl. – 1983. – P. 16 L97.
11. Nye J. F. Natural focusing and fine structure of light : caustics and wave dislocations // Institute of Physics Pub., Science. – 1999. – P. 27 – 189.

**Соколенко Б. В. Конверсія знака топологічного заряду еліптичного вихору, що пройшов одновісний кристал ортогонально до його оптичної осі / Соколенко Б. В., Рыбась О. Ф., Коноваленко В. Л., Зінов'єв О. О. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Фізико-математичні науки. – 2012. – Т. 25(64), № 1. – С. 123-132.**

Експериментально проаналізовано процес топологічних реакцій, що виникають в вихровому пучку з еліптичним перетином, поширюється перпендикулярно оптичній осі кристала  $\text{SiO}_2$ . Було показано, що осциляції стану поляризації при проходженні пучка супроводжуються формуванням поляризаційних сингулярностей в поперечному перерізі пучка, таким чином це, в свою чергу, призводить до перетворення хвильового фронту в кожній циркулярно поляризованій компоненті пучка. Синхронні осциляції спінового кутового моменту і топологічного знака оптичного вихору виражаються в структурі поля як народження і анігіляція топологічних диполів. Також було проаналізовано періодична конверсія еліптичності вихору на всій довжині кристала з і сплески спінового кутового моменту. Рух дислокаційних реакцій в компонентах пучка виражається в перетворенні знака топологічного заряду осьового оптичного вихору, відстань між точками конверсії становить приблизно 0,05 від довжини хвилі.

**Ключові слова:** вихор, сингулярність, еліптичність, кутовий момент, топологічний заряд.

**Sokolenko B. V. Conversion of topological charge sign an elliptical vortex, which was uniaxial crystal orthogonal to its optical axis / Sokolenko B. V., Rubass A. F., Konovalenko. V. L., Zinovyev A. O. // Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Physics and Mathematics Sciences. – 2012. – Vol. 25(64), No 1. – P. 123-132.**

The process of topological reactions occurring in the vortex beam with elliptical cross section which spread perpendicular to the optical axis of the crystal  $\text{SiO}_2$  was experimentally analyzed. It was shown that oscillations of the beam polarization accompanied by formation of polarization singularities in the beam, it is cause of transformation of the wave front in each circularly polarized component of the beam. Synchronic oscillations of spin-angular momentum and topological charge of optical vortex are expressed as the birth and annihilation of topological dipoles. The periodic vortex core ellipticity conversion was analyzed within all the range of crystal length and splashes of spin angular momentum was analyzed to. The movement of dislocation reactions in the components of the beam is expressed in translation of topological charge at axial optical vortex, the distance between the points of conversion is about 0.05 of the wavelength.

**Key words:** vortex singularity, ellipticity, angular momentum, topological charge.

*Поступила в редакцію 18.04.2012 г.*