

5. Кангин В.В. Средства автоматизации и управления. Аппаратные и программные решения: учебное пособие. Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2014. – 520 с.
6. Кангин В.В. Персональные компьютеры в системах автоматизации технологических процессов. М.: Изд-во Книга по требованию, 2013. – 224 с.

ORGANIZATION OF THE EXCHANGE BY INFORMATION IN INDUSTRIAL NETWORK ON BASE OF THE MODULES TO SERIESES ADAM-4000

Kangin V.V., Lozhkin L.D.

The Article is dedicated to questions to organizations of the exchange by information between host-computer and module removed and portioned entering-conclusion to serieses ADAM-4000 (the company Advantech, Taiwan) in computer portioned system data acceptance and management (KRSSDU). Host and worker to modules unite by means of industrial network on the base of the interface RS-485 with use protocol ASCII or Modbus. It Is Shown that problem of the exchange by information between host-computer and workers module entering-conclusion to serieses ADAM-4000 KRSSDU on the base of the industrial network can be solved facility of the ambience of the visual programming Delphi with use the structures DCB and CommTimeOuts. The Executed analysis mistake, which can appear when changing by information between host and workers module, is organized their categorization. On the grounds of called on studies is designed universal exhibit, allowing change the parameters of the adjustment COM (USB)-port and network address of the module ADAM-4055.

Keywords: industrial network, host, RS-485, Modbus, ASCII, COM-port, USB-port, timeout, DCB.

Кангин Владимир Венедиктович, д.т.н., профессор Кафедры информационных технологий Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. Тел. 8-906-352-11-91; (8-831) 472-52-24; E-mail: king202008@yandex.ru

Ложкин Леонид Дидимович, к.т.н., программист Кафедры основ конструирования и технологии радио- и телекоммуникационных систем Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики. Тел. (8-846) 310-69-93. E-mail: leon.lozhkin@yandex.ru

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 535.012.2

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ МОДОВЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Кораблин М.А., Пономарев М.Ю.

Рассматривается прохождение модовых световых пучков через пластины кристаллического кварца. Экспериментальные исследования показывают различия формируемых распределений интенсивности в выходной плоскости и выявляют изменения в симметричной структуре пучков в зависимости от ориентации пластины кристалла. Предлагаемый эксперимент позволяет увидеть преимущества структурных пучков Гаусса-Лагерра и Бесселевых пучков высоких порядков перед пучками Бесселя низких порядков при прохождении через кристалл. Результаты работы существенны для исследования механизмов распространения световых пучков в природных кристаллах, разработки новых методик определения оптических параметров кристаллического кварца, а также теоретических основ передачи оптических сигналов в различных средах

Ключевые слова: оптические параметры, кристаллический кварц, структурные световые пучки.

Введение

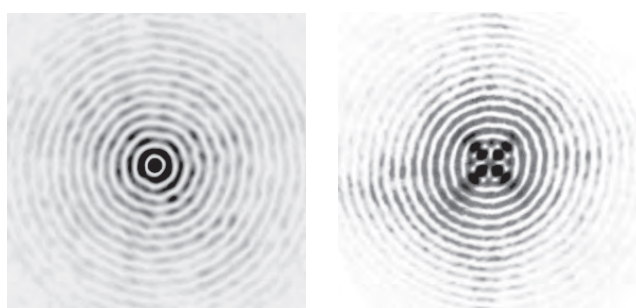
Исследования в области получения изображений распределения интенсивности когерентного излучения при распространении в различных средах находят практическое применение при решении задач анализа неизвестных оптических свойств анизотропных материалов (диэлектрической проницаемости) по спектрофотометрическим данным.

Структурные световые пучки, характеризующиеся определенными модами лазерного излучения [1], находят применение в разнообразных областях благодаря своим особым свойствам. Одни типы мод

проявляют «бездифракционные» свойства [2], то есть не уширяются и не расплываются при распространении, другие обладают орбитальным угловым моментом [3] и используются при оптическом манипулировании и в других приложениях сингулярной оптики, третьи демонстрируют «баллистические» свойства [4].

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию формирования изображений лазерных пучков при прохождении через пластины кристаллического кварца. Применение структурных световых пучков, например пучков Бесселя и Гаусса-Лагерра, которые обладают целым рядом особенных свойств, позволяет проводить качественный анализ и интерпретацию результатов экспериментов.

Использование дифракционных оптических элементов (ДОЭ) [1] позволяет эффективно решать задачу формирования лазерных пучков с заданным модовым составом и их весовым вкладом. Наиболее энергетически выгодными являются фазовые ДОЭ, для расчета которых были разработаны как итерационные алгоритмы [5], так и методы кодирования [6]. Итеративные методы обеспечивают высокую дифракционную эффективность, а методы кодирования – высокую точность преобразования фундаментальной лазерной моды в высшие моды практически любого типа – моды Бесселя, моды Лагерра-Гаусса и Эрмита-Гаусса, гипергеометрические моды, пучки Эйри и др. На рис. 1 показаны примеры изображений структурных пучков, сформированных с помощью ДОЭ, использованных при проведении экспериментов.



а)

б)

Рис. 1. Изображение структурных пучков, полученные с использованием ДОЭ:
а) пучок Бесселя; б) пучок Гаусса-Лагерра

При распространении света в прозрачных кристаллах (кроме кристаллов с кубической решеткой) свет испытывает двойное лучепреломление и поляризуется различно в разных направлениях (оптическая анизотропия). В кристаллах с гексагональной, тригональной и тетрагональной решетками (например в кристаллах кварца, рубина и кальцита) двой-

ное лучепреломление максимально в направлении, перпендикулярном к главной оси симметрии, и отсутствует вдоль этой оси.

Для исследования рассеяния лазерного излучения в кристалле кварца в [7] было предложено исследовать характер неоднородности кристалла, возникающей в точке фазового превращения и приводящей к сильному возрастанию интенсивности рассеянного света. Результат измерений показал, что неоднородности вытянуты вдоль оптической оси кристалла.

В [8] был продемонстрирован способ получения распределения интенсивности в поперечном сечении пучка Бесселя после его прохождения через кристаллическую пластину. Однако для получения пучка в работе использовался аксикон, а не ДОЭ. При этом имеют место две проблемы:

- исследования изменения структурных пучков, сформированных ДОЭ при прохождении через кристалл, поскольку энергетическая структура пучков, сформированных ДОЭ, отличается от структурных пучков, сформированных рефракционными элементами;

- исследования изменения структурных пучков других типов и пучков Бесселя более высоких порядков, а также построение теоретической модели формирования пучков при прохождении их через пластину.

Теоретическая модель формирования изображения поперечного сечения пучков Бесселя рассмотрена в [9]. Теоретическое рассмотрение распространения пучка Бесселя для одноосных кристаллов дано в [10].

Обоснование эксперимента

Кристаллический кварц (горный хрусталь) является самым распространенным минералом в земной коре. Кристаллы кварца – шестигранные призмы – имеют шестигранную структурную решетку, показанную на рис. 2 [11].

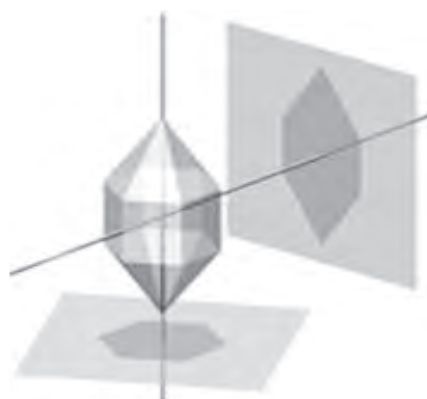


Рис. 2. Модель кристаллической решетки кварца в пространстве

Кристаллический кварц является анизотропным одноосным кристаллом. Материал обладает выраженным двулучепреломлением и высокой объемной однородностью показателя преломления. Диапазон оптической прозрачности кристаллического кварца достаточно широк и определяется полосой длин волн $0,15 \dots 4$ мк [11]. На элементарную ячейку кристалла кварца, имеющую при комнатной температуре параметры, $a = 4,90$ А; $c = 5,39$ А, приходится три молекулы SiO_2 . Пространственную модель кристаллической решетки кварца демонстрирует рис. 3 [12].

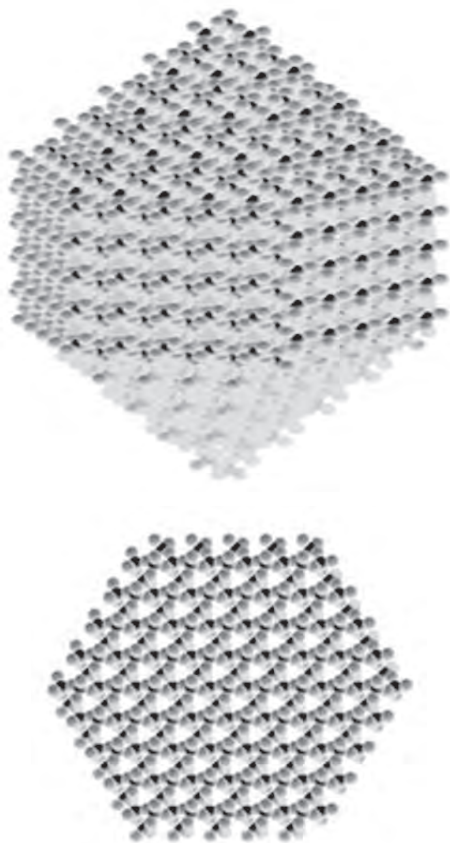


Рис. 3. Пространственная модель кристаллической решетки кварца

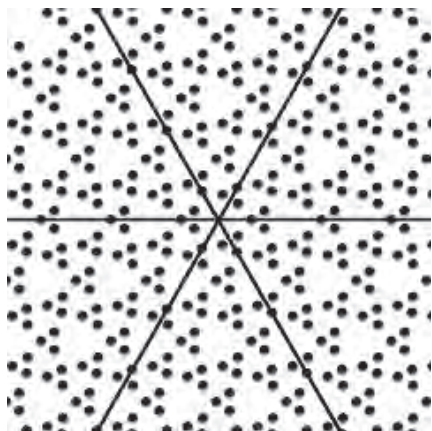


Рис. 4. Схема распределения узлов кристаллической решетки кварца

Схема распределения узлов кристаллической решетки кварца при наблюдении перпендикулярно оптической оси кристалла представлена на рис. 4.

В поставленном эксперименте регистрируется распределение интенсивности в поперечном сечении пучка, показывающее произошедшие изменения в симметрической структуре световых пучков Бесселя и Гаусса-Лагерра при прохождении через кристаллическую пластину кварца. При направлении на кристалл узкого пучка света на выходе будут наблюдаться два пространственно разделенных луча, параллельных друг другу, – обыкновенный и необыкновенный лучи.

Явление двулучепреломления объясняется особенностями распространения света в анизотропных средах. В кристалле кварца имеется единственное направление, вдоль которого двойное лучепреломление не наблюдается, – оптическая ось. При прохождении модового пучка через кристалл в результате интерференции обыкновенного и необыкновенного лучей происходит формирование специфической картины, которая определяется в первую очередь строением, оптическими свойствами и ориентацией кристалла.

Это обстоятельство и используется в данном эксперименте для получения наглядного изображения с перераспределением энергии излучения при прохождении через кристаллическую пластину. Сравнивая изображения пучков, прошедших и не прошедших через кристаллическую решетку, можно выделить изменения, вносимые кристаллической структурой в распределение энергии пучка. При повороте кристаллов по отношению к оси распространения пучков были обнаружены определенные шаблоны перераспределения энергии в выходной плоскости.

Однако математическая модель, позволяющая провести расчеты для численного сравнения данных натурального эксперимента с теоретическим, предъявляет высокие требования к вычислительным ресурсам, поскольку требует решения прямой задачи оптики, связанной с вычислением интеграла Кирхгофа.

Экспериментальная установка

Целью проводимого эксперимента является регистрация различных изображений, формируемых структурным пучком, прошедшим через кристаллическую пластину, при изменении угла наклона пластины. При проведении эксперимента использовались ДОЭ, изготовленные на оборудовании Исследовательско-технологического Центра дифракционной оптики [13-14]. Объек-

том исследования была 31 кристаллическая пластина, полученные из 11 различных кристаллов кварца (горного хрусталя). Толщина исследуемых пластин составляла 2...5 мм; геометрические параметры пластин: 80-170×70-110×15-55мм; плотность: 2,57...2,62 г/см³; твердость 7; прозрачность 97%; сингония: тригональная; агрегаты: сростки кристаллов, двойники; район добычи: месторождения Южного Урала (Челябинская область).

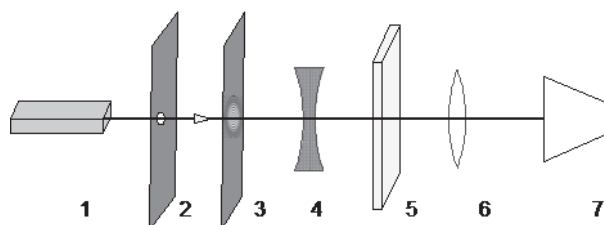


Рис. 5. Схема формирования световых пучков: 1 – источник лазерного излучения; 2 – пинхол; 3 – дифракционный оптический элемент (ДОЭ); 4 – рассеивающая линза; 5 – исследуемая кристаллическая пластина; 6 – собирающая линза; 7 – камера

По результатам обзора литературы и существующих методов анализа кристаллической решетки авторами была предложена оптическая схема, показанная на рис. 5. Рассматриваемая экспериментальная установка (см. внешний вид на рис. 6) состоит из лазера 1, длина волны 633 нм, мощность $P = 20$ мВт, излучение от которого, пройдя пинхол 2, диаметр $D = 15$ мкм и ДОЭ 3, формирует структурный пучок, который далее падает на рассеивающую линзу 4 с $F = 3$ см, создающую расходящийся пучок для увеличения размеров анализируемой области изображения, который проходит через пластину природного кристалла горного хрусталя 5, собирающая линза 6 с $F = 3,5$ см служит для формирования изображения интерференционной картины на камере 7.

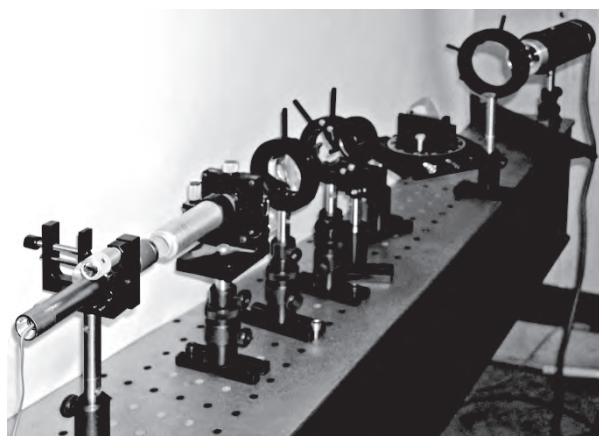


Рис. 6. Внешний вид экспериментальной установки

Основным отличием данной оптической системы от предложенной в [8] является ДОЭ для формирования структурных пучков – использовались ДОЭ, формирующие пучки Бесселя третьего и пятого порядка. Применение ДОЭ позволяет осуществлять наблюдение изменений пучков независимо от расположения регистрирующей камеры, что делает проведение эксперимента более простым.

Ввиду особенностей технологического производства пластин пластины из каждого кристалла были нарезаны под различными углами к оптической оси самого кристалла. Параметры оптической оси кристаллов при проведении эксперимента были неизвестны.

Результаты эксперимента

Примеры изображений световых пучков, полученных при отсутствии кристаллической пластины, были показаны на рис. 1. Для разных пластин кристаллического кварца минимальные изменения структурных пучков наблюдаются при разных положениях пластины относительно падающего пучка.

Примеры полученных изображений при различных поворотах кристаллической пластины для пучка Бесселя приведены на рис. 7. Угол поворота пластины менялся от -45° до 45° с шагом изменения угла 5 (при этом 0° соответствует перпендикулярному падению пучка на плоскость пластины).

Наблюдаемое распределение интенсивности показывает зависимость изменения структуры пучка от ориентации кристаллической пластины, поскольку поперечное распределение интенсивности демонстрирует зависимость от угла поворота кристаллической пластины. При детальном анализе интенсивности пучка на выходе можно заметить влияние осевой симметрии кристалла, показанной на рис. 3 в виде модулированного азимутально-фазового сдвига оптического поля в выходной плоскости.

Поперечное распределение интенсивности структурных пучков Гаусса-Лагерра, также демонстрирует аналогичную трансформацию, как показано на примерах изображений (см. рис. 8). При угле поворота 15° (см. рис. 8в) наблюдаются минимальные изменения в радиальной симметрии пучка. По-видимому, при таком положении пластины световой пучок распространяется параллельно оптической оси кристалла и не подвергается искажениям. То есть в том случае, когда угол падения светового пучка составляет с оптической осью кристалла 0° , в результирующей

щем распределении интенсивности пучка наблюдается минимум искажений (рис. 7б и 8в).

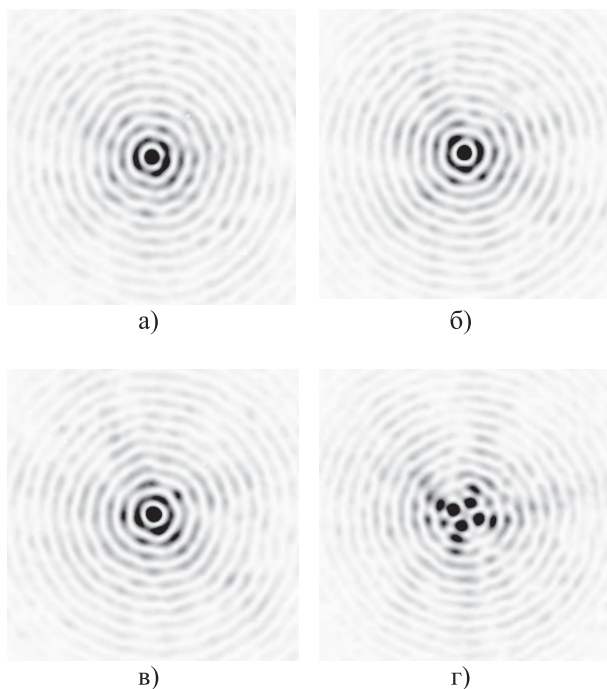


Рис. 7. Распределение интенсивности при прохождении пучка Бесселя через кристаллическую пластину при углах поворота а) 0° , б) 10° , в) 20° , г) 30°

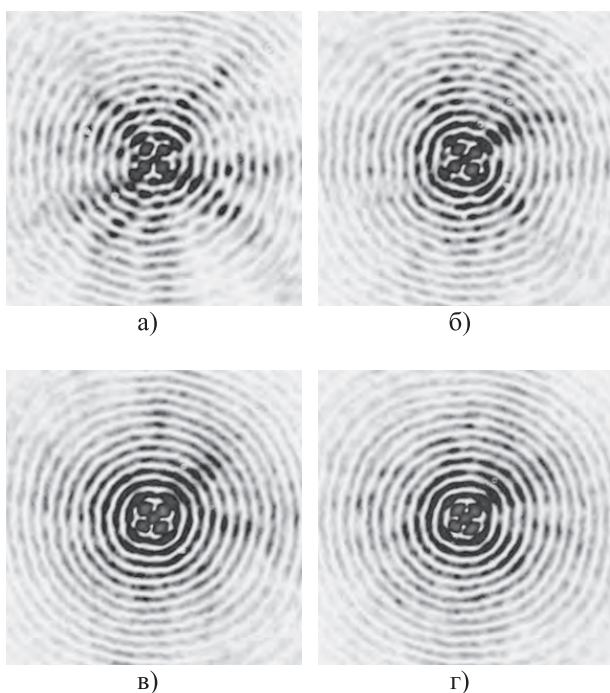


Рис. 8. Распределение интенсивности при прохождении пучка Гаусса-Лагерра через кристаллическую пластину при углах поворота а) – 15° , б) 0° , в) 15° , г) 30°

Таким образом, на основе проведенного эксперимента можно разработать практическую

методику для определения оптических свойств кристаллической пластины, на основании практической методики в общем виде построить математическую модель, описывающую распределение интенсивности когерентного излучения при прохождении через кристаллические структуры, в том числе при передаче заранее заданных известных оптических сигналов.

Заключение

Авторами были проведены экспериментальные исследования трансформации распределения интенсивности пучков Бесселя как нулевого, так и более высоких порядков, а также пучков Гаусса-Лагерра. Эксперимент показал, что изображение, формируемое в результате прохождения через кристалл когерентного излучения, обладает характерными особенностями. При повороте кристалла по отношению к оси распространения исследуемого пучка на выходе было обнаружено образование сложных моделей интенсивности.

При этом структурные пучки Гаусса-Лагерра имеют преимущества перед Бесселевыми пучками, так как не изменяют пространственной структуры после прохождения через кристалл, а лишь приобретают фазовый набег и сохраняют свою структуру в свободном пространстве, изменяясь лишь масштабно. Ориентация кристалла существенно влияет на результирующее изображение. Поперечное распределение интенсивности зависит от угла поворота кристаллической пластины. Таким образом, данный эксперимент действительно подтверждает возможность оценивания, косвенным образом, параметров кристаллической структуры.

На основании полученных результатов, а также теоретических основ передачи оптических сигналов в различных средах предстоит построить математическую модель, описывающую распределение интенсивности когерентного излучения при прохождении через кристаллические структуры и, как частный случай, при передаче заранее заданных известных оптических сигналов.

Литература

1. Методы компьютерной оптики. Под ред. В.А. Сойфера. М.: Физматлит, 2003. – 688 с.
2. Балалаев С.А., Хонина С.Н. Сравнение свойств гипергеометрических мод и мод Бесселя // Компьютерная оптика. Т.3, №4, 2007. – С. 23-28.
3. Котляр В.В., Хонина С.Н., Алмазов А.А., Сойфер В.А. Оптические чистые вихри и гиперге-

- ометрические моды // Компьютерная оптика. Т.27, 2005. – С.21-28.
4. Хонина С.Н., Скиданов Р.В., Моисеев О.Ю. Формирование лазерных пучков Эйри с помощью бинарно-кодированных дифракционных оптических элементов для манипулирования микрочастицами // Компьютерная оптика. Т.33, №2, 2009. – С. 138-146.
 5. Хонина С.Н., Котляр В.В., Сойфер В.А. Дифракционные оптические элементы, согласованные с модами Гаусса-Лагерра // Оптика и спектроскопия. Т.85, №4, 1998. – С. 695-703.
 6. Котляр В.В., Хонина С.Н., Сойфер В.А. Метод частичного кодирования для расчета фазовых формирователей мод Гаусса-Эрмита // Автоматика. Т.6, 1999. – С. 74-83.
 7. Шустин О.А., Черневич Т.Г., Иванов С.А., Яковлев И.А. Рассеяние света и особенности структуры кристалла кварца в точке его фазового превращения // Письма в ЖЭТФ. Т.27, №6, 1978. – С.349-352.
 8. Zusin D.H., Maksimenka R., Filippov V.V., Chulkov R.V., Perdrix M., Gobert O., Garbtchikov A.S. Bessel beam transformation by anisotropic crystals // J. Opt. Soc. Am. A. Vol. 27, №8, 2010. – P. 1828-1833.
 9. Nacyan S., Jauregui R. Evolution of optical phase and polarization vortices in birefringent media // J. Opt. A, Pure Appl Opt 11, 2009. – 085204
 10. Fadeeva T., Rubass A., Egorov Y., Volyar A., Swartzlander J. Quadrefringence of optical vortices in a uniaxial cristal // J. Opt. Soc. Am. A 25, 2008. – P.1634-1641.
 11. Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия: теоретические основы. Описание минералов. Пер. с англ. М.: Мир 1987. – 591 с.
 12. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. и др. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1982. – 632 с.
 13. Казанский Н.Л. Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики // Компьютерная оптика. №29, 2006. – С. 58-77.
 14. Казанский Н.Л. Исследовательско-технологический центр дифракционной оптики // Известия СНЦ РАН. Т.13, № 4, 2011. – С. 54-62.

FORMATION OF IMAGES OF MODOVY LIGHT BUNCHES AT DISTRIBUTION IN CRYSTAL STRUCTURES

Korablin A. M., Ponamarev M. Y.

The formation of the diffraction pattern during the passage of light beams, and Bessel Gauss-Laguerre through a plate of crystal quartz. Experimental studies of the differences shown in the formation of images and detect changes in the structure of the symmetric beams, depending on the orientation of the crystal plate. The proposed experiment allows us to see the benefits of the structural beams to the Gauss-Laguerre Bessel beams in the diffraction pattern as it passes through the crystal. The results are important for studying the mechanisms of diffraction of light beams in natural crystals and the development of new methods for determining optical parameters of crystal quartz.

Keywords: optical parameters, crystal quartz, structural light bunches.

Кораблин Михаил Александрович, д.т.н., профессор, заведующий Кафедрой информационных систем и технологий (ИСТ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 228-00-82. E-mail: korablin@psati.ru

Понамарев Максим Юрьевич, аспирант кафедры ИСТ ПГУТИ. Тел. 8-819-808-05-55. E-mail: mponamarev1978@gmail.com

УДК 621.396.677; 621.397.671

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Заседателева П.С., Маслов О.Н.

Статья посвящена моделированию процесса создания системы активной защиты (САЗ) конфиденциальной информации (КИ). Представлена логическая схема процесса разработки САЗ КИ от утечки через случайные антенны (СА).

Ключевые слова: конфиденциальная информация, утечка во внешнюю среду, случайные антенны, система активной защиты.

Логическая диаграмма, в укрупненном виде раскрывающая содержание информационно-тех-