

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ПОЛОВИННЫХ ПУЧКОВ ПИРСИ С ПОМОЩЬЮ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДУЛЯТОРА СВЕТА

Котляр В.В., Ковалёв А.А., Порфирьев А.П.

Институт систем обработки изображений РАН,

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) (СГАУ)

Аннотация

С помощью жидкокристаллического фазового пространственного модулятора света сформированы структурно-устойчивые лазерные половинные пучки Пирси (ПП-пучки), которые недавно были предложены авторами [Компьютерная оптика, Т.38, №2 (2014)]. Экспериментально показано, что ПП-пучки сохраняют свою структуру интенсивности с точностью до масштаба и поворота на 180 градусов, а также обладают свойством автофокусировки и восстанавливают картину интенсивности после частичного искажения с помощью амплитудного дефекта (свойство самовосстановления). Амплитуда и фаза ПП-пучка кодировались с помощью модернизированного двухфазного алгоритма. Обычное игнорирование амплитуды и использование только фазы приводит к большим искажениям ПП-пучка, чем использование двухфазного алгоритма кодирования.

Ключевые слова: лазерные половинные пучки Пирси, жидкокристаллический пространственный модулятор света, двухфазный метод кодирования комплексной амплитуды.

Введение

Бездифракционные лазерные пучки описываются решениями непараксиального уравнения Гельмгольца. Это, в первую очередь, давно известные традиционные пучки Бесселя [1] и недавно открытые асимметричные пучки Бесселя [2, 3], пучки Матье [4]. Бездифракционные пучки сохраняют поперечное распределение интенсивности и обладают свойством самовосстановления. Наряду с бездифракционными пучками интерес представляют параксиальные структурно-устойчивые пучки, инвариантные к распространению с точностью до изменения масштаба и поворота. Наиболее известными пучками такого типа являются пучки Эрмита–Гаусса и Лагерра–Гаусса [5], гипергеометрические моды [6] и недавно открытые асимметричные вращающиеся пучки Бесселя–Гаусса [7]. В этом ряду особняком стоят двумерные пучки Эйри [8]; хотя они являются решением параксиального уравнения Гельмгольца (уравнения типа Шредингера), но ведут себя как непараксиальные пучки с бесконечной энергией – являются бездифракционными и обладают самовосстановлением. В [9] рассмотрены пучки Пирси как трёхмерные аналоги пучков Эйри. Пучки Пирси тоже выделяются из семейства параксиальных лазерных пучков. Они структурно-устойчивые с точностью до масштаба, но обладают свойством автофокусировки и, как пучки Эйри, самовосстановления. Комплексная амплитуда пучков Пирси описывается функцией Пирси [10, 11], определяемой как интеграл от комплексной экспоненты, аргумент которой является полиномом (подобно функции Эйри). Угловой спектр таких пучков представляет собой параболу с фазовой модуляцией. В недавней работе авторов [12] проводится обобщение функции Пирси и рассматриваются структурно-устойчивые половинные пучки Пирси (ПП-пучки). Обычные пучки Пирси [9] являются суммой двух ПП-пучков первого порядка. Угловой спектр ПП-пучков представляет собой не параболу (как у пучков Пирси из [9]), а только одну её половину.

В данной работе с помощью жидкокристаллического фазового пространственного модулятора света (ЖК-модулятор) сформированы ПП-пучки [12]. Точнее сказать, не сами ПП-пучки, а разность двух ПП-пучков первого порядка. Экспериментально показано, что ПП-пучки обладают свойством автофокусировки и восстанавливают свою структуру после частичного искажения с помощью амплитудного дефекта (свойство самовосстановления) размером 0,5 мм. При записи на ЖК-модулятор амплитуда и фаза ПП-пучка кодировались с помощью модернизированного двухфазного алгоритма. Для того, чтобы показать преимущества метода двухфазного кодирования, также формировались ПП-пучки обычным способом, когда амплитуда считается постоянной, а на ЖК-модулятор подаётся только фаза формируемого светового поля. Экспериментально показано, что способ игнорирования амплитуды приводит к большим искажениям ПП-пучка, чем использование двухфазного алгоритма кодирования.

1. Половинные пучки Пирси

Кратко приведём некоторые сведения о ПП-пучках из [12]. Половинный пучок Пирси ν -го порядка в начальной плоскости имеет комплексную амплитуду вида (ν – действительный положительный параметр):

$$E(x, y, z = 0) = \text{HrPe}_\nu \left(\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right) = \int_0^{+\infty} \exp \left[is^{4\nu} + is^{2\nu} (y/y_0) + is^\nu (x/x_0) \right] ds. \quad (1)$$

В произвольной плоскости комплексная амплитуда такого пучка имеет вид:

$$E(x, y, z) = \frac{1}{(1 - z/z_e)^{1/(4\nu)}} \times \text{HrPe}_\nu \left(\frac{x}{x_0 (1 - z/z_e)^{1/4}}, \frac{y - y_0 z / (2kx_0^2)}{y_0 (1 - z/z_e)^{1/2}} \right). \quad (2)$$

где $z_e = 2ky_0^2$ – расстояние автофокусировки, x_0 и y_0 – параметры, задающие масштаб пучка Пирси и его расходимость по осям x и y , k – волновое число.

Выражение (2) можно получить из (1) с помощью преобразования Френеля.

Дифракционная картина пучков (2) в поперечной плоскости имеет вид наклонных световых линий дифракционной толщины (рис. 1а). Функция $\text{HRe}_v(x/x_0, y/y_0)$ была рассчитана тем же способом, что и в работе [9], т.е. использовался поворот контура интегрирования в комплексной плоскости, только вместо замены переменных $s \rightarrow s' \exp(i\pi/8)$ была применена замена $s \rightarrow s' \exp(i\pi/(8v))$. При вычислении были использованы следующие параметры: длина волны $\lambda = 532$ нм, $x_0 = y_0 = \lambda$, $v = 1$.

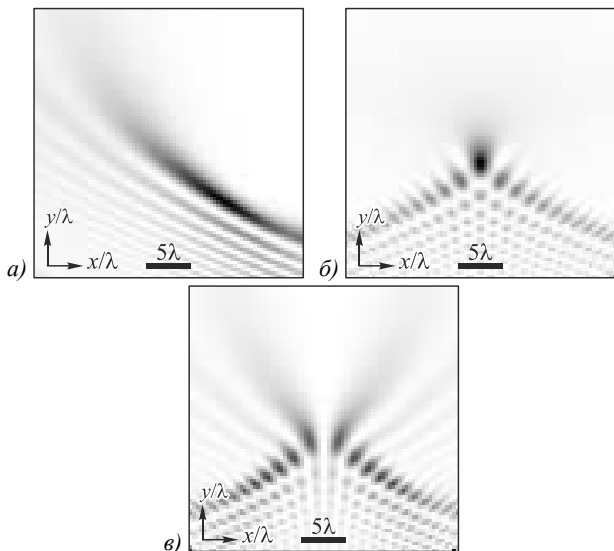


Рис. 1. Распределение интенсивности (негатив) ПП-пучка (1) при $v = 1$ (а), полного пучка Пирси из [9] (б) и разности симметричных ПП-пучков (в)

Обычный пучок Пирси является линейной комбинацией ПП-пучков (1) первого порядка:

$$\text{Re} \left(\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right) = \text{HRe}_1 \left(\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right) + \text{HRe}_1 \left(-\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right). \quad (3)$$

Это также видно и из рис. 1а, б: пучок Пирси из [9] является результатом интерференции ПП-пучка из рис. 1а и его зеркального отражения относительно плоскости $x = 0$. Заметим, что слагаемые в (3) описывают два пучка, при распространении которых их амплитуды приобретают лишь множитель, зависящий от y_0^2 , т.е. одинаковый для обоих пучков. Поэтому коэффициенты в линейной комбинации могут быть произвольными, и тем не менее пучок будет сохранять свою структуру. В частности, можно рассмотреть и разность двух ПП-пучков первого порядка вместо суммы (3):

$$\text{Re} \left(\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right) = \text{HRe}_1 \left(\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right) - \text{HRe}_1 \left(-\frac{x}{x_0}, \frac{y}{y_0} \right). \quad (4)$$

Пучок (4) аналогичен пучку Пирси в [9], но в центре вместо максимума интенсивности имеет место

минимум (ноль). Интенсивность разницы двух симметричных относительно плоскости $x = 0$ ПП-пучков показана на рис. 1в.

Заметим, что при получении (2) из (1) замену переменной интегрирования можно делать только для $z < z_e$, в противном случае пределы интегрирования становятся мнимыми. Однако можно показать, что

$$E \left(x, \frac{y_0^3}{x_0^2} + \eta, z_e + \zeta \right) = E^* \left(-x, \frac{y_0^3}{x_0^2} - \eta, z_e - \zeta \right), \quad (5)$$

т.е. подобно пучку Пирси [9] после прохождения ПП-пучка через плоскость $z = z_e$ (плоскость автофокуса) распределение интенсивности становится зеркальным отражением (поворачивается на 180 градусов) распределения интенсивности до плоскости $z = z_e$ относительно плоскостей $x = 0$ и $y = y_0^3/x_0^2$.

2. Двухфазный метод кодирования комплексной амплитуды

На ЖК-модулятор записывается только фаза светового поля. Поэтому, чтобы учесть амплитуду пучка, требуется её закодировать в виде фазы. Известно много способов кодирования амплитуды в виде фазы [13]. Их используют для расчёта и изготовления дифракционных оптических элементов (ДОЭ). Почти все эти методы кодирования требуют дополнительных отсчётов для описания фазы в виде пространственной несущей (быстро осциллирующей периодической функции), с помощью которой кодируют амплитуду. Увеличение количества отсчётов допустимо, так как элемент разрешения ДОЭ обычно равен микрону и меньше. Но для ЖК-модулятора, у которого элемент разрешения 8–10 мкм, число дополнительных элементов должно быть сведено к минимуму. Поэтому и выбран двухфазный метод кодирования, который не требует пространственной несущей, а вместо одного отсчёта для фазы требует двух отсчётов для двух разных фаз.

Двухфазный метод кодирования описывает амплитудно-фазовое поле суммой двух только фазовых полей:

$$A \exp(i\phi) = \exp(iu) + \exp(iv), \quad (6)$$

где A, ϕ – амплитуда и фаза, подлежащие кодированию, u, v – фазы. Эти фазы (u, v) записываются на ЖК-модулятор в соседние отсчёты. То есть все $N \times N$ отсчётов модулятора разбиваются на $(N/2) \times (N/2)$ суботсчётов 2×2 . В эту субматрицу 2×2 по двум диагоналям записываются отсчёты фаз u и v . Из (6) получим явную зависимость, позволяющую рассчитывать фазы u и v по известной амплитуде и фазе кодируемого светового поля:

$$\begin{cases} u = \phi + \arccos(A/2), \\ v = \phi - \arccos(A/2). \end{cases} \quad (7)$$

По формуле (7) амплитуда и фаза разности двух ПП-пучков первого порядка (4) кодировалась с помощью двух фазовых функций u и v , которые записывались на модулятор. Итак, вместо одного отсчёта фазы поля на модуляторе записаны 4 смещённых от-

счёта фаз u и v . Смещение в объектной плоскости приводит к наклону волнового фронта в Фурье-плоскости. То есть если осуществить фильтрацию поля после модулятора в Фурье-плоскости, то останется только сумма двух полей (6), тождественных кодируемому амплитудно-фазовому полю. Заметим также, что пространственное разрешение формируемого поля при таком способе кодирования не уменьшается.

3. Наблюдение разности двух ПП-пучков первого порядка

Для формирования пучков Пирси была использована оптическая схема, представленная на рис. 2. Использовался пространственный модулятор света SLM PLUTO-VIS (разрешение – 1920×1080 пикселей, размер пикселя – 8 мкм). Выходной пучок твердотельного лазера Laser ($\lambda = 532$ нм) ослаблялся с помощью фильтров нейтральной плотности F. Система из микрообъектива MO ($40\times$, $NA = 0,6$), линзы L_1 ($f = 350$ мм) и пинхола PH (размер отверстия 40 мкм) была использована для получения однородного Гауссова профиля интенсивности начального лазерного пучка. Кроме того, это позволяло произвести расширение пучка, для того чтобы он полностью покрывал дисплей модулятора. Отражённый от модулятора пучок с помощью делителя пучка BS и прямоугольной призмы RP направлялся на систему линз L_2 ($f_3 = 350$ мм) и L_3 ($f_2 = 150$ мм). Данная система линз в сочетании с диафрагмой D была использована для высокочастотной оптической фильтрации. Запись поперечных профилей интенсивности сформированных пучков Пирси производилась с помощью CMOS-камеры MDCE-5A ($1/2''$, разрешение – 80×1024 пикселей). Стартовая позиция камеры, закреплённой на оптических рельсах Rail, совпадала с плоскостью, сопряжённой плоскости дисплея модулятора.

Как известно, из-за несовершенства антибликового покрытия и пиксельной структуры модуляторов света в нулевом порядке всегда формируется свето-

вое пятно, которое вносит искажения в формируемое световое поле [14].

Для решения этой проблемы было использовано сложение исходной фазовой функции с линейной фазовой маской, что позволяло развести в пространстве формируемый ПП-пучок и световое пятно в нулевом порядке.

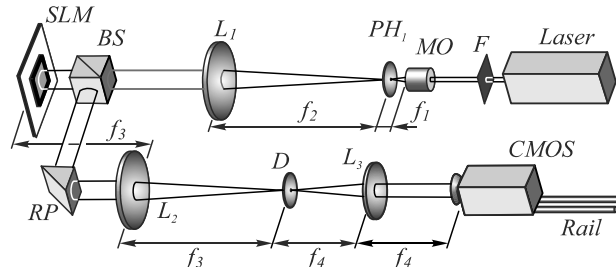


Рис. 2. Оптическая схема для формирования световых пучков Пирси: Laser – твердотельный лазер ($\lambda = 532$ нм), F – фильтры нейтральной плотности, MO – микрообъектив ($40\times$, $NA = 0,6$), PH – пинхол (40 мкм), L_1, L_2 – линзы с фокусным расстоянием $f_2 = f_3 = 350$ мм, L_3 – линза с фокусным расстоянием $f_4 = 150$ мм, BS – делитель пучка, SLM – пространственный модулятор света PLUTO-VIS, RP – прямоугольная призма, D – диафрагма, CMOS – CMOS-камера MDCE-5A (1280×1024), Rail – оптические рельсы

На рис. 3, 4 показаны экспериментально полученные изображения для случаев формирования разности двух ПП-пучков первого порядка на разных расстояниях от модулятора. Изображения на рис. 3 были получены в случае использования закодированного фазового распределения по формуле (7), которое показано в полутонах на рис. 3а. А на рис. 4 показаны распределения интенсивности, полученные в случае использования не закодированного фазового распределения (на модулятор записывалась только фаза функции (4)), представленного на рис. 4а. Отметим, что при выводе фаз, представленных на рис. 3а и 4а, на дисплей модулятора к ним добавлялась линейная фаза, как было сказано выше (на рис. 3а и 4а линейная фаза не показана).

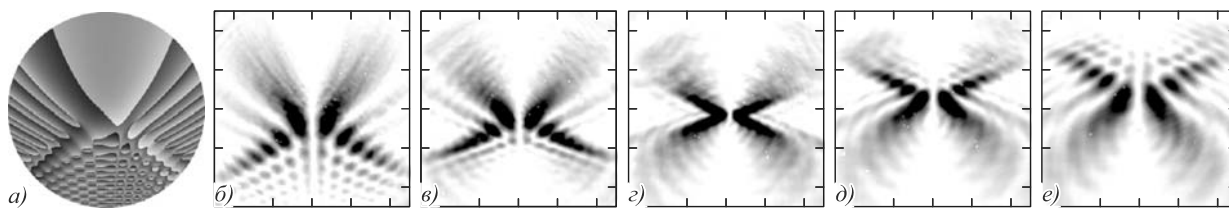


Рис. 3. Кодированная по формуле (7) фаза для формирования разности двух ПП-пучков первого порядка (4) (а) и экспериментально сформированные распределения интенсивности (негативы) на разных расстояниях от модулятора: 50 мм (б), 250 мм (в); 400 мм (г); 550 мм (д); 650 мм (е). Шаг сетки на изображениях равен 0,5 мм

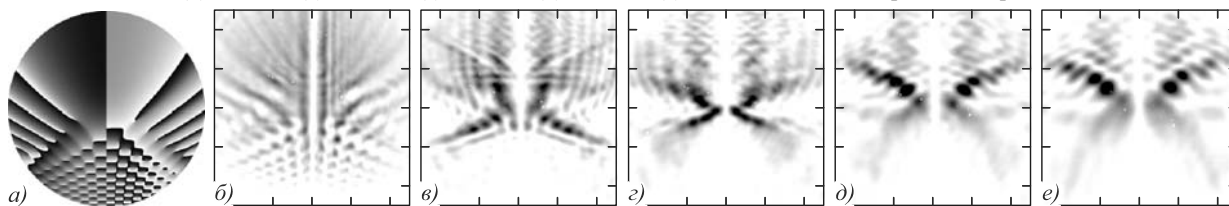


Рис. 4. Некодированная фаза для формирования разности двух ПП-пучков первого порядка (4) (а) и экспериментально сформированные распределения интенсивности (негативы) на различных расстояниях: 50 мм (б), 250 мм (в); 400 мм (г); 550 мм (д); 650 мм (е). Шаг сетки на изображениях равен 0,5 мм

Из представленных изображений видно, что сформированные ПП-пучки в обоих случаях сохраняют свою структуру при распространении в пространстве. Из анализа полученных изображений следует, что сформированные пучки обладают свойством автофокусировки. Фокус пучков находится на расстоянии около 400 мм.

Из сравнения рисунков видно, что распределения интенсивности на рис. 3 ближе к расчётному распределению, показанному на рис. 1в, чем картины интенсивности на рис. 4. Видно также, что в обоих случаях фокус находится на расстоянии 400 мм, и после фокуса картина интенсивности повёрнута на 180° по отношению к картине интенсивности до фокуса.

В экспериментах также было продемонстрировано свойство самовосстановления сформированных

ПП-пучков. Для этого на пути пучка в плоскости $z=0$ (начальная позиция матрицы камеры) было установлено покровное стекло с непрозрачной областью размером 0,5 мм, нанесённой с помощью чёрного маркера (рис. 5а). Таким образом, в данной области происходило поглощение светового излучения, что вносило искажение в сформированный пучок. На рис. 5 представлены результаты данного эксперимента. Из рис. 5а видно, что левый верхний максимум интенсивности сформированного пучка закрыт препятствием. На последующих изображениях можно наблюдать, как происходит восстановление структуры пучка, особенно хорошо это видно на изображениях, полученных после прохождения фокуса пучка.

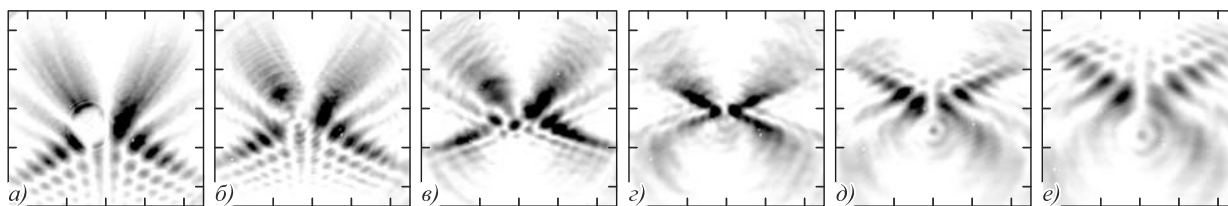


Рис. 5. Самовосстановление сформированной разности двух ПП-пучков первого порядка.

Экспериментально сформированные распределения интенсивности (негативы) на различных расстояниях: 0 мм (а); 100 мм (б); 250 мм (в); 400 мм (г); 550 мм (д); 700 мм (е). Шаг сетки на изображениях равен 0,5 мм

Заключение

В работе получены следующие результаты:

- С помощью ЖК-модулятора сформирована разность двух ПП-пучков первого порядка. Этот лазерный пучок при распространении сохранял свою структуру с точностью до масштаба и поворота на 180° . Пучок обладал автофокусировкой и по структуре был согласован с идеальным ПП-пучком. На всём пути распространения пучка в центре сечения пучка вдоль вертикальной оси была нулевая интенсивность.
- Предложен адаптированный для фазового модулятора двухфазный метод кодирования, позволяющий учесть амплитуду кодируемого поля. Экспериментально показано, что ПП-пучок, формируемый с помощью ЖК-модулятора с закодированной фазой, ближе к идеальному ПП-пучку, чем лазерный пучок, сформированный ЖК-модулятором с не закодированной фазой. Эффективность формирования ПП-пучка в обоих случаях примерно одинаковая.
- Экспериментально показано, что ПП-пучок обладает свойством самовосстановления: при искажении пучка малым амплитудным препятствием за плоскостью автофокуса ПП-пучок восстановился.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, а также грантов РФФИ 13-07-97008, 14-29-07133 и 14-07-31092.

Литература

1. **Durnin, J.** Exact solutions for nondiffracting beams. I. The scalar theory / J. Durnin // Journal of the Optical Society of America A. – 1987. – Vol. 4, Issue 4. – P. 651-654.

2. **Котляр, В.В.** Бездифракционные асимметричные элегантные пучки Бесселя с дробным орбитальным угловым моментом / В.В. Котляр, А.А. Ковалёв, В.А. Соифер // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 4-10.
3. **Kotlyar, V.V.** Asymmetric Bessel modes / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, V.A. Soifer // Optics Letters. – 2014. – Vol. 39, Issue 8. – P. 2395-2398.
4. **Gutiérrez-Vega, J.C.** Experimental demonstration of optical Mathieu beams / J.C. Gutiérrez-Vega, M.D. Iturbe-Castillo, G.A. Ramirez, E. Tepichin, R.M. Rodriguez-Dagnino, S. Chávez-Cerda, G.H.C. New // Optics Communications. – 2001. – Vol. 195, Issue 1. – P. 35-40.
5. **Siegman, A.E.** Lasers / A.E. Siegman. – University Science, 1986.
6. **Kotlyar, V.V.** Hypergeometric modes / V.V. Kotlyar, R.V. Skidanov, S.N. Khonina, V.A. Soifer // Optics Letters. – 2007. – Vol. 32. – P. 742-744.
7. **Kotlyar, V.V.** Asymmetric Bessel-Gauss beams / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, R.V. Skidanov, V.A. Soifer // Journal of the Optical Society of America A. – 2014. – Vol. 31, Issue 9. – P. 1977-1983.
8. **Berry, M.V.** Nonspreading wave packets / M.V. Berry, N.L. Balazs // American Journal of Physics. – 1979. – Vol. 47, Issue 3. – P. 264-267.
9. **Ring, J.** Auto-focusing and self-healing of Pearcey beams / J. Ring, J. Lindberg, A. Mourka, M. Mazilu, K. Dholakia, M. Dennis // Optics Express. – 2012. – Vol. 20. – P. 18955-18966.
10. **Pearcey, T.** The structure of an electromagnetic field in the neighbourhood of a cusp of a caustic / T. Pearcey // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science: Series 7. – 1946. – Vol. 7, Issue 37. – P. 311-317.
11. **Berry, M.V.** Integrals with coalescing saddles / M.V. Berry, C.J. Howls. – Digital Library of Mathematical Functions, National Institute of Standards and Technology, 2012. – <http://dlmf.nist.gov/36.2>.

12. **Ковалёв, А.А.** Структурно-устойчивые трёхмерные и двумерные лазерные половинные пучки Пирси / А.А. Ковалёв, В.В. Котляр, С.Г. Засканов // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 193-197.
 13. Методы компьютерной оптики / А.В. Волков, Д.Л. Головашкин, Л.Д. Досколович, Н.Л. Казанский, В.В. Котляр, В.С. Павельев, Р.В. Скиданов, В.А. Сойфер, В.С. Соловьев, Г.В. Успенев, С.И. Харитонов, С.Н. Хонина; под ред. В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2000. – 688 с.
 14. **Guillon, M.** LCoS nematic SLM characterization and modeling for diffraction efficiency optimization, zero and ghost orders suppression / E. Ronzitti, M. Guillon, V. de Sars, V. Emiliani // Optics Express. – 2012. – Vol. 20(16). – P. 17843-17855.
- References**
1. **Durnin, J.** Exact solutions for nondiffracting beams. I. The scalar theory / J. Durnin // Journal of the Optical Society of America A. – 1987. – Vol. 4, Issue 4. – P. 651-654.
 2. **Kotlyar, V.V.** Diffraction-free asymmetric elegant Bessel beams with fractional orbital angular momentum / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, V.A. Soifer // Computer Optics. – 2014. – Vol. 38(1). – P. 4-10.
 3. **Kotlyar, V.V.** Asymmetric Bessel modes / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, V.A. Soifer // Optics Letters. – 2014. – Vol. 39, Issue 8. – P. 2395-2398.
 4. **Gutiérrez-Vega, J.C.** Experimental demonstration of optical Mathieu beams / J.C. Gutiérrez-Vega, M.D. Iturbe-Castillo, G.A. Ramirez, E. Tepichin, R.M. Rodriguez-Dagnino, S. Chávez-Cerda, G.H.C. New // Optics Communications. – 2001. – Vol. 195, Issue 1. – P. 35-40.
 5. **Siegman, A.E.** Lasers / A.E. Siegman. – University Science, 1986.
 6. **Kotlyar, V.V.** Hypergeometric modes / V.V. Kotlyar, R.V. Skidanov, S.N. Khonina, V.A. Soifer // Optics Letters. – 2007. – Vol. 32. – P. 742-744.
 7. **Kotlyar, V.V.** Asymmetric Bessel-Gauss beams / V.V. Kotlyar, A.A. Kovalev, R.V. Skidanov, V.A. Soifer // Journal of the Optical Society of America A. – 2014. – Vol. 31, Issue 9. – P. 1977-1983.
 8. **Berry, M.V.** Nonspreading wave packets / M.V. Berry, N.L. Balazs // American Journal of Physics. – 1979. – Vol. 47, Issue 3. – P. 264-267.
 9. **Ring, J.** Auto-focusing and self-healing of Pearcey beams / J. Ring, J. Lindberg, A. Mourka, M. Mazilu, K. Dholakia and M. Dennis // Optics Express. – 2012. – Vol. 20. – P. 18955-18966.
 10. **Pearcey, T.** The structure of an electromagnetic field in the neighbourhood of a cusp of a caustic / T. Pearcey // The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science: Series 7. – 1946. – Vol. 7, Issue 37. – P. 311-317.
 11. **Berry, M.V.** Integrals with coalescing saddles / M.V. Berry, C.J. Howls. – Digital Library of Mathematical Functions, National Institute of Standards and Technology, 2012. – <http://dlmf.nist.gov/36.2>.
 12. **Kovalev, A.A.** Structurally stable three-dimensional and two-dimensional laser Pearcey beams / A.A. Kovalev, V.V. Kotlyar, S.G. Zaskanov // Computer Optics – 2014. – Vol. 38(2). – P. 193-197.
 13. Methods for Computer design of diffractive optical elements / V.A. Soifer, V.V. Kotlyar, N.L. Kazanskiy, L.L. Doskolovich, S.I. Kharitonov, S.N. Khonina, V.S. Pavelyev, R.V. Skidanov, A.V. Volkov, D.L. Golovashkin, V.S. Solov'yev, G.V. Usplen'yev; ed. by V.A. Soifer. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002. – 765 p.
 14. **Guillon, M.** LCoS nematic SLM characterization and modeling for diffraction efficiency optimization, zero and ghost orders suppression / E. Ronzitti, M. Guillon, V. de Sars, V. Emiliani // Optics Express. – 2012. – Vol. 20(16). – P. 17843-17855.

GENERATION OF HALF-PEARCEY LASER BEAMS BY A SPATIAL LIGHT MODULATOR

*A.A. Kovalev, V.V. Kotlyar, A.P. Porfirev
Image Processing Systems Institute, Russian Academy of Sciences,
Samara State Aerospace University*

Abstract

With use of a liquid crystal phase-only spatial light modulator, we generate form-invariant Half-Pearcey laser beams (HP-beams), which were recently proposed by the present authors [Computer Optics, v. 38, no. 2 (2014)]. It is experimentally shown that upon propagation the HP-beams preserve their shape up to a scale and rotate by 180 degrees. These beams have the ability to auto-focus and reconstruct their intensity pattern after partial distortion by an amplitude defect (property of self-healing). The amplitude and phase of the HP-beam were encoded with the modified two-phase algorithm. Ignoring the amplitude and using only the phase leads to greater distortions of the HP-beam comparing with the two-phase encoding algorithm.

Key words: Half-Pearcey laser beam, liquid crystal spatial light modulator, two-phase encoding algorithm, encoding of the complex amplitude.

Сведения об авторах

Сведения об авторе **Котляр Виктор Викторович** – см. стр. 613 этого номера.
Сведения об авторах **Ковалёв Алексей Андреевич** и **Порфирьев Алексей Петрович** –
см. стр. 656-657 этого номера.

Поступила в редакцию 14 октября 2014 г.