

интенсивности воспроизводится фотодетектором типа CMOS Michrome 20.

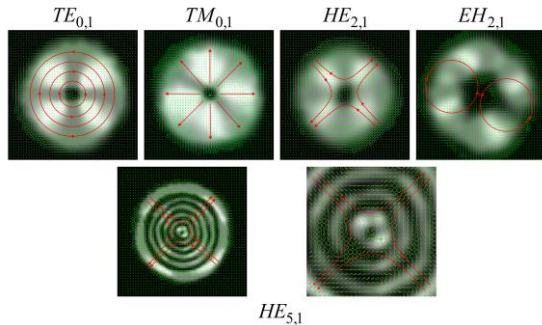


Рис. 2. Поляризационная структура TE, TM, HE и EH мод. На нижней строке приведена поляризационная структура HE_{2,6} моды и ее центральный участок

На рис.2 приведена экспериментально полученная поляризационная структура стандартных векторных мод. Непрерывные линии представляют интегральные линии, касательные к векторам поляризации. Так, TE и TM моды представляют характерную картину цилиндрических векторных пучков. HE_{2,1} моды задает семейство гипербол в каждой четверти плоскости, в то время как EH_{2,1} моды характеризуют лемнискаты, ориентированные вдоль *x*-оси. Особое внимание привлекает более сложная поляризационная структура HE_{2,6} с характерными пятью кольцевыми дислокациями. Типичная картина гиперболических интегральных кривых воспроизводится в каждом светлом кольце.

Структурированный векторный ЛГ (сЛГ) пучок содержит $N=2n+\ell+1$ ЭГ мод (*n* - радиальное число, ℓ - азимутальное число) с амплитудным ε и фазовым θ управляющими параметрами [5]. Комплексные амплитуды СВ пучка в линейно поляризованном базисе записываются как

$$\mathbf{HE}_{n,\ell} = \hat{\mathbf{x}} sLG_{n,\ell}(x, y) + \hat{\mathbf{y}} sLG_{n,\ell}^*(x, y), \quad (1)$$

$$sLG_{n,\ell}(\mathbf{r} | \varepsilon, \theta) = \frac{(-1)^n}{2^{2n+3/2} n!} \sum_{k=0}^{2n+\ell} (2i)^k P_k^{(n+\ell-k, n-k)}(0) \varepsilon_k(\varepsilon, \theta) HG_{2n+\ell-k, k}(\mathbf{r}), \quad (2)$$

где $\mathbf{r} = (x, y)$, $P_k^{(n,m)}(\cdot)$ - многочлен Якоби, $\varepsilon_k = 1 + \varepsilon e^{ik\theta}$, звездочка (*) указывает на комплексное сопряжение. В

качестве примера ВС пучка на рис.3в представлена структура векторного сЛГ пучка, содержащего 12 ЭГ мод в каждой поляризационной компоненте, полученного на SLM модуляторе (см. рис.1) и структура этого же пучка (рис.3е), восстановленного после измерения спектра мод в каждой линейно-поляризованной компоненте. Измерение спектра ЭГ мод осуществлялось методом моментов интенсивности высших порядков [1] в плоскости двойного фокуса цилиндрической линзы, позволяющий измерять, как квадраты модулей амплитуд, так и начальные фазы мод. Функция моментов интенсивности выбиралась в базисе ЭГ мод. Каждая поляризационная компонента в спектр ЭГ мод содержит следующие HG_{*n,m*-*n*} моды: HG_{0,11}, HG_{1,10}, HG_{2,9}, HG_{3,8}, HG_{4,7}, HG_{5,6}, HG_{6,5}, HG_{7,4}, HG_{8,3}, HG_{9,2}, HG_{10,1}, HG_{11,0}. Спектры поляризационных компонент ЭГ мод представлены на рис.3а,б. Одновременно измерялся спектр начальных фаз каждой ЭГ моды. Результаты измеренных амплитуд и фаз ЭГ мод позволяли найти поляризационные компоненты структурированного пучка согласно выражению (1). Далее векторный пучок восстанавливался и вычислялась степень корреляции интенсивности исходного и восстановленного пучков, которая была не ниже 0,9.

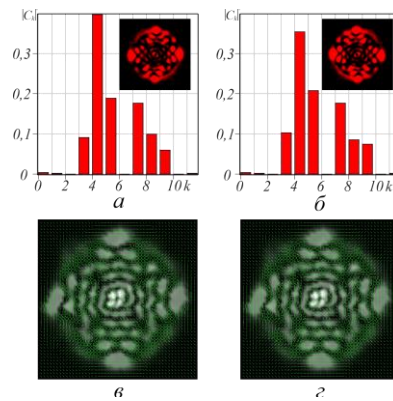


Рис. 3. Спектры ЭГ мод в $\hat{\mathbf{x}}$ (а) и $\hat{\mathbf{y}}$ (б) поляризационных компонентах, на сносках представлено распределение интенсивности в ортогональных компонентах поляризации; (в) - карта распределения поляризации векторного сЛГ пучка для $(n, \ell) = (5, 1)$ и $\varepsilon = 1, \theta = \pi/2$; (г) - карта распределения поляризации восстановленная по спектру мод (а) и (б)

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования по формированию сложных структурированных векторных пучков Лагерра-Гаусса. Впервые использован цифровой метод моментов интенсивности, который позволяет определить модовый состав, используя единственное распределение интенсивности в каждой поляризационной компоненте в фокальной плоскости, либо сферической линзы, либо в плоскости двойного фокуса цилиндрической линзы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воляр, А. В. По ту сторону интенсивности, или моменты интенсивности и измерение спектра оптических вихрей сложных пучков / А.В. Воляр, М.В. Брещко, Я.Е. Акимова, Ю.А. Егоров // Компьютерная оптика. – 2018. – Т. 42, № 5. – С. 736-743.
- [2] Rosales-Guzmán, C. Simultaneous generation of multiple vector beams on a single SLM // C. Rosales-Guzmán, N. Bhebhe, A. Forbes // Optics Express. – 2017. – Vol. 25, № 21. – P. 25697.
- [3] Карпеев, С.В. Интерференционная схема для генерации поляризационно-неоднородного лазерного излучения с использованием пространственного модулятора света / С.В. Карпеев, В.В. Подлипов, А.М. Алгубили // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 2. – С. 214-218. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-698.
- [4] Пат. 65939 Украина Дифференциальный Поляриметр / Фадеева Т.А., Воляр А.В.; Заявитель и патентообладатель Таврический национальный университет. - №65939 ; опубл.15.04.04, бюл. № 4.
- [5] Воляр, А.В. Может ли радиальное число вихревых мод управлять орбитальным угловым моментом? / А.В. Воляр, Е.Г. Абрамочкин, М.В. Брещко, Я.Е. Акимова, Ю.А. Егоров // Компьютерная оптика. – 2022. – Т. 46, № 6. – С. 853-863. – DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1169.