

ДИФРАКЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ОРБИТАЛЬНОГО УГЛОВОГО МОМЕНТА СТРУКТУРИРОВАННОГО СВЕТА НА АПЕРТУРАХ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИРТУАЛЬНАЯ ФОТОЛИТОГРАФИЯ

Белевская Д. В. (МАОУ «Лицей №1», 11 класс)

Научный руководитель – студент 2 курса магистратуры, Максимов М. В.¹

¹ Университет ИТМО

maximmaximov0002@gmail.com

Введение. Оптические вихревые пучки и другие виды структурированного света обладают орбитальным угловым моментом (ОУМ), который связан с азимутальной структурой фазы и проявляется в наблюдаемых интерференционно-дифракционных картинах [1–3]. Методы быстрой диагностики ОУМ по распределению интенсивности востребованы в задачах фотоники, где апертурные ограничения неизбежны (диафрагмы, края оптики, фотомаски). При этом форма апертюры может усиливать или, наоборот, скрывать признаки ОУМ: для осесимметричных апертюр картина интенсивности часто не различает знак ОУМ, тогда как неосесимметричные формы дают более информативный «отпечаток» пучка [4]. Поэтому актуальна воспроизводимая вычислительная модель, позволяющая систематически исследовать влияние параметров пучка и апертюры на дифракционное изображение в условиях, когда экспериментальная проверка затруднена.

Основная часть. В работе развивается программный модуль на Python для расчета апертурной дифракции структурированного света в рамках скалярной теории дифракции и фурье-оптики [5,6]. Пучок (лагерр-гаусс или квазибессель) задается в плоскости апертюры; апертюра описывается маской на сетке (круг, треугольник и другие формы); далее вычисляется распределение интенсивности в плоскости наблюдения при заданном расстоянии. Для корректного сравнения режимов используется нормировка входного поля на апертюре, а результаты сохраняются в виде библиотеки предвычисленных карт, пригодной для интерактивной визуализации (ноутбук или веб-страница). Помимо базовых расчетов для «чистых» мод ОУМ планируется исследование когерентных суперпозиций и некогерентных смесей мод, что позволит отделить эффекты интерференции от простого суммирования интенсивностей и оценить диагностические признаки когерентности. Также планируется параметрическое исследование зависимости признаков ОУМ от длины волны (или энергии фотона), размера и ориентации апертюры, а также расстояния до экрана с построением карт устойчивости метода к изменению параметров. Дополнительно рассматривается прикладная интерпретация в терминах «виртуальной фотолиитографии»: рассчитанная интенсивность трактуется как аэрофотоизображение (доза экспонирования) на фоторезисте, а пороговая модель проявления дает бинарный напечатанный рисунок, что позволяет вводить количественные метрики качества изображения и связывать дифракционную задачу с логикой формирования рисунка в оптической литографии [7].

Выводы. Ожидаемым результатом является воспроизводимый вычислительный набор сценариев дифракции вихревых пучков на апертюрах различной формы и практические рекомендации по выбору геометрии апертюры и параметров наблюдения для надежной диагностики ОУМ по итоговым изображениям интенсивности. Расширение постановки на спектральную перестройку и смешанные состояния приближает модель к реальным условиям формирования пучков, а модуль «виртуальной

фотолитографии» переводит результаты в прикладные термины качества изображения на фоторезисте. Разработанный программный модуль и интерактивная визуализация могут быть использованы в образовательных проектах по фотонике и как инструмент быстрого прототипирования дифракционных диагностических элементов для структурированного света.

Список использованных источников:

1. Bliokh K. Y., Nori F. Transverse and longitudinal angular momenta of light // *Physics Reports*. 2015. Vol. 592. P. 1–38. DOI: 10.1016/j.physrep.2015.06.003.

2. Knyazev B. A., Serbo V. G. Beams of photons with nonzero projections of orbital angular momenta: new results // *Physics–Uspekhi*. 2018. Vol. 61, no. 5. P. 449–479. DOI: 10.3367/UFNe.2018.02.038306.

3. Andrews D. L., Babiker M. (eds.). *The Angular Momentum of Light*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

4. Hickmann J. M., Fonseca E. J. S., Soares W. C., Chávez-Cerda S. Unveiling a Truncated Optical Lattice Associated with a Triangular Aperture Using Light’s Orbital Angular Momentum // *Physical Review Letters*. 2010. Vol. 105. 053904. DOI: 10.1103/PhysRevLett.105.053904.

5. Борн М., Вольф Э. *Основы оптики*. — М.: Наука, 1973.

6. Goodman J. W. *Introduction to Fourier Optics*. 3rd ed. Englewood, CO: Roberts & Company Publishers, 2005. 528 p. ISBN 9780974707723.

7. Mack C. A. *Fundamental Principles of Optical Lithography: The Science of Microfabrication*. Chichester: John Wiley & Sons, 2007. DOI: 10.1002/9780470723876.