

Трехмерные световые решетки из оптических вихрей

*Д.А. Иконников, С.А. Мыслевец, В.Г. Архипкин, А.М. Вьюнышев
Институт физики им. Л.В. Киренского, ФИЦ КНЦ СО РАН*

В последнее время все больший интерес в фотонике привлекает структурированный свет. Ярким примером структурированного света являются так называемые оптические вихри, которые представляют собой пучки с азимутальной фазовой зависимостью $\exp(i\varphi l)$ [1], где l – топологический заряд, φ – азимутальный угол. Такие пучки нашли применение в таких областях как квантовые коммуникации, сверхъёмкая передача информации и оптические манипуляции [2-5]. Ряд прикладных задач в области захвата и удержания объектов различной природы, высококачественной фотолитографии и структурирования вещества требует создания упорядоченных массивов пучков, в том числе, массивов оптических вихрей, способных переносить орбитальный угловой момент. В связи с этим, актуальной является задача рассмотрения прохождения одиночного вихревого лазерного пучка через двумерную амплитудную решетку. Известно, что при прохождении через периодическую решетку плоской волны в ближнем поле наблюдается эффект Тальбота, который заключается в периодическом самовоспроизведении изображения на расстояниях кратных длине Тальбота [6], таким образом формируется трехмерная оптическая решетка. Эффект Тальбота для пучков с плоским волновым фронтом к настоящему времени хорошо изучен и теоретически рассмотрен для пучков, имеющих фазовые сингулярности [7,8]. Для оптических вихрей терагерцового диапазона данный эффект наблюдался экспериментально [8,9]. В данной работе была теоретически и экспериментально исследована ближнепольная дифракция оптических вихрей видимого диапазона на двумерной амплитудной решетке.

В результате работы было установлено, что имеет место аналог эффекта Тальбота для оптических вихрей, в плоскостях Тальбота свет формируется в кольца. Для падающего пучка с топологическим зарядом равным единице, число колец совпадает с числом отверстий в решетке. При увеличении топологического заряда падающего пучка, каждое кольцо превращается в набор концентрических колец, количество колец в каждом наборе соответствует топологическому заряду падающего пучка. Расчет показывает, что в фазовом распределении присутствуют сингулярности с топологические заряды противоположных знаков, количество которых может заметно превышать топологический заряд падающего вихревого лазерного пучка. Суммарный топологический заряд сингулярностей в пределах всей решетки равняется топологическому заряду падающего излучения, при этом интенсивность имеет асимметричное угловое распределение в окрестности точек сингулярности. За счет того, что картина распределения интенсивности периодически воспроизводится благодаря эффекту Тальбота, образуется трехмерная световая решетка из оптических вихрей. Трехмерные световые решетки из оптических вихрей могут обеспечить новые функциональные возможности для взаимодействия света с веществом, которые невозможны в оптических решетках без топологического заряда.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-12-00203).

Литература:

- [1] Yao A. M. and Padgett M. J., *Adv. Opt. Photon.* V. 2. PP. 161-204 (2011).
- [2] Shen Y., Wang X., Xie Z. et al., *Light Sci. Appl.* V. 8. P. 90 (2019).
- [3] Mair A., Vaziri A., Weihs G. et al., *Nature* V. 412. PP. 313-316 (2001).
- [4] Dada A. C., Leach J., Buller G. S. et al., *Nature Physics* V. 7. PP. 677-680 (2011).
- [5] Willner A. E., Huang H., Yan Y. et al., *Adv. Opt. Photon.* V. 7. P. 66106 (2015).
- [6] Wen J., Zhang Y., Xiao M., *Adv. Opt. Photon.* V 5. PP. 83-130 (2013).
- [7] Rasouli S., Hebri D., *J. Opt. Soc. Am. A* V. 36. PP. 800-808 (2019).
- [8] Kotelnikov I. A., Kameshkov O. E., Knyazev B. A., *J. Optics.* V. 22. P. 065603 (2020).
- [9] Knyazev B., Kameshkov O., Vinokurov N. et al., *Opt. Express* V. 26. PP. 14174-14185 (2018).