

УДК 535.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ В БЛИЖНЕМ ПОЛЕ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ХИРАЛЬНЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУР НА ДИФРАКЦИОННОМ ФАЗОВОМ МИКРОСКОПЕ

Мисюра А.А. (ИТМО), Дармороз Д. Д. (ИТМО), Герасимов К.А. (ИТМО), Черных А.В. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Петров Н.В. (ИТМО)

Введение. Жидкие кристаллы сочетают в себе оптические свойства кристаллических твердых тел и текучесть изотропных жидкостей. Они способны формировать чрезвычайно богатый спектр жидкокристаллических текстур с естественно возникающими топологическими дефектами, а также искусственно созданные топологические ориентационные структуры [1]. В тонких пленках хиральных нематических жидких кристаллов наблюдаются метастабильные локализованные солитоны, ориентационная структура которых может сочетать как сингулярные, так и несингулярные особенности [2]. Жидкокристаллические солитоны уже были продемонстрированы как генераторы оптических вихрей и векторных лазерных пучков [1, 3]. В целом известно несколько способов формирования оптических вихрей, однако метод, основанный на использовании топологических солитонов в жидких кристаллах, является особенно привлекательным, так как является неинвазивным. Исследования оптических вихрей в дальней зоне дифракции дали новый толчок в разработке жидкокристаллических дисплеев [4] и электрооптических устройств на основе жидких кристаллов. Однако исследования структуры и особенностей светового поля в ближней зоне дифракции никогда ранее не проводились.

В работе, с помощью дифракционного фазового микроскопа исследовалась структура светового поля, формируемого локализованными хиральными жидкокристаллическими структурами, расположенными между двумя ахроматическими четвертьволновыми пластинками.

Основная часть. Для исследования процесса формирования оптических вихрей локализованными жидкокристаллическими структурами дифракционный фазовый микроскоп был оснащен поляризатором, двумя четвертьволновыми пластинами и анализатором.

Для восстановления комплекснозначной волны из цифровых голограмм был использован метод двойного преобразования Фурье с фильтрацией в частотной плоскости [5]. Сначала производилось вычисление преобразования Фурье, после чего к Фурье-спектру применялась пространственно-частотная фильтрация спектра совместно с центрированием первого порядка дифракции, затем выполнялось обратное преобразование Фурье.

На восстановленных фазовых распределениях присутствует фазовый набег ($-\pi$, π) радиан, что свидетельствует о наличии оптических вихрей с двойным топологическим зарядом в поле исследуемого образца.

На полученных восстановленных фазовых изображениях минимизировано влияние шума при помощи усреднения фаз.

Выводы. В работе с помощью метода дифракционной фазовой микроскопии были зарегистрированы и исследованы волновые фронты, которые формируются локализованными хиральными жидкокристаллическими структурами. На образец попадает световой пучок с круговой поляризацией. В одной из равных круговых компонент формируется оптический вихрь.

Список использованных источников:

1. Papić M. et al. Topological liquid crystal superstructures as structured light lasers //

Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2021. – T. 118. – №. 49. – C. e2110839118.

2. Ackerman P. J., Smalyukh I. I. Diversity of knot solitons in liquid crystals manifested by linking of preimages in torons and hopfions // Journal of Optics. – 2017. – T. 7. – № 1. – C. 011006.

3. Yang B., Brasselet E. Arbitrary vortex arrays realized from optical winding of frustrated chiral liquid crystals // Journal of Optics. – 2013. – T. 15. – № 4. – C. 044021.

4. Coles H. J., Pivnenko M. N. Liquid crystal ‘blue phases’ with a wide temperature range // Nature. – 2005. – T. 436. – №. 7053. – C. 997-1000.

5. Bhaduri B. et al. Diffraction phase microscopy: principles and applications in materials and life sciences //Advances in Optics and Photonics. – 2014. – T. 6. – №. 1. – C. 57-119.