

УДК 111.11

**Формирование полу-вихрей в поляризованных экситон-поляритонных конденсатах в оптических ловушках**  
**Осипов А.Н. (ИТМО)**

**Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, доцент Юлин А.В. (ИТМО)**

**Введение.** Экситон-поляритоны представляют собой гибридные квазичастицы типа свет-вещество, образующиеся в оптических микрорезонаторах в режиме сильной связи свет-вещество [1]. Благодаря гибридной природе, поляритоны наследуют полезные свойства как от света, так и от вещества, включая маленькие эффективные массы, большие нелинейности, большие длины и времена когерентности. Эти свойства делают экситон-поляритонные системы перспективной средой для изучения Бозе-Эйнштейновских конденсатов. В настоящее время технологии позволяют создавать поляритонные конденсаты с различными свойствами. Так в [2] оптически созданные решетки поляритонных конденсатов были предложены в качестве XY симулятора для решения NP сложных задач. В [3] была показана возможность контроля над поляритонными квантовыми вихрями в квантовом эксперименте «вращающейся корзины». Относительно новым и перспективным направлением в изучении поляритонных конденсатов и их потенциальных применений является управление поляризационными свойствами поляритонных конденсатов. В рамках данной работы было показано, что в кольцевых оптических ловушках поляризационные эффекты тесно связаны с возможностью формирования вихревых конденсатов. В частности, в рамках теории и численного моделирования, была показана возможность получения поляризованных поляритонных конденсатов в виде полу-вихрей, экзотических состояний спиновой квантовой жидкости [4].

**Основная часть.** В данной работе мы рассмотрели двумерный поляризованный поляритонный конденсат в кольцевой оптической ловушке. Радиус ловушки был подобран так, чтобы в ловушке формировались конденсаты с угловыми моментами  $l = \pm 1$  (вихрь и антивихрь)[5]. Для получения нетривиальных свойств в систему была добавлена неглубокая поляризованная модуляция профиля кольцевой ловушки по углу в виде косинуса двойного угла в каждой из циркулярных поляризаций. При этом относительная глубина модуляции и сдвиг по фазе между модуляциями в различных поляризациях позволяет контролировать эффективное взаимодействие между вихревой и антивихревой модами, позволяя контролировать устойчивую конфигурацию поляризованного конденсата в ловушке.

В рамках работы совмещено использование численных и аналитических методов исследования неравновесных поляритонных конденсатов. Основным уравнением, описывающим такие конденсаты, является неравновесное уравнение Гросса-Питаевского обобщенное на случай поляризованных конденсатов [6]. Помимо прямого численного моделирования уравнения Гросса-Питаевского, нами была показана возможность сведения вопроса динамики двумерного поляритонного конденсата в ловушке к вопросу динамики системы нескольких взаимодействующих поляризованных собственных мод кольцевой оптической ловушки с различными угловыми моментами (вихревая и антивихревая моды). Разработанная модель эффективно воспроизводит результаты прямого численного моделирования.

Используя фундаментальные поляризационные свойства поляритонных конденсатов, такие как ТЕ-ТМ расщепление и спиновая релаксация, с помощью вращения фазы круговой модуляции в разных циркулярных поляризациях друг относительно друга, была показана возможность управления угловыми моментами конденсата в различных поляризациях. В том числе были получены квантовые полу-вихри: состояния, когда в одной поляризации конденсат имеет нетривиальный угловой момент и тривиальный угловой момент в другой.

**Выводы.** Было проведено численное моделирование поляризованных поляритонных конденсатов в кольцевых оптических ловушках с поляризованной азимутальной модуляцией. Была разработана упрощенная аналитическая модель, эффективно описывающая результаты численного моделирования. Была показана возможность оптического управления угловым моментом поляризованного поляритонного конденсата с помощью управления поляризованной накачкой. Была показана возможность формирования квантовых полу-вихрей для поляритонных конденсатов в оптических ловушках.

**Список использованных источников:**

1. Kavokin A., Baumberg J.J., Malpuech G., Laussy F.P. *Microcavities* // Oxford University Press. – 2017.
2. Berloff N.G., Silva M., Kalinin K., Askitopoulos A., Töpfer J.D., Cilibrizzi P., ... Lagoudakis P.G. Realizing the classical XY Hamiltonian in polariton simulators // *Nature Materials*. – 2017. – Vol. 16(11). – P. 1120–1126.
3. Gnusov I., Harrison S., Alyatkin S., Sitnik K., Töpfer J., Sigurdsson H., Lagoudakis P. Quantum vortex formation in the “rotating bucket” experiment with polariton condensates // *Science Advances*. – 2023. – Vol. 9(4), eadd1299.
4. Rubo Y.G. Half vortices in exciton polariton condensates // *Physical Review Letters*. – 2007. – Vol. 99(10). – P. 106401.
5. Cherotchenko E.D., Sigurdsson H., Askitopoulos A., Nalitov A.V. Optically controlled polariton condensate molecules // *Physical Review B*. – 2021. – Vol. 103(11). – P. 115309.
6. Gnusov I., Sigurdsson H., Baryshev S., Ermatov T., Askitopoulos A., Lagoudakis P.G. Optical orientation, polarization pinning, and depolarization dynamics in optically confined polariton condensates // *Physical Review B*. – 2020. – Vol. 102(12). – P. 125419.