

Периодические и квазипериодические массивы связанных поляритонных конденсатов в неорганических микрорезонаторах

С.Ю. Аляткин*, И.С. Гнусов, К.А. Ситник, П.Г. Лагудакис

Сколковский институт науки и технологий

**E-mail: s.alyatkin@skoltech.ru*

DOI:10.31868/RFL.2024.260-261

Экситон-поляритоны возникают в полупроводниковых микрорезонаторах в т.н. режиме сильной связи света и материи [1]. Такие квазичастицы являются композитными бозонами и могут подвергаться процессу неравновесной конденсации Бозе-Эйнштейна при достижении критической плотности (температуры). Возможность оптического возбуждения и характеристики поляритонной системы делают ее привлекательной как для фундаментальных, так и для прикладных исследований, включая разработки вычислительных платформ нового поколения [2]. Один из современных методов исследований в физике конденсированного состояния вещества опирается на изучение поведения физических систем в искусственно индуцированных периодических потенциалах (решетках). Такой подход [3] позволяет получить новые знания о физических явлениях в трудно реализуемых или и вовсе недостижимых (даже в лаборатории) условиях.

В последние годы активное развитие получил представленный в литературе метод “оптической печати” массивов и решеток взаимодействующих поляритонных конденсатов. Основная идея заключается в возбуждении полупроводниковых планарных структур – микрорезонаторов с помощью лазерного излучения, пространственный профиль которого создается с использованием модулятора света на жидких кристаллах. Итерационные алгоритмы расчёта фазовой маски модулятора с активной обратной связью [4] позволяют реализовать оптическую накачку системы с практически произвольной геометрией.

В докладе будут представлены экспериментальные результаты по изучению и контролю процесса синхронизации поляритонных конденсатов в оптических решетках в различных режимах, а именно: в режиме баллистического распространения поляритонов (при периодах $D > 17$ мкм) и их локализации ($D < 12,5$ мкм) в оптически наведенных ловушках. Переход из одного режима конденсации поляритонов в другой был детально изучен на примере решетки Либа (см. Рис. 1) [5]. Аналогичные наблюдения подтверждаются экспериментами в треугольной [6] и сотовой [7] решетках. В последней было обнаружено, что при определенном значении периода ($D \approx 11,5$ мкм) поляритоны конденсируются в первом возбужденном состоянии соответствующей оптической ловушки (внутри ячеек). Используя разработанную ранее технику гомодинной интерферометрии [8] были измерены фазовые распределения, подтвердившие формирование квантовых вихрей в системе. Важным оказалось то, что вихри, возбуждаемые в соседних ячейках сотовой структуры, обладают преимущественно противоположным топологическим зарядом [7]. При этом, в системе, состоящей всего из одной гексагональной ячейки, заряд вихря оказывается случайным от реализации к реализации. Экспериментальные наблюдения были подтверждены результатами численного моделирования (решением уравнения Гросса-Питаевского).

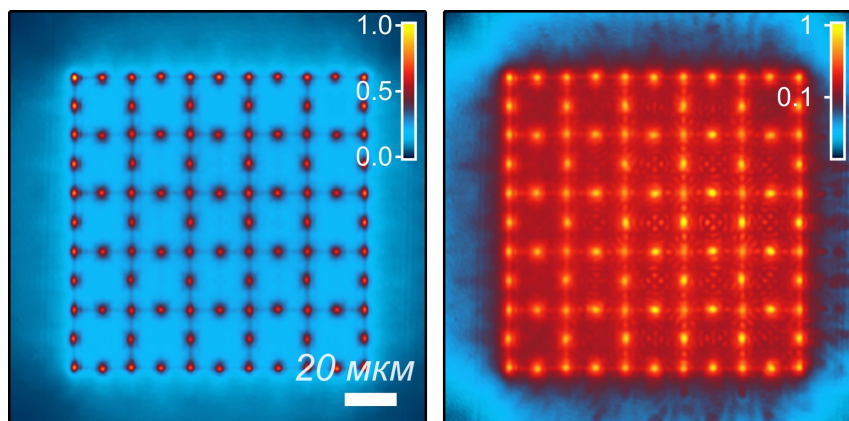


Рис. 1. “Оптическая печать” решеток экситон-поляритонных конденсатов на примере решетки Либа. Измеренное в эксперименте распределение интенсивности поляритонной фотолюминесценции при мощности возбуждающего лазерного излучения ниже критической (слева). При дальнейшем увеличении мощности лазера происходит формирование макроскопически когерентного состояния из 96 связанных по фазе поляритонных конденсатов (справа), что подтверждается возникающей интерференционной картиной между узлами.

Продemonстрированный в наших экспериментах прецизионный полностью оптический контроль над поляритонной системой в неорганических микрорезонаторах позволяет исследовать различные экзотические состояния. Например, квазичастицы с т.н. “плоскими зонами” и конусами Дирака в спектре, стохастические и синхронизованные квантовые вихри, а также вихревые моды, возникающие при периодическом вращении ограничивающего потенциала [8].

Литература

- [1] H. Deng, H. Haug, Y. Yamamoto, *Rev. Mod. Phys.* **82**, 1489 (2010)
- [2] A. Kavokin, T.C.H. Liew, C. Schneider et al, *Nat. Rev. Phys.* **4**, 435-451 (2022)
- [3] I. Bloch, *Nature Phys.* **1**, 23–30 (2005)
- [4] J. D. Töpfer, I. Chatzopoulos, H. Sigurdsson et al, *Optica* **8**, 106-113 (2021)
- [5] S. Alyatkin, H. Sigurdsson, A. Askitopoulos et al, *Nat. Commun.* **12**, 5571 (2021)
- [6] S. Alyatkin, H. Sigurdsson, Y.V. Kartashov et al, *Appl. Phys. Lett.* **124**, 062105 (2024)
- [7] S. Alyatkin, C. Milian, Y.V. Kartashov et al, arXiv:2207.01850 (2022)
- [8] S. Alyatkin, J.D. Töpfer, A. Askitopoulos et al, *Phys. Rev. Lett.* **124**, 207402 (2020)
- [9] I. Gnusov, S. Harrison, S. Alyatkin et al, *Sci. Adv.* **9**, eadd1299 (2023)