

# Фиксация массивов точечных микрообъектов на подложке

В.К. Урюпина

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

**Обоснование.** Техника оптотермического манипулирования активно развивается в последнее десятилетие. В оптотермических ловушках световое поле используется не только для формирования оптической силы, но и для создания в среде градиента температуры и, соответственно, конвекционных потоков. Микро- и нанообъекты в таких ловушках захватываются и переносятся потоками жидкости, что и определяет преимущества оптотермических пинцетов: возможность использовать малые мощности от долей до десятков мВт, переносить объекты с больших расстояний, манипулировать объектами разных размеров (от нм до сотен мкм), геометрии, морфологии, поглощающими и прозрачными, что особенно важно для работы с биообъектами с учетом их многообразия.

Такие ловушки могут быть использованы для изучения механических свойств этих объектов, а также их взаимодействия с другими объектами и окружающей средой [1]. Особый интерес оптотермические ловушки представляют в медико-биологических исследованиях, связанных с фиксацией микрообъектов на подложках (фиксация клеточных структур на матриксе в установленном порядке, фиксация одиночных клеточных элементов — органелл, ДНК, белков и т. д.).

**Цель** — разработка нового метода фиксации микрообъектов на подложке для биомедицинских применений. Основное направление работы включает решение задачи по фиксации различных биологических микрообъектов на поверхности в определенном геометрическом порядке, поставленной сотрудниками медицинского института «Реавиз», методом оптотермического манипулирования.

**Методы.** Эксперименты по оптотермическому захвату, перемещению и фиксации микрообъектов проводились на установке оптотермической ловушки, описанной подробно в работе [2]. Световые поля в форме заданных кривых большей частью рассчитывались с использованием методов оптики спиральных пучков света и экспериментально формировались при помощи ЖК ПМС HOLOEYE PLUTO-2-NIR-011. В качестве исследуемых объектов использовались латексные микросферы, с которыми уже был проведен ряд экспериментов [3], а также биологические объекты. В процессе работы исследовался новый предложенный метод фиксации биологических микрообъектов на подложке с применением альбумина. Экспериментальным путем было определено, что 2,5 % является оптимальной концентрацией для осуществления фиксации микрообъектов за счет коагуляции альбумина.

Процедура фиксации биологических микрообъектов на примере клеток дрожжей представлена на рис. 1. Основные этапы описаны подробно в работе [4].

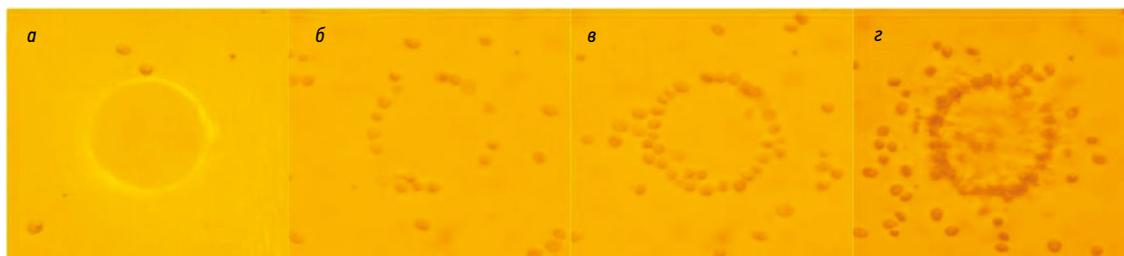


Рис. 1. Пример фиксации клеток дрожжей в форме круга на подложке

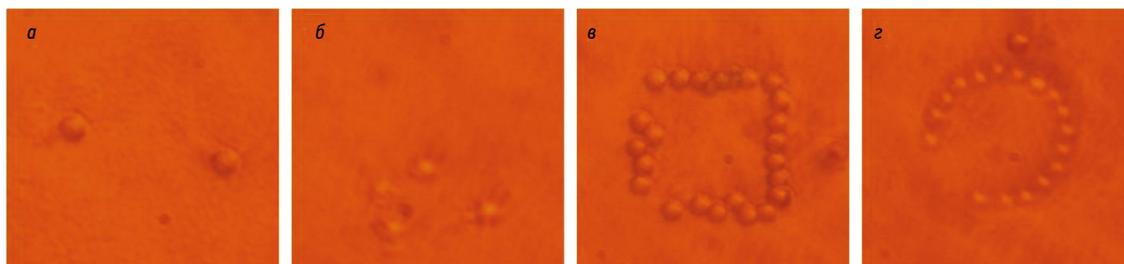


Рис. 2. Пример фиксации латексных микросфер с клетками kidney (а, б) и thyroid (в, г) в заданных конфигурациях

На рис. 2 представлены результаты эксперимента по фиксации латексных микросфер с привитыми клетками почек (kidney) и щитовидной железы (thyroid).

**Результаты.** Проведена большая серия экспериментов по оптоотермическому манипулированию микроскопическими объектами, включая биологические. В ходе выполнения работы были достигнуты следующие результаты:

- в схеме оптоотермической ловушки исследованы процессы захвата, удержания и фиксации различных микрообъектов на подложке;
- разработана методика фиксации различных микрообъектов на подложке;
- экспериментальным путем получены значения мощностей лазерного излучения, при которых осуществляется неинвазивная работа с биологическими микрообъектами.

**Выводы.** В ходе работы было доказано, что оптоотермические пинцеты могут быть применены в решении различных задач, связанных с фиксацией микрообъектов на поверхности. Возможности оптических и оптоотермических ловушек были успешно использованы для решения актуальных биомедицинских задач.

**Ключевые слова:** фиксация микрообъектов; микроманипуляция; оптоотермическая ловушка; манипуляция биообъектами; световые поля.

### Список литературы

1. Li J., Lin L., Inoue Y., Zheng Y. Opto-thermophoretic tweezers and assembly // J Micro-and Nano-Manuf. 2018. Vol. 6, N 4. ID 040801. doi: 10.1115/1.4041615
2. Kotova S.P., Losevsky N.N., Mayorova A.M., et al. Structured optothermal traps // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2022. Vol. 86. P. 1434–1437. doi: 10.3103/S1062873822120188
3. Коробцов А.В., Котова С.П., Лосевский Н.Н., и др. Кольцевая оптоотермическая ловушка // Квантовая электроника. 2022. Т. 52, № 9. С. 856–861. EDN: LMZUDG
4. Урюпина В.К., Котова С.П., Лосевский Н.Н., и др. Формирование сложных конфигураций биологических объектов с фиксацией на подложке в схеме оптоотермической ловушки. В кн.: Сборник научных трудов XIII международной конференции по фотонике и информационной оптике. Москва: НИЯУ МИФИ, 2024. С. 141–142.

### *Сведения об авторе:*

**Валерия Константиновна Урюпина** — студентка, группа 4101-030402D, физический факультет, кафедра оптики и спектроскопии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: lerauryupina07@gmail.com

### *Сведения о научном руководителе:*

**Светлана Павловна Котова** — кандидат физико-математических наук, профессор кафедры оптики и спектроскопии; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: kotova@fian.smr.ru