

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

**Исследование влияние просветляющих агентов на силу захвата
оптической ловушкой**

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД ОБ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОДГОТОВЛЕННОЙ
НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ДИССЕРТАЦИИ)

аспиранта 4 курса

направления 06.06.01 «Биологические науки»

физического факультета

Гришина Олега Валерьевича

Научный руководитель

доцент кафедры оптики и биофотоники,

к.ф.-м.н., доцент

_____ И.В. Федосов

Саратов 2019

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

В 2018 году была получена нобелевская премия за изобретение оптического пинцета и их применение в биологических системах. С помощью оптической манипуляции измеряют физико-механические свойства молекул ДНК, РНК, молекулярных моторов, исследуют адгезию клеток, перемещают, растягивают, сортируют и деформируют клетки и так далее. В оптическом пинцете для захвата объектов используются оптические ловушки - сфокусированное лазерное излучение, которые прикладывают к объектам силу в момент захвата от фемтоньютон до наноньютонов.

В настоящее время развивается направление оптической манипуляции клеток внутри живых организмов [1-4]. Однако из-за сильного рассеяния света биотканями сила ловушки значительно уменьшается, и для стационарного захвата клетки требуется значительное увеличение мощности излучения. Увеличение мощности может привести к разрушению тканей.

Одним из возможных решений увеличения мощности излучения в глубине биоткани является оптическое просветление [5] - принцип, который основан на выравнивании показателей преломления компонентов биоткани. Но просветляющий агент может не только выравнивать показатели преломления компонентов биоткани, но и уменьшать относительный показатель преломления объекта захвата. Следовательно, при просветлении не только будет увеличиваться интенсивность света, но и изменяться сила захвата за счёт изменения показателя преломления, а также измениться вязкость - сильно влияющая на вероятность захвата.

Цель настоящей научно-квалификационной работы – развитие теоретических основ оптического просветления в направлении оптической манипуляции, а также экспериментальное подтверждение полученных результатов.

Основными задачами настоящей работы являются:

1. Математическое установление зависимости силы оптического захвата от относительного показателя преломления;
2. Математическое установление зависимости силы оптического захвата от относительного показателя преломления при учёте рассеяния света посторонними частицами на пути распространения излучения;
3. Экспериментальное исследование зависимости вероятности оптического захвата от относительного показателя преломления.

Объектом исследования является эффект оптического просветления.

Предметом исследования является зависимость силы оптического захвата от относительного показателя преломления.

Методология и методы исследования.

Для построения теоретической модели использовались методы, основанные на технике трассировки лучей. Эмпирический метод измерения силы ловушки основан на определении критической скорости движения частицы, при которой кинетической энергии частицы достаточно, чтобы преодолеть силы, возникающие в оптической ловушке.

Достоверность результатов, полученных в работе, обеспечивается корректностью используемых методов. Теоретические выкладки подтверждены экспериментальными результатами.

Научная новизна работы:

1. Рассчитана для сферической непоглощающей частицы зависимость силы захвата оптической ловушки от изменения относительного показателя преломления.

2. Предложена новая теоретическая модель расчёта сил захвата оптической ловушкой при оптическом просветлении;

Теоретическая и практическая значимость:

Показано преимущество использования оптического просветления для увеличения силы оптического захвата объектов в мутных средах.

Предложена новая теоретическая модель, позволяющая оптимально подбирать параметры оптического просветления для нивелирования влияния рассеивающих свойств биоткани при оптической манипуляции. Теоретически и экспериментально показана эффективность оптического просветления при оптической манипуляции в мутных средах.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Сила оптического захвата линейно зависит от относительного показателя преломления объекта захвата.
2. Теоретическая модель расчёта силы оптического захвата объектов в суспензии других частиц в зависимости от показателя преломления среды.
3. Зависимость силы оптического захвата объектов в суспензии других частиц при её оптическом просветлении.

Научно-квалификационная работа состоит из введения, двух глав и заключения. Первая глава посвящена теоретическому анализу зависимости силы оптического захвата от относительного показателя преломления. Во второй главе приводятся полученные экспериментальные результаты. Полный объём работы составляет 30 страниц, включая 17 рисунков. Список литературы содержит 20 наименований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные выводы по данной работе заключаются в следующем:

1. Теоретические расчёты для не поглощающего лазерное излучение шарика показали линейную зависимость силы оптического захвата от относительного показателя преломления;
2. Разработана теоретическая модель расчёта силы оптического захвата объектов в суспензии других частиц в зависимости от показателя преломления среды;
3. Теоретические расчёты сила оптического захвата для не поглощающего лазерное излучение шарика в суспензии других частиц в зависимости от показателя преломления среды;
4. Экспериментальные измерения зависимости силы оптического захвата для эритроцитов и 1.5 мкм полистироловых шариков в их суспензиях при её оптическом просветлении.

Апробация работы

Основные результаты работы докладывались на конференциях:

1. Международной школе для студентов и молодых ученых по оптике, лазерной физике и биофизике Saratov Fall Meeting (г. Саратов, 2016 гг.);
2. Международной школе для студентов и молодых ученых по оптике, лазерной физике и биофизике Saratov Fall Meeting (г. Саратов, 2017 гг.).

Публикации автора по теме диссертации в журналах, включенных в перечень ВАК:

1. Stiffness of RBC optical confinement affected by optical clearing / O. V. Grishin, I. V. Fedosov, V. V. Tuchin // Proceedings SPIE. — 2017. — Vol. 10336. — P. 103360U.

Получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ:

1. 2019615831;
2. 2019615832.

Список используемых источников

1. Zhong, M. C., Wei, X. B., Zhou, J. H., Wang, Z. Q., & Li, Y. M. (2013). Trapping red blood cells in living animals using optical tweezers. *Nature communications*, 4, 1768.
2. Johansen, P. L., Fenaroli, F., Evensen, L., Griffiths, G., & Koster, G. (2016). Optical micromanipulation of nanoparticles and cells inside living zebrafish. *Nature communications*, 7, 10974.
3. Bambardekar, K., Clément, R., Blanc, O., Chardès, C., & Lenne, P. F. (2015). Direct laser manipulation reveals the mechanics of cell contacts in vivo. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(5), 1416-1421.
4. Hörner, F., Meissner, R., Polali, S., Pfeiffer, J., Betz, T., Denz, C., & Raz, E. (2017). Holographic optical tweezers-based in vivo manipulations in zebrafish embryos. *Journal of biophotonics*, 10(11), 1492-1501.
5. Tuchin V. V. Optical clearing of tissues and blood using the immersion method // *Journal of Physics D: Applied Physics*. – 2005. – Т. 38. – №. 15. – С. 2497.