

Интерференционная фокусировка полупроводниковых лазеров для биомедицинских применений

С. Н. Лосев², В. В. Дюделев², А. Г. Дерягин², Ю. Г. Ким¹, В. И. Кучинский²,
В. Сиббет³, Э. У. Рафаилов⁴, Г. С. Соколовский²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,
Санкт-Петербург, Россия

² ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

Тел: (812) 292-79-14, факс: (812) 297-10-17, эл. почта: serano@ya.ru

³ University of St Andrews, North Haugh, St Andrews, KY16 9SS, UK

⁴ University of Dundee, Nethergate, Dundee, DD1 4HN, UK

Оптический захват и манипулирование живыми клетками и их органеллами при помощи так называемых «оптических пинцетов» является одним из важнейших направлений применения лазеров в биологии и биомедицине. В качестве источника излучения при оптическом захвате применяются газовые и твердотельные лазеры, что делает оптические пинцеты громоздкими и дорогостоящими приборами. Принципиальным барьером на пути внедрения дешёвых и компактных полупроводниковых источников излучения в данную область является трудность фокусировки мощных полупроводниковых лазеров вследствие многомодового характера их излучения и генерации в каналах (шпотования). Мерой качества многомодового (квази-Гауссова) светового пучка принимается параметр M^2 , определяющий увеличение достижимого размера фокусного пятна по сравнению с его размером для идеального Гауссова луча. Для широкополосковых лазеров M^2 составляет 20-50, а для светодиодов превышает 200, что соответствует теоретическому пределу размера фокусного пятна, на один-два порядка превышающему дифракционный предел.

Для преодоления этого ограничения, нами предложена фокусировка многомодового излучения за счет использования интерференции, а не преломления света на поверхности фокусирующей оптики, применяемого для традиционной фокусировки. Ранее нами была продемонстрирована генерация пространственно-инвариантных (Бесселевых) пучков, являющихся продуктом интерференции конически сходящихся лучей [1, 2], при помощи мощных полупроводниковых лазеров и светодиодов [3]. В настоящей работе экспериментально продемонстрировано фокусное пятно размером 4 мкм для полупроводникового лазера с шириной полоска 100 мкм ($\lambda=1.06$ мкм, $M^2=22$), что более чем в 2 раза меньше теоретического предела при фокусировке такого пучка идеальной оптической системой

с единичной числовой апертурой. Нами также продемонстрирована фокусировка луча светодиода ($\lambda \approx 0.6$ мкм, $M^2 > 200$) в Бесселев пучок с диаметром центрального луча 6 мкм, что почти на порядок меньше теоретического предела, составляющего около 40 мкм. В докладе обсуждаются параметры, определяющие мощность в центральном луче и предельную длину распространения Бесселевых пучков, полученных из многомодового излучения с высоким параметром M^2 . Также в работе представлены результаты по генерации бесселевых пучков от вертикально-излучающих лазеров с внешним резонатором, применение которых позволило получить рекордные мощности, заключённые в бесселевом пучке, сгенерированного от полупроводникового лазера. Работа выполнена при поддержке гранта Президента.

Литература

1. J. Durnin, J. Opt. Soc. Am., A4, 651 (1987).
2. Б.Я.Зельдович, Т.А.Пилипецкий, Изв. ВУЗов. Радиофизика, 9(1), 95 (1966).
3. Г.С.Соколовский и др., Письма в ЖТФ, 36(1), 22 (2010).