

Анализ влияния линзовых микроструктур на торце многомодового волокна на профиль пучка полупроводникового лазера

А.В. Бурдин¹, Д.Н. Артемьев², А.С. Евтушенко¹, И.А. Карпцов¹, Т.В. Сливкова², И.А. Братченко²

¹Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Льва Толстого 23, Самара, Россия, 443010

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34А, Самара, Россия, 443086

Аннотация. В работе рассмотрены прецизионные микролинзы и фоконы, сформированные на торцах кварцевых оптических волокон. Экспериментально было исследовано влияние представленных торцевых волоконных микроструктур на профиль лазерного излучения. Разработана и реализована экспериментальная установка для анализа качества пучка, профиля излучения и других основных характеристик лазерного излучения после его транспортировки по оптическому волокну. Получены предварительные результаты пространственного распределения излучения в лазерном луче в волокне с микроструктурами на торце и без них.

1. Введение

На сегодняшний день известно достаточно большое количество практических приложений лазерных систем, где возникает необходимость контроля профиля луча с последующим оцениванием отклонения его характеристик от искомым значений [1]. Для ряда приложений это может быть необходимо только на этапе проектирования или изготовления лазера. В других случаях необходимо непрерывно контролировать профиль пучка излучения во время работы лазера. В качестве примера можно привести достаточно большое количество экспериментальных исследований разных научных направлений, использующих лазер на границах его рабочего диапазона, что требует непрерывного или периодического мониторинга профиля луча для подтверждения его планируемого функционирования. Отдельные промышленные лазерные приложения требуют периодического контроля профиля луча для устранения отходов, образующихся при деградации лазера. В других приложениях, таких как отдельные медицинские применения лазеров, практикующий врач не имеет возможности настроить лазер, а сами производители проводят анализ профиля луча только на этапе проектирования. При этом также известны медицинские приложения лазеров, где периодическая проверка профиля пучка может существенно повысить, например, надежность выполняемой операции.

С точки зрения спектроскопии, контроль профиля пучка лазерного излучения в первую очередь необходим для установок, использующих волоконно-оптические зонды [2, 3]. Это связано с

тем, что в случаях повреждения торцевой поверхности волокон профиль лазерного луча может исказиться и тем самым изменить искомую интенсивность излучения в планируемой исследуемой области. При этом, формирование прецизионных микроструктур на торцах волоконных световодов (микролинзы, фоконы) [4] позволяет управлять пространственным распределением лазерного пучка. В данной работе представлены результаты экспериментальных исследований профилей пучка полупроводникового лазера при его транспортировке по кварцевым волоконным световодам с разной конфигурацией торцевой поверхности – без и, наоборот, с формированием торцевой прецизионной микроструктуры – сферической и полусферической линзы, а также фокона.

2. Разработка экспериментального стенда и регистрация профиля пучка лазерного излучения после транспортировки по волокну

Для измерения профилей пучка излучения диодного лазера (LML-785,0RB) после его транспортировки по волокну была разработана следующая экспериментальная установка, представленная на рисунке 1. Излучение от лазерного диода с длиной волны 785 нм передавалось на волокно, подключенное к модулю через FC разъем. Другой конец волокна был направлен на матрицу веб камеры (Microsoft LifeCam HD-3000). Предварительно из камеры была удалена собственная оптика для снижения потерь. При этом особенности данной камеры позволяли управлять настройками регистрации изображения (время экспозиции, насыщенность, яркость и др.). Чтобы избежать засветки матрицы необходимо было использовать ослабевающий фильтр (ЗС7). Затем сигнал от цифровой камеры передавался на компьютер для последующей обработки.

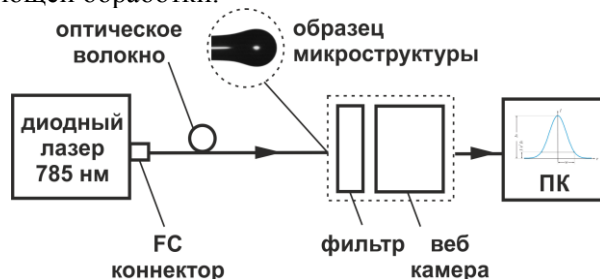


Рисунок 1. Схема измерения профиля пучка волоконной диодной лазерной системы, которая включает в себя диодный лазер, волокно с микроструктурами или с коллиматором на торце, ослабляющий фильтр, матрицу веб камеры и компьютер.

Первая серия экспериментов была посвящена регистрации профиля пучка лазерного излучения с доставкой излучения по многомодовому волокну без микроструктур. Для этого были исследованы три типа волоконных систем: 1 – волокно (сердцевина 62,5 мкм / оболочка 125 мкм) с интегрированным внешним коллиматором в металлической оболочке, 2 – волокно (62,5 мкм / 125 мкм) с FC разъемом, 3 – волокно (62,5 мкм / 125 мкм) с FC разъемом и настраиваемым коллиматором в пластиковой оболочке. Регистрируемые фотографии профилей пучков лазерного излучения с волокнами трех типов представлены на рисунке 2.

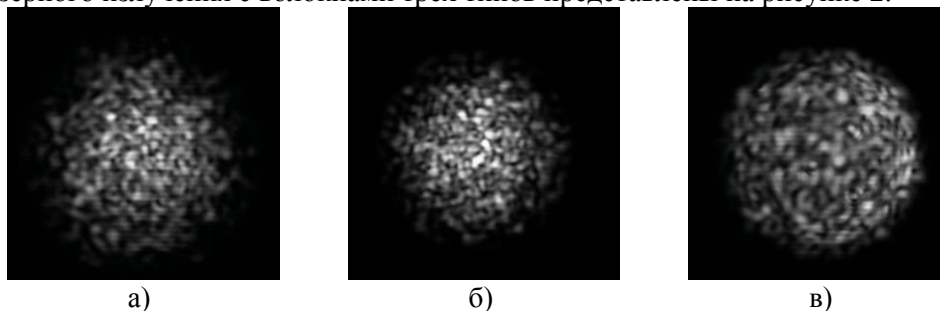


Рисунок 2. Фотографии профилей пучков лазерного излучения с многомодовыми волоконными системами трех типов: а – 1 тип, б – 2 тип, в – 3 тип.

Представленные результаты продемонстрировали возможность использования разработанной установки для регистрации профиля пучка лазерного излучения после его транспортировки по многогодковому волокну. При этом на рисунках 2(а) и 2(б) хорошо видны похожие картины пространственного распределения излучения, несмотря на то, что использовались волокна разных производителей и волокно типа 1 было интегрировано с металлическим коллиматором. Рисунок 2(в) имеет отличающуюся картину распределения интенсивности, более равномерную по всей площади пятна и более четкие края.

Далее было проведено исследование изменения профилей лазерного пучка после прохождения оптоволоконных систем с прецизионными микроструктурами на торце. Рассматриваемые микроструктуры и методы их получения подробно представлены в статье [5]. Микроструктуры формировались на многомодовых волокнах с диаметром сердцевины 50 мкм, и оболочкой 125 мкм. Фотографии микроструктур (сферическая линза, фокон, полусферическая линза) и соответствующих им профилей пучков лазерного излучения приведены на рисунке 3.

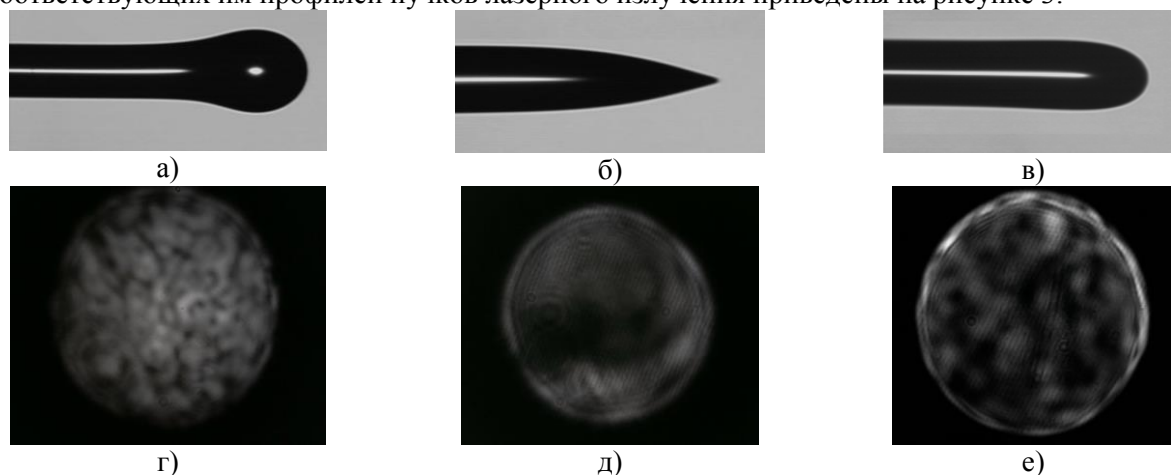


Рисунок 3. Фотографии прецизионных микроструктур: (а) – сферическая линза, (б) – фокон, (в) – полусферическая линза; (г), (д), (е) – соответствующие им профили пучков лазерного излучения.

Как видно из представленных результатов, наиболее сильные отклонения от «стандартного» профиля (рисунок 2) оказались характерны для фокона и полусферической линзы. Для всех трех типов характерны четкие ровные края профиля лазерного пучка. Наибольшие отклонения от канонической Гауссовой формы пучка были получены для фокона (рисунок 3(д)), связанные с особенностями распределения пространственной интенсивности прецизионной микроструктурой.

3. Заключение

Разработана и реализована экспериментальная установка для регистрации и анализа профиля пучка лазерного излучения, распространяющегося по оптическому волокну. Были экспериментально зарегистрированы профили пучков излучения лазерных оптоволоконных систем. Произведена качественная оценка влияния прецизионных торцевых волоконных микроструктур (линзы, фокон) на профиль лазерного излучения.

4. Литература

- [1] Osborne, I.S. Applied Optics: Laser Beam Profiling // Science. – 2004. – Vol. 305(5681). – P. 149d-151d. DOI: 10.1126/science.305.5681.149d.
- [2] Lizotte, T. Laser Beam Shaping through Fiber Optic Beam Delivery / T. Lizotte, O. Ohar // Laser Beam Shaping Applications. – 2017. – P. 293-327. DOI: 10.1201/9781315371306-10.
- [3] Zakharov, V.P. Optical control of mesh implants / V.P. Zakharov, I.A. Bratchenko, D.V. Kornilin, O.O. Myakinin, A.G. Khramov // Computer Optics. – 2012. – Vol. 36(3). – P. 405-411.

- [4] Evtushenko, A.S. Technique for writing of fiber Bragg gratings over or near preliminary formed macro-structure defects in silica optical fibers / A.S. Evtushenko, L.M. Faskhutdinov, A.M. Kafarova, V.S. Kazakov, A.A. Kuznetsov, A.Yu. Minaeva, N.L. Sevruk, I.I. Nureev, A.A. Vasilets, V.A. Andreev, O.G. Morozov, V.A. Burdin, A.V. Bourdine // *Proceedings of SPIE*. – 2017. – Vol. 10342. – P. 103420X-1-11. DOI: 10.1117/12.2270786.
- [5] Bourdine, A.V. Development of alternative fiber optic Raman probes based on optical fibers with written precision micro-structure defects / A.V. Bourdine, D. N. Artemyev, I.A. Bratchenko, A.S. Evtushenko, V.S. Kazakov, I.A. Karptsov, V.P. Zakharov // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1096. – P. 012008. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012008.

Analysis of the fiber lens microstructures effect on the diode laser beam profile

A.V. Bourdine¹, D.N. Artemyev², A.S. Evtushenko¹, I.A. Karptsov¹, T.V. Slivkova², I.A. Bratchenko²

¹Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Lev Tolstoy str. 23, Samara, Russia, 443010

²Samara National Research University, Moskovskoe Shosse 34A, Samara, Russia, 443086

Abstract. The work considers precision microlensed and tapered core ends of silica optical fibers. The effect of the presented microstructured fiber core end on the laser radiation profile was experimentally researched. A setup has been developed for analyzing the quality of the beam, the radiation profile, and other basic characteristics of the laser source emission through its transportation over the optical fiber. The preliminary results of the spatial distribution of radiation in a laser beam in a fiber with microstructures at the end and without them were obtained.