

УДК 535.55

УПРАВЛЕНИЕ МОДОВЫМ СОСТАВОМ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ВЫХОДЕ ОПТИЧЕСКОГО ЖГУТА

Е.П. Конькова^а^а ВолГУ, Волгоград, 400062, Российская Федерация, kon_ele@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена возможность управления модовой структурой излучения в жгуте из оптических волокон путем варьирования его пространственной геометрии, изгибного профилирования. В отличие от известного дифракционного профилирования предложен подход, основанный на управлении оптическими неоднородностями волокна, вызванными изгибом волокна. На примере винтовой укладки жгута показана возможность изменения распределения интенсивности излучения на его выходе путем изменения параметров укладки: диаметра и шага намотки. Отмечено возникновение регулярных и спекл-полей с круглым профилем пучка. Обнаружено, что с увеличением радиуса и шага намотки увеличивается число мод в пучке. Также наблюдается плавное изменение (как уменьшение, так и увеличение) интенсивности от центра пучка к краям.

Ключевые слова: световые поля, спеклы, моделирование геометрии волокна, оптические неоднородности.

MODE COMPOSITION CONTROL ON OPTICAL TWISTED STRIP OUTPUT

E.P. Kon`kova^а^а Volgograd State University, Volgograd, 400062, Russian Federation, kon_ele@mail.ru

Abstract. The paper deals with possibility of mode structure control for light scattering in a twisted strip fiber by variation its space geometry. Unlike the known diffraction profiling, an approach is proposed based on control of fiber optic discontinuities caused by fiber twist. On the example of spiral pilling of a twisted strip we show the possibility of distribution changing for light scattering intensity on its output by changing of pilling parameters: radius and winding step. Fiber geometry alteration leads to the alteration for a number of optical modes. The increase of a bending radius and winding step of a fiber leads to the growth of the modes number. Regular optical fields and speckles are registered within this work. Gradual intensity change is observed (both, decrease and increase) from the beam centre to its edges.

Keywords: optical fields, speckles, fiber geometry modeling, optical discontinuities.

Известно, что в изогнутом оптическом волокне распределение интенсивности излучения по поперечному сечению на выходе, длина пути и количество отражений отдельных лучей иные, чем для прямого волокна [1, 2]. Это явление, в частности, нашло применение в разработках датчиков физических величин [3–5]. Знание характера распределения интенсивности в лазерном пучке в плоскости, перпендикулярной направлению его распространения (профиль пучка), особо важно для всех промышленных применений лазеров [6]. Аналогичные явления, как можно предположить, наблюдаются и в жгуте, изготовленном из оптических волокон.

Рассмотрена возможность управления модовой структурой оптического жгута путем варьирования его пространственной геометрии – изгибного профилирования. В отличие от известного дифракционного профилирования, основанного на использовании дифракционных элементов, предложенный подход основан на управлении оптическими неоднородностями волокна в результате моделирования геометрии волокна. В качестве исходной выбрана винтовая геометрия жгута, используемая, в частности, в волоконно-оптическом гироскопе [7]. В результате плотной (2 витка на 1 см) намотки жгута диаметром 3 мм и длиной 1,5 м вокруг сердечника длиной 30 см и диаметром 8 мм (радиус изгиба сопоставим с диаметром жгута) в материал волокна по всей длине с постоянным шагом принудительно вносились оптические неоднородности. Использовался жгут из регулярно уложенных оптических волокон, обычно являющийся частью оптической системы передачи изображения гибкого эндоскопа, с установленной на выходном торце короткофокусной (фокусное расстояние менее 20 мм) собирающей линзой (рис. 1).

Известно, что световые потери в результате многократного изгиба жгута с радиусом до пяти его диаметров являются допустимыми. Исходя из этого, нами был выбран существенно меньший радиус изгиба, при котором световые потери, в отличие от потерь, связанных с натяжением намотки, оказывают значительное влияние на оптические свойства поверхности волокна.

В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазер (лазерный InGaAlP диод) с длиной волны 650 нм и мощностью излучения 5 мВт, работающий в режиме непрерывной генерации. Излучение фокусировалось (диаметр фокального пятна 0,5 мм) линзой на входной торец жгута под разными апертурными углами, что приводило к формированию регулярных и спекл-полей (рис. 1). Угол ввода излучения в жгут в данном случае не регистрировался, поскольку значение имел сам факт зависимости от него сформированного светового поля. Выходной торец жгута закреплялся вплотную к web-камере компьютера.

Отметим, что при отсутствии намотки зарегистрировать изображение на выходе жгута не представляется возможным из-за чрезмерной засветки web-камеры. Винтовая намотка жгута (рис. 1, б) приво-

дила к резкому возрастанию потерь, в результате чего камера переходила в рабочий режим. Картины распределения интенсивности излучения по поперечному сечению жгута диаметром 3 мм на его выходе при различных углах ввода излучения представлены в удобном для восприятия увеличенном виде. На рис. 1, в, показано образование спекл-поля. Рис. 1, г–е, иллюстрируют модовую структуру на выходе пучка при негауссовом распределении. Интенсивность полос равномерна по диаметру пучка.

Автором показано, что модовый состав излучения на выходе оптического жгута меняется от диаметра намотки и ее шага. Пример такой намотки показан на рис. 2, а. С увеличением шага намотки одновременно увеличивается число мод в пучке (рис. 2, б, в), а интенсивность полос плавно меняется от центра пучка к его краям.

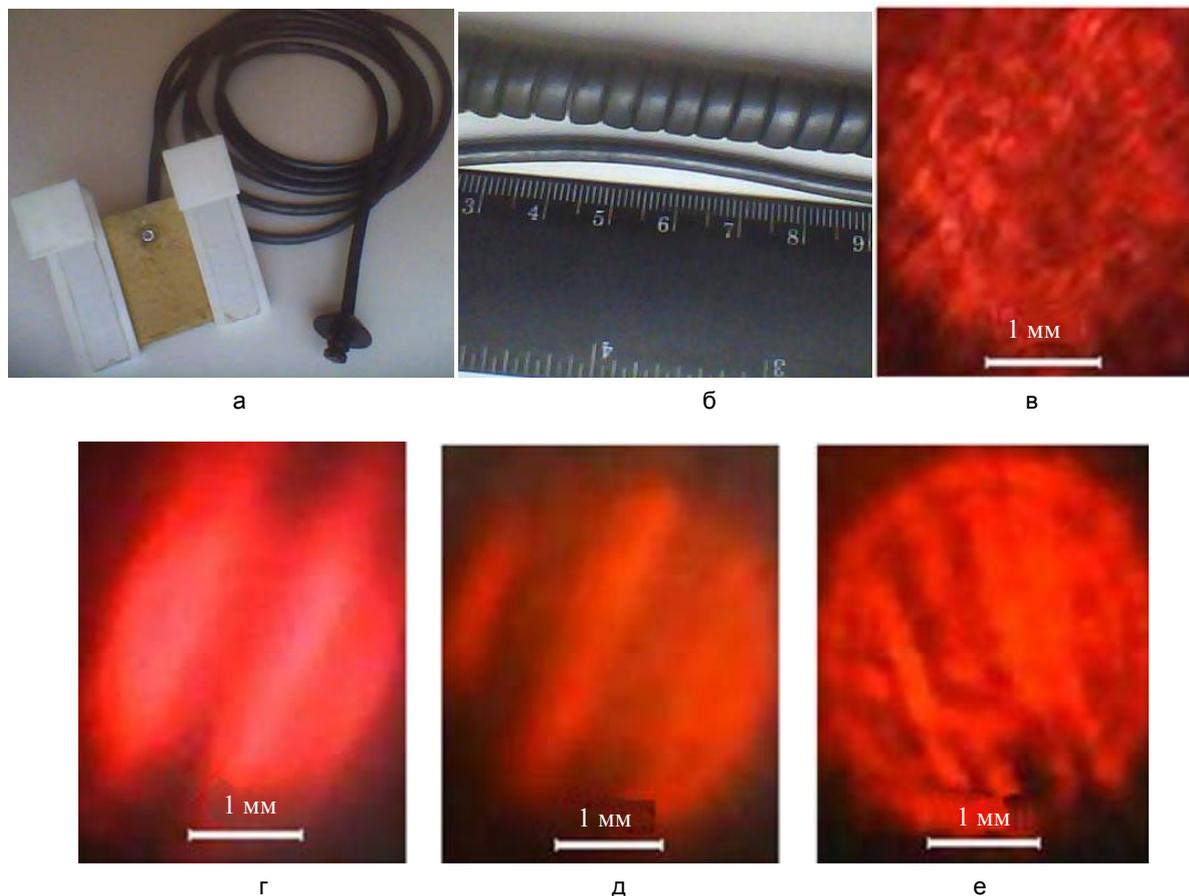


Рис. 1. Внешний вид исходного жгута с фиксатором (а) и жгут в виде плотной намотки (б). Зарегистрированные картины распределения интенсивности излучения по поперечному сечению пучка диаметром 3 мм на выходе жгута в виде плотной намотки: спекл-поле (в); пучок разделен на две составляющие (г); пучок разделен на три составляющие (д); пучок разделен на четыре составляющие (е)

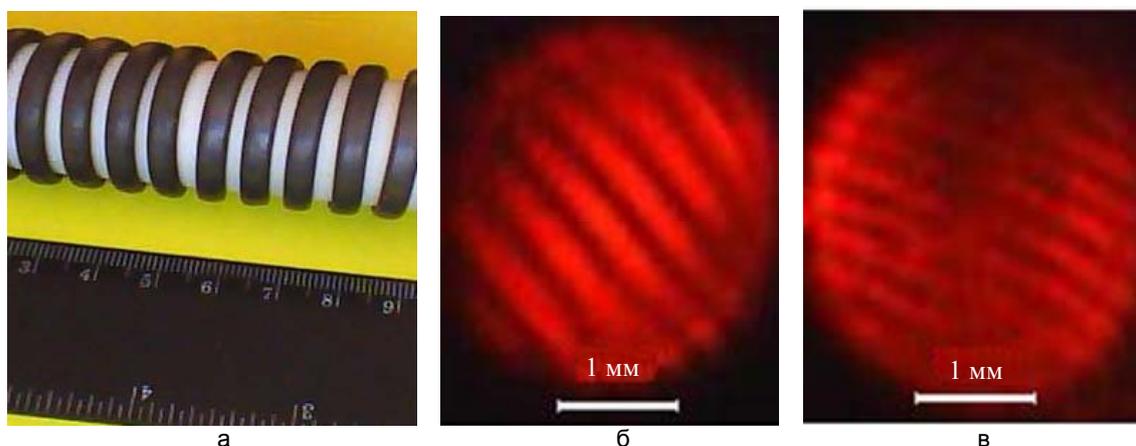


Рис. 2. Жгут диаметром 3 мм в виде намотки с увеличенным шагом (а). Картины распределения интенсивности излучения по поперечному сечению пучка диаметром 3 мм на выходе жгута: пучок разделен на шесть составляющих (б); пучок разделен на семь составляющих (в)

Таким образом, на примере винтовой укладки оптического жгута продемонстрирована возможность формирования различной модовой структуры на его выходе. Представляет интерес выявление конкретной геометрии жгута, формирующей различный модовый состав излучения, определение апертурных углов, предельных для возбуждения регулярных и спекл-полей. В качестве отдельного направления возможных исследований отметим исследование обнаруженных автором спекл-полей.

Литература

1. Morshnev S.K., Gubin V.P., Isaev V.A., Starostin N.I., Sazonov A.I., Chamorovsky Yu.K., Korotkov N.M. Concerning the question about physical model of birefringent spur fiber // Optical Memory and Neural Networks. 2008. V. 17. P. 258–262.
2. Morshnev S.K., Ryabko M.V., Chamorovsky Y.K. Measuring of an embedded linear birefringence in spun optical fibers // Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering. 2007. V. 6594. Art. 65940R.
3. Кизеветтер Д.В. Поляризационные и интерференционные эффекты в многомодовых волоконных световодах: автореф. дис. ... д-р. физ.-мат. наук. СПб.: СПбГПУ, 2008. 36 с.
4. Trufanov A.N., Smetannikov O.Y., Trufanov N.A. Numerical analysis of residual stresses in preform of stress applying part for PANDA-type polarization maintaining optical fibers // Optical Fiber Technology. 2010. V. 16. N 3. P. 156–161.
5. Моршнеv С.К. Оптические свойства изогнутых волоконных световодов: автореф. дис. ... д-р. физ.-мат. наук. М.: ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 2009. 35 с.
6. Турунен Я. Дифракционное профилирование распределения интенсивности частично пространственно когерентного светового пучка. Патент РФ №2343516, опубл. 10.01.2009.
7. Шрамко О.А., Рупасов А.В., Новиков Р.Л., Аксарин С.М. Метод исследования зависимости h -параметра анизотропного световода от радиуса изгиба // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. № 1 (89). С. 26–31.

Конькова Елена Петровна – кандидат физ.-мат. наук, старший преподаватель, ВолГУ, Волгоград, 400062, Российская Федерация, kon_ele@mail.ru

Elena P. Kon'kova – PhD, senior lecturer, Volgograd State University, Volgograd, 400062, Russian Federation, kon_ele@mail.ru

Принято к печати 26.06.14
Accepted 26.06.14