

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

# MEASUREMENT OF LASER BEAM PROFILE AFTER PROPAGATION THROUGH UNTWISTED AND TWISTED SILICA MICROSTRUCTURED OPTICAL FIBERS WITH A HOLLOW RING CORE DOPED WITH $\text{GeO}_2$

Burdin Anton Vladimirovich<sup>1</sup>

Zhumanov Khakberdi Akhmedovich<sup>2</sup>

Khadjaev Muhammadzoir Safarmamatovich<sup>2</sup>

1. Bonch-Bruевич Saint Petersburg State

University of Telecommunications

2. Samarkand Branch of the Muhammad al-Khwarizmi

Tashkent University of Information Technologies

### ABSTRACT

This paper presents the results of laser beam profile measurements previously performed on a designed and successfully fabricated silica microstructured optical fiber (MOF) featuring a hollow ring core (HRC) doped with  $\text{GeO}_2$ . We present selected results of laser beam profile measurements—conducted under various launch conditions (utilizing different laser sources as well as different excitation fibers, specifically a commercially available ITU-T Rec. G.652 single-mode fiber and a 50/125 ISO/IEC Cat. OM2+/OM3 multimode fiber)—at the output ends of the investigated MOF-HRC samples (both untwisted and twisted), as well as at the output end of a large-core 100/125 multimode fiber excited by the MOF-HRC.

**Keywords:** Hollow-core silicon microstructured optical fiber, twisted silicon microstructured optical fiber, laser beam profile, hollow annular cores.

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

### ИЗМЕРЕНИЕ ПРОФИЛЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА ПОСЛЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НАД НЕСКРУЧЕННЫМ И КРУЧЕНЫМ КРЕМНЕЗЕМОМ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА С ПОЛЫМ КОЛЬЦЕВЫМ СЕРДЦЕВИНЫМ, ЛЕГИРОВАННЫМ GEO

БУРДИН АНТОН ВЛАДИМИРОВИЧ<sup>1</sup>

ЖУМАНОВ ХАКБЕРДИ АХМЕДОВИЧ<sup>2</sup>

ХАДЖАЕВ МУХАММАДЗОИР САФАРМАМатович<sup>2</sup>

1. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
2. Самаркандский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий.

#### 1. АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты измерений профиля лазерного луча, выполненных ранее на проектируемом и успешно выполненном изготовленное кремниевое микроструктурированное оптическое волокно (МСОВ), с полым кольцевым сердцевинным (ПКС) легированным  $\text{GeO}_2$ . Представляем некоторые результаты измерений профиля лазерного луча, выполненных в различных условиях запуска (различные лазерные источники, а также возбужденные оптические волокна (как коммерчески доступное одномодовое оптическое волокно ITU-T Rec. G.652 и многомодовое оптическое волокно 50/125 ISO/IEC Cat. OM2+/OM3)) на выходных концах, исследованных МСОВ ПКС скрученные и накрученные образцы, а также на выходном конце большого сердцевине многомодового оптического волокна 100/125 с возбужденным МСОВ ПКС.

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

**Ключевые слова:** кремниевое пусто конечное микроструктурированное оптическое волокно, крученое кремниевое микроструктурированное оптическое волокно, лазерный луч профиль, полы кольцевые сердцевинны.

### 2. ВВЕДЕНИЕ

Первичная мотивация для внедрения в практику описанного выше витого оптического волокна с описанной сложной структурой была предпринята попытка комбинировать следующие основные волоконно-оптические структуры - полое кольцевое сердцевина (ПКС) оптическое волокно [1], микроструктурированное оптическое волокно (МСОВ) и скрученное МСОВ [2] которое должно быть добавит новые уникальные свойства к этому новому типу оптического волокна.

В данной работе представлены результаты измерений профиля лазерного луча, выполненных для двух успешно изготовленных образцов МСОВ ПКС, легированный  $\text{GeO}_2$ . Первая была раскручена, в то время как вторая отличается сильным индуцированным кручением 790 оборотов на метр (об/мин). Представляем некоторые результаты измерений паттернов режимов, выполненных под различными условиями условия запуска (различные лазерные источники, а также возбужденные оптические волокна (как коммерчески доступные одномодовые оптическое волокно ITU-T Rec. G.652 и многомодовое оптическое волокно 50/125 ISO/IEC Cat. OM2+/OM3)) на выходе исследовали крученые и некрученые образцы МСОВ ПКС в сочетании с большим сердцевинном многомодового оптического волокна 100/125, согласовано с возбуждённым МСОВ ПКС.

### 3. ИЗМЕРЕНИЯ ПРОФИЛЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА В ДАЛЬНОЙ ЗОНЕ.

Первая серия испытаний была сосредоточена на измерениях профиля лазерного луча в дальнем поле (рис. 1) непосредственно на выходных концах изготовленные некрученые и крученые образцы МСОВ ПКС "5" длиной 5 м под радиальным переполнением условия запуска (РПУЗ) [3] через обычное многомодовое оптическое волокно (ММФ) 50/125 pigtail "3."

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

Поэтому, испытанный Образец МСОВ ПКС "5" был возбужден с использованием MMF 50/125 pigtail "3," подключенного к лазеру "1" в конце через волоконно-оптический адаптер "2" и через свободное пространство путем размещения неконцевого конца и конца МСОВ ПКС в полевом слиянии сплайсер "4" с точной централизованной юстировкой и воздушным зазором около 150...200 мкм для обеспечения желаемых условий РПУЗ.

Мы использовали "красный" лазер с операционной длиной волны  $\lambda = 650$  нм и лазер DFB с операционной длиной волны  $\lambda = 1550$  нм. Исследованный выходной конец МСОВ ПКС был помещен в адаптер ИК-камеры "6." Результаты дальнего действия измерения представлены на рисунке 2.

Согласно измеренным закономерностям профиля лазерного луча на выходном конце после его распространения на длине 5 м испытуемого ЛКС МОВ сильно закрученный ПКС МСОВ образует структуру "бублик" при  $\lambda = 650$  нм и  $\lambda = 1550$  нм (рис. 2 (в), (г)), в то время как некрученная МСОВ ПКС обеспечивает кольцевой радиальный режим распределение поля при короткой длине волны  $\lambda = 650$  нм (рис. 2 (а)) с типичным рисунком пятен, распадающимся под длинная длина волны  $\lambda = 1550$  нм (рис. 2 (б)).

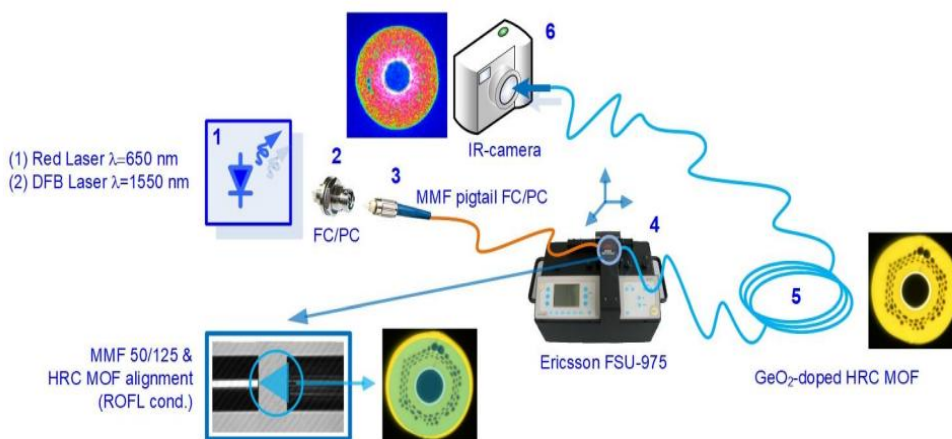


Рисунок 1. Установка для измерения профиля лазерного луча непосредственно на выходных концах, изготовленных некрученных и крученных МСОВ ПКС, легированный  $\text{GeO}_2$  в условиях РПУЗ.

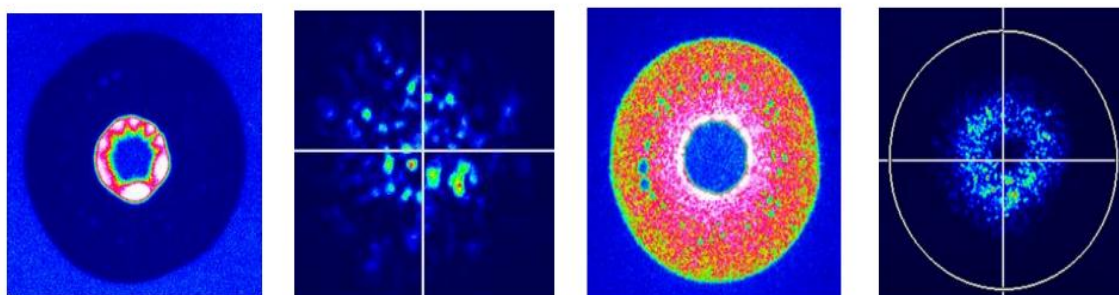
## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>



а) б) в) г)

Рисунок 2. Профили лазерного луча дальнего действия, измеренные на выходном конце после распространения на протяжении 5 м длины Silica MCOB ПКС, легированного  $\text{GeO}_2$  в условиях запуска РПУЗ через ММВ 50/125:

(а) некрученный МСОВ ПКС, "красный" лазер  $\lambda = 650$  нм; (б) некрученный МСОВ ПКС, DFB лазерная  $\lambda = 1550$  нм; (в) 790 об/мин, "красный" лазер  $\lambda = 650$  нм; и (г) 790 об/мин, лазер DFB  $\lambda = 1550$  нм.

Измерения проводились под действием лазерного пучка непосредственно в область ПКС путем централизованного пуска. Также через систему выравнивания полевого сплайзера "4" под точностью чрезвычайно низкий воздушный зазор для обеспечения желаемой ПКС переполнение.

Здесь мы использовали красный источник лазера с рабочей длиной волны  $\lambda=650$  нм "1" и ММД 50/125 и стандартное одномодовое оптическое волокно (ОМ) ITU-T Rec. G.652 [4] пигтейли FC/PC "3."

Настройка представлена на рис. 3. "Прямой" профиль лазерного луча на выходных концах ЛКС МСОВ был измерен ИК-камерой под воздействием время 50 мс. Также мы модифицировали настройку для следующей серии испытаний путем добавления кремниевой ММВ с большим 100-мкм-ядром и "телекоммуникационное" покрытие диаметром 125 мкм (ММВ 100/125)

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

"7" со специальным градуированным профилем показателя преломления обеспечивает лазерную оптимизацию низкодифференцированного режима задержки передачи оптического сигнала [5-6]. Здесь точность централизована выравнивание центров большого сердечника ММВ 100/125 и ЛКС МСОВ было выполнено вторым полевым сплайсером. - 8.

Также мы измерили рисунки профиля лазерного луча на выходном конце большого сердечника ММВ 100/125 "7" с помощью ИК-камеры "6" Результаты запуска лазерного луча через ОМВ показаны на рисунке 7 и рисунке 8 соответствует впрыску балки через МСОВ 50/125. Все закономерности нормированы и представлены уравненными шкала 1000x1000 а.е. "Прямые" измерения профиля балки в конце МСОВ ПКС обозначаются как "SMF (ММВ 50/12) + МСОВ ПКС,» в то время, как узоры в конце ММВ 100/125 отмечены как "ОМВ (ММВ 50/12) + МСОВ ПКС + ММВ 100/125," соответственно.

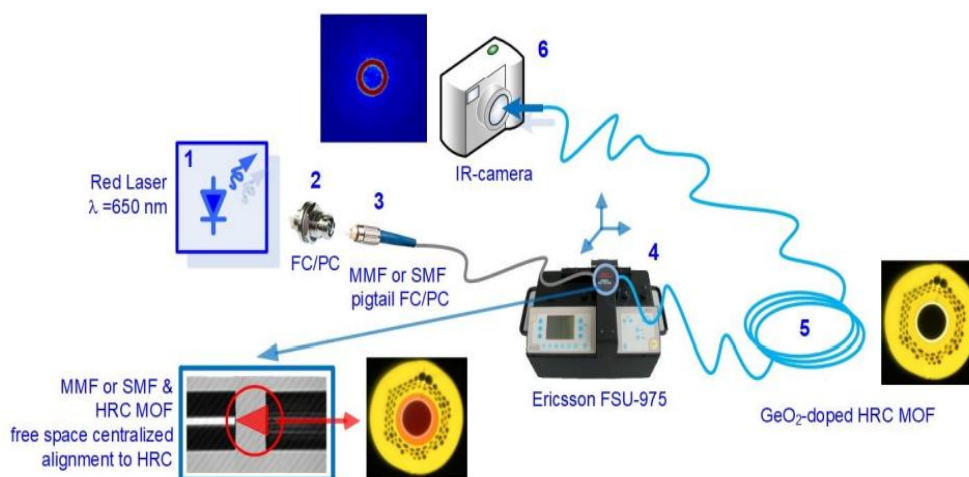


Рисунок 3. Установка для измерения профиля лазерного луча непосредственно на выходных концах, изготовленных некрученных и крученных МСОВ ПКС, легированных GeO<sub>2</sub> под централизованным выравниванием лазерного луча в ПКС, впрыскиваемые через МСОВ 50/125.

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eureka.com/index.php/10>

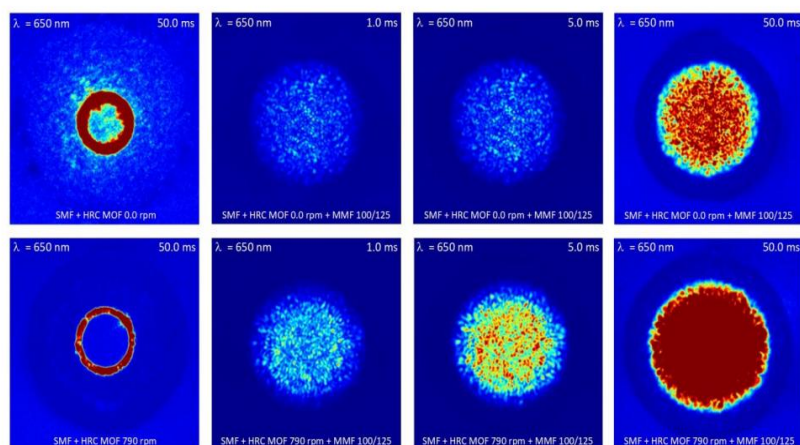


Рисунок 7. Рисунки профиля красного лазерного луча под переполненным ПКС через ОМВ.

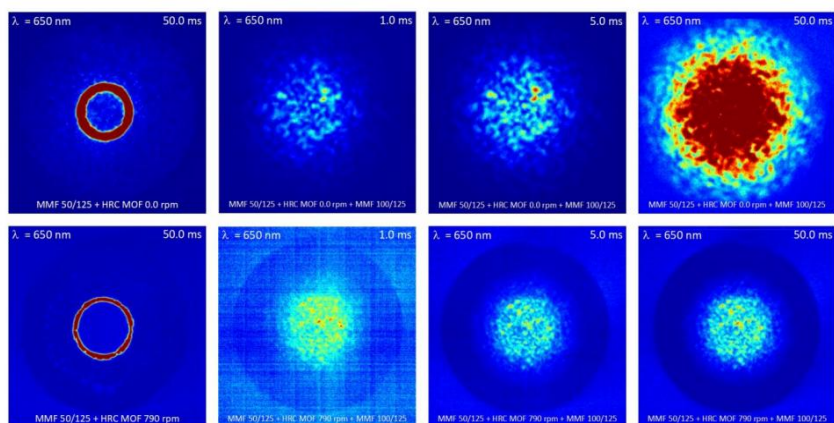


Рисунок 8. Рисунки профиля красного лазерного луча под переполненным ПКС через ММВ 50/125.

### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены результаты измерений профиля лазерного луча после его распространения ранее на проектируемых и изготовленных два образца Silica МСОВ ПКС легированных  $\text{GeO}_2$  без и с индуцированным сильным кручением 790 об/мин. Мы протестировали различные лазеры.

## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

условия запуска балки до МСОВ ПКС: радиально переполненный (ROFL) полный поперечный разрез МСОВ и централизованное выравнивание с переполнением полая кольцо-сердцевина (ПКС). Здесь в качестве соответствующих оптических волокон были использованы пиггели ОМВ и ММВ 50/125, которые были установлены между источником лазера (соединенным замыкающимся концом) и испытуемым образцом МСОВ ПКС.

Представленные результаты обнаруженных профилей лазерного луча, измеренных в различных условиях запуска, можно рассматривать как подтверждение того, что включение легированной  $\text{GeO}_2$ ПКС в МСОВ под индуцированным сильным кручением обеспечит сокращение (например, фокусирование) распределения суперпозиции полей режимов в области ПКС, которое сохраняет и обеспечивает проекция структуры МСОВ ПКС на схему суперпозиции мод на выходном конце после распространения по испытуемому лазеру оптимизированный большой сердечник ММВ 100/125 со специальным градуированным профилем показателя преломления.

### 5. ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Rusch, L.A., Rad, M., Allahverdyan, K., Fazal, I., Bernier, E., “Carrying data on the orbital angular momentum of light”, IEEE Communication Magazine 56, 219–224 (2018).
- [2] Xi, X.M., Wong, G.K.L., Weiss, T., Russell, P.S.J., “Measuring mechanical strain and twist using helical photonic crystal fiber”, Optics Letters 38, 5401 – 5404 (2013).
- [3] Cunningham, D., Nowell, M., “EMB, WCMB and ROFL testing”, IEEE 802.3z Task Force. Presentation materials, (July 1997), [https://grouper.ieee.org/groups/802/3/z/public/presentations/july1997/DC\\_modb.pdf](https://grouper.ieee.org/groups/802/3/z/public/presentations/july1997/DC_modb.pdf)
- [4] [Optical Fibres, Cables and Systems], ITU-T Manual, Geneva, (2009).



## Eureka Journal of Computing Science & Digital Innovation (EJCSDI)

ISSN 2760-4993 (Online) Volume 2, Issue 4, April 2026



This article/work is licensed under CC by 4.0 Attribution

<https://eurekaoa.com/index.php/10>

[5] Burdin, V.A., Dashkov, M.V., Demidov, V.V., Dukelskii, K.V., Evtushenko, A.S., Kuznetsov, A.A., Matrosova, A.S., Morozov, O.G., Ter-Nersesyants, E.V., Vasilets, A. A., Zaitseva, E.S., Zhukov, A.E., Bourdine, A.V., “New silica laser-optimized multimode optical fibers with extremely enlarged 100- $\mu\text{m}$  core diameter for gigabit onboard and industrial networks”, *Fibers* 8(3), 18-1 – 18-13 (2020).

[6] Bourdine, A.V., Demidov, V.V., Bazarov, T.O., Starykh, D.D., Evtushenko, A.S., Barashkin, A.Yu., Kuznetsov, A.A., Dashkov, M.V., Ter-Nersesyants, E.V., Burdin, V.A., Dukelskii, K.V., Nanii, O.E., Morozov, O.G., Sakhabutdinov, A.Zh., Zaitseva, E.S., Zhukov, A.E., Gizatulin, A.R., Meshkov, I.K., Singh, G., Tiwari, M., “Results of bandwidth measurements, performed for new silica laser-optimized multimode optical fiber with extremely enlarged core diameter”, *Proceedings of SPIE* 12295, 1229519-01 – 1229519-09 (2022).