

# Создание оптических фильтров на основе резонаторов мод шепчущей галереи на поверхности волоконных световодов

С.С. Фаст<sup>1</sup>, И.Д. Ватник<sup>1,2,\*</sup>, Д.В. Чуркин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт автоматизации и электрометрии СО РАН

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет

\*E-mail: [ilya.vatnik@gmail.com](mailto:ilya.vatnik@gmail.com)

DOI:10.31868/RFL2018.182-183

Среди различных типов микрорезонаторов отдельное место занимают цилиндрические микрорезонаторы на основе волоконных световодов. Как оказалось, точность изготовления стандартных телекоммуникационных волоконных световодов и качество их поверхности достаточно высоко для возбуждения высокодобротных мод шепчущей галереи (МШГ) в их оболочке [1]. Микрорезонаторы такого типа выделяются дешевизной и надёжностью при достаточно высокой добротности (более  $10^7$ ). Помимо этого, возможность управления распространением МШГ вдоль оси световода внесением контролируемых вариаций радиуса позволяет создавать принципиально новые фотонные устройства на основе микрорезонаторов, такие как линии задержки [2], или устройства оптофлюидики [3]. В данной работе изучаются особенности распространения мод шепчущей галереи в микрорезонаторе на основе волоконного световода, позволяющие создавать оптические фильтры.

Нами были реализованы две оптические схемы фильтров, работающих в отражении и в пропускании. Фильтр, работающий в отражении, создан с помощью цилиндрического микрорезонатора, возбуждаемого одним вытянутым микроволокном. В микрорезонаторе за счет рэлеевского рассеяния возбуждаются МШГ, распространяющиеся не только в прямом, но и в обратном направлении. Нами были изучены спектры отражения для цилиндрического микрорезонатора на основе отрезка стандартного коммерчески доступного волоконного световода SMF-28 с постоянным радиусом оболочки порядка 125 мкм. Коэффициент отражения по мощности составил 0.1, а добротность -  $2,5 \cdot 10^4$ .

Схема фильтра в пропускании, использованная нами, состояла из цилиндрического образца и двух микроволокон, приведенных в контакт с микрорезонатором и отнесенным на некоторое расстояние друг от друга. Одно микроволокно использовалось для подведения излучения к поверхности и возбуждения МШГ, а второе – для снятия излучения. Мы продемонстрировали, что моды, имеющие ненулевую аксиальную компоненту константы распространения, могут распространяться вдоль оси цилиндра на расстояние, не меньшее чем 2.5 мм. С использованием мод с ненулевой аксиальной компонентой константы распространения нами был создан прототип фильтра, работающего в пропускании. Управление формой спектра пропускания, в частности, количеством пиков, может быть проведено с помощью внесения контролируемых вариаций радиуса микрорезонатора. Так, например, линейное изменение радиуса оболочки волокна приведет к возможности перестройки фильтра путем изменения точки контакта снимающего микроволокна.

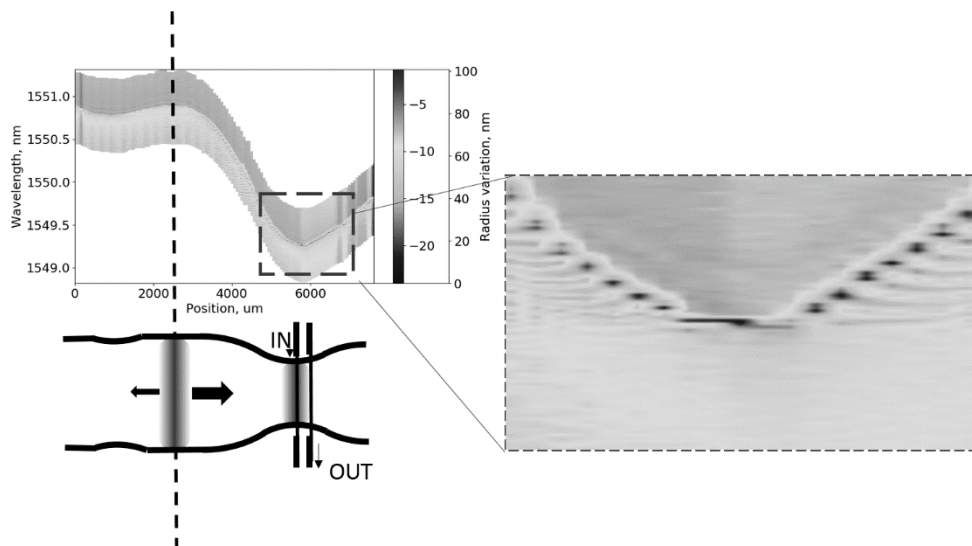


Рис.1. Слева - спектр МШГ и форма вытянутого микрорезонатора в зависимости от аксиальной координаты. В месте перетяжки существует только одна мода (справа в центре).

Мы показали, что использование цилиндрического микрорезонатора с перетяжкой в качестве фильтра позволяет получать спектр пропускания, состоящий из малого количества пиков (см. рис. 1, справа). Нами получен фильтр со спектром пропускания, состоящим из пиков, отстоящих друг от друга на расстояние 290 пм, с коэффициентом пропускания  $T=0.06$ , добротностью  $Q \sim 1 \cdot 10^5$ .

Отметим, что одним из преимуществ фильтров на основе микрорезонаторов на волоконном световоде является простота в изготовлении, которая позволяет получать высокодобротные резонансы. При этом, однако, необходимо помнить, что качество фильтра, в частности, суммарные потери, зависит от качества используемых подводящих микроволокон, потери в которых могут варьироваться в широких пределах от единиц до десятков децибел.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (№ 18-72-10053).

## Литература

- [1] M. Sumetsky, and Y. Dulashko. *Optics Letters*, **35**(23), 4006 (2010)
- [2] M. Sumetsky, *Phys. Rev. Lett.*, **111** (16), 163901 (2013).
- [3] T. Hamidfar et.al., *Opt. Lett.* **42**(16), 3060 (2017).