

УДК 535.21

## КАНАЛЬНЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ МИКРОВОЛНОВОДЫ В НАНОПОРИСТЫХ ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Якимук В.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н., н. с. Заколдаев Р.А.  
(Университет ИТМО)

Представлены технологии прямой лазерной записи канальных волноводов в нанопористой силикатной матрице и исследования оптических свойств полученных структур. Представлено описание экспериментов по исследованию сенсорных свойств волноводов.

**Введение.** Канальные оптические волноводы – это пространственно-неоднородные структуры, предназначенные для передачи оптического сигнала, используемые в оптических схемах и чипах. Волноводы состоят из двух частей: сердцевины и оболочки. Именно данные составляющие позволяют ограничивать и направлять излучение под условием полного внутреннего отражения за счет контраста показателей преломления.

В настоящее время использование интегральных волноводных схем получает широкое признание и интерес для создания оптической связи, оптических датчиков, гибридных источников света и других приложений [1]. Прямая лазерная запись используется как гибкое решение для быстрого создания трехмерных оптических элементов в прозрачных диэлектрических средах, так как данные материалы имеют высокую оптическую прозрачность, что открывает возможность трехмерной записи по всему объему материала с глубиной от единиц микрометров до миллиметров. Прямая лазерная запись вызывает локальное изменение показателя преломления оптического материала, что является ключевым этапом проектирования оптических волноводов. Однако сенсорные свойства волноводов, записанных в сплошных силикатных материалах, сильно ограничены за счет наличия волны затухания.

**Основная часть.** Прямая лазерная запись канальных волноводов в нанопористой силикатной матрице (НПСМ) расширяет возможности использования данных структур в сфере сенсорики и газоанализа. За счет присутствия в НПСМ нанопор (пористость 50-54%, размер нанопор ~17 нм), увеличивается вероятность захвата большего количества внешних молекул. Параметры лазерного излучения (Antaus-20W-20u/1M, Avesta Ltd), используемые для формирования канальных волноводов, были следующими: длина волны 515 нм, частота следования импульсов 25 кГц, длительность импульсов 550 фс. Для фокусирования излучения в объем образца использовался объектив с увеличением 20X (NA=0.4). В результате были получены вытянутые в поперечном сечении волноводы, которые были исследованы на оптические свойства с помощью другой экспериментальной установки.

Схема для изучения оптических свойств канальных волноводов состоит из диодного лазерного источника с длиной волны 532 нм, системы зеркал, подводящей излучение к объективу (3X, NA=0.11), предназначенному для введения излучения в волноводы, трехкоординатной платформы, на которой фиксируется образец, объектива (40X, NA=0.65), собирающего излучение на выходе из структур для получения ближнепольного распределения интенсивности, которое регистрируется КМОП камерой (Gentec 3M).

Для проведения эксперимента по определению сенсорных свойств канальных волноводов в НПСМ схема для изучения оптических свойств структур была дополнена “газовой камерой”. Ее задача - создать ограниченное пространство, в котором будет распределен некоторый объем вещества (этанола), молекулы которого будут захвачены нанопористой матрицей. Данные молекулы, попадая в волновод, способны перекрыть излучение, и анализировать их присутствие в пространстве можно благодаря скорости испарения вещества из НПСМ [2].

Второй метод детектирования внешних молекул - спектральный, то есть определение величины смещения пика интенсивности в иной спектральный диапазон, благодаря взаимодействию вещества с красителем-индикатором, например родамином.

**Выводы.** В результате проведенных экспериментов были получены каналные оптические волноводы шириной порядка 4 мкм, способные проводить лазерное излучение с потерями  $\sim 2$  дБ/см. Было оценено время поглощения 1.5 мкл воды и этанола нанопористой силикатной матрицей путем наблюдения за исчезновением ближнепольного распределения интенсивности на выходе из волновода. Данное время составило 5 секунд. Для дальнейшего проведения эксперимента по детектированию молекул в “газовой камере” необходимо дополнить экспериментальную установку по исследованию оптических свойств волноводов.

Исследование выполнено в рамках гранта НИРМА ФТ МФ Университета ИТМО по теме “Канальные оптические микроволноводы в нанопористых оптических материалах для задач диагностики окружающей среды”.

**Список использованных источников:**

1. Adar R., Serbin M. R., Mizrahi V. Less than 1 dB per meter propagation loss of silica waveguides measured using a ring resonator //Journal of lightwave technology. – 1994. – Т. 12. – №. 8. – С. 1369-1372
2. Lapointe J. et al. Smartphone screen integrated optical breathalyzer //Sensors. – 2021. – Т. 21. – №. 12. – С. 4076.