

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВОДОВ, ЗАПИСАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ФЕМТОСЕКУНДНОГО ЛАЗЕРА В КРИСТАЛЛАХ НИОБАТА ЛИТИЯ

Д. Н. Москалев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

В статье идет речь об исследовании оптических характеристик волноводов, записанных с помощью фемтосекундного лазера. Фемтосекундная запись волноводов – один из альтернативных методов создания волноводов, позволяющий отказаться от фотолитографии. Важным преимуществом фемтосекундной записи является возможность быстрого прототипирования устройств, а также возможность работы с широким спектром материалов.

Ключевые слова: фемтосекундная запись; волноводы; фотоника

INVESTIGATION OF THE OPTICAL CHARACTERISTICS OF WAVEGUIDES CREATED BY FEMTOSECOND LASER IN LITHIUM NIOBATE CRYSTALS

D. N. Moskalev

Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

Article contains information about investigation of optical characteristics femtosecond waveguides. Femtosecond micromachining allows refuse photolithography. Important advantages of femtosecond micromachining - possibility of rapid prototyping optical integrated devices and possibility of working with a wide range of materials

Keywords: femtosecond laser micromachining; waveguides; photonics

Фемтосекундная запись – один из способов создания волноводов. Метод подразумевает запись лазерных треков с пониженным показателем преломления в кристалле ниобата лития. Треки создаются таким образом, чтобы сформировать канал волновода. Чаще всего создаются волноводы с поперечным сечением в виде двух стенок или в виде трубки [1].

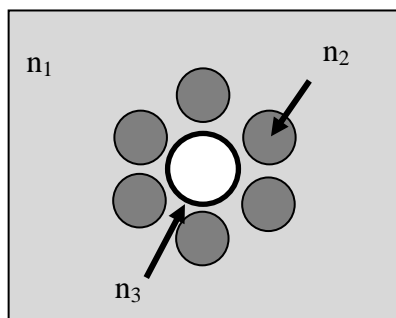


Рис. 1. Схема волновода с поперечным сечением в виде трубки ($n_3 < n_1 < n_2$)

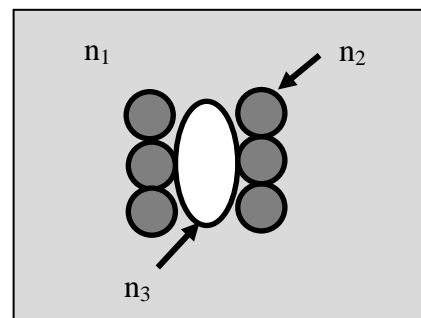


Рис. 2. Схема волновода с поперечным сечением в виде двух стенок ($n_3 < n_1 < n_2$)

Процессы, происходящие в облучаемом объеме [1–3], приводят к накоплению механических напряжений вокруг лазерных треков тем самым, создавая эллиптическую область между лазерными треками с повышенным показателем преломления [1].

В работе исследовался образец ниобата лития с десятью волноводами с диаметрами от 9 до 18 мкм и степенью перекрытия треков от 0 до 66 %, волноводы записывались в переходном режиме в Центре физического приборостроения института общей физики РАН. Переходному режиму записи соответствуют: длина волны 1.04 мкм, длительность лазерного импульса 340 фс, энергия в импульсе от 10 до 300 нДж, частота повторения импульса от 0.1 до 10 МГц. Степень перекрытия показывает, насколько сильно один лазерный трек наслаивается на другой. Было высказано предположение, что чем больше величина перекрытия треков, тем выше каналирующие свойства волнопроводов.

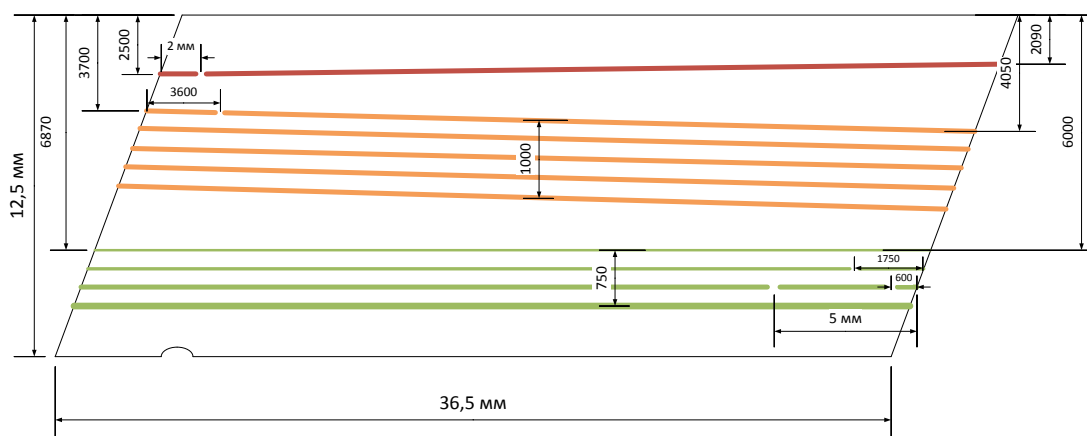


Рис. 3. Схема расположения волнопроводов в образце

После проведения стыковки волнопроводов с оптическим волокном выяснилось, что волноводы каналируют излучение. На изображении с ИК-камеры Spiricon было видно локализованное пятно характерное для выходящего из волновода излучения.

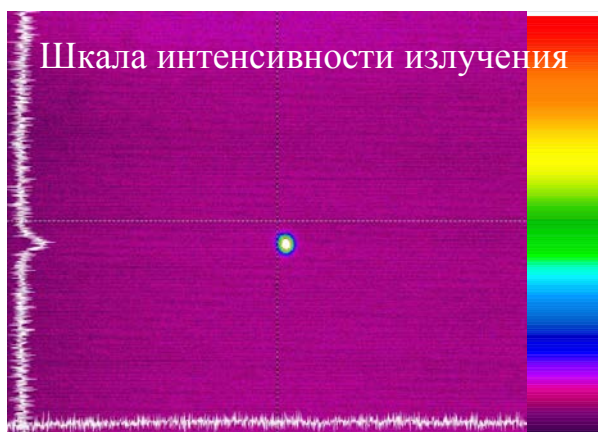


Рис. 4. Профиль пучка излучения, выходящего из волновода

Далее с помощью фотодетектора была определена мощность излучения на выходе из волновода и вычислены оптические потери. Потери рассчитывались как разница входной (6.6 дБм) и выходной мощностей. Минимальные потери составили 23.7 дБ. Величина потерь оказалась очень высокой, в статье [4] оптические потери составили 3.5 дБ. На основе полученных данных был сделан вывод о том, что нужно последовательно изменять характеристики режима записи для достижения наилучшего результата.

Третий этап определения оптических характеристик волнопроводов был направлен на исследование устойчивости волнопроводов к ультрафиолетовому излучению. Это исследование обусловлено тем, что для закрепления состыкованного оптического волокна и волновода в кристалле используется оптический клей, который полимеризуется ультрафиолетовым излучением. После облучения кристалла ультрафиолетом по стандартной технологии наблюдалось кратковременное увеличение оптических потерь. Однако в дальнейшем величина потерь возвращалась к исходному значению.

Список литературы

1. *Osellame R., Cerullo G., Ramponi R.* Femtosecond laser micromachining Photonic and Microfluidic Devices in Transparent Materials. Vol. 123. Topics in Applied Physics, 2012. 483 p.
2. *Попов В. С.* Туннельная и многофотонная ионизация атомов и ионов в сильном лазерном поле (теория Келдыша) // Успехи физических наук. 2004. Т. 174. № 9. С. 921–950.
3. *Федоров М. В.* Работа Л. В. Келдыша «Ионизация в поле сильной электромагнитной волны» и современная физика взаимодействия атомов с сильным лазерным полем // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2016. Т. 149. № 3. С. 522–529.
4. *Bookey H. T., Thomson R. R., Psaila N. D., Kar A.K. et. al.* Femtosecond laser inscription of low insertion loss waveguides in Z-cut lithium niobate // IEEE Photonics Technology Letters. 2007. Vol. 19. N 12. P. 892–894.