

Генерация суперконтинуума в канальном волноводе, записанном пучком фемтосекундного лазера в теллуридном стекле

А.Г. Охримчук^{1,2,*}, М.П. Смаев¹, А.Д. Пряников^{1,2}, Ю.П. Яценко²,
В.В. Лихов¹, С.Е. Моторин³, В.В. Дорофеев³

¹Российский химико-технологический университет,

²Научный Центр Волоконной Оптики РАН,

³Институт химии высокочистых веществ РАН.

*E-mail: a.okhrim@yandex.ru

DOI:10.31868/RFL2018.176-177

Востребованность ярких широкополосных источников света среднего ИК стимулирует работы по созданию генераторов суперконтинуума на основе мягких стёкол, прозрачных в этом диапазоне спектра. В последнее время этом направлении исследований значительный прогресс был достигнут в генераторах на основе волоконных световодов [1,2]. Однако в традиционной технологии изготовления волокон из мягких стёкол по методу штабик-трубка всегда присутствует опасность неконтролируемого загрязнения границы сердцевина-оболочка такими неконтролируемыми примесями, как гидроксильные группы, обладающие мощным поглощением в среднем ИК и препятствующие развитию суперконтинуума. Чтобы решить эти технологические проблемы, мы предлагаем альтернативную технологию изготовления волноводов на основе мягких стёкол, а именно, прямую лазерную запись в объёме стекла, которая полностью исключает любые загрязнения в области волновода в процессе его формирования. Кроме того, из-за хрупкости теллуридного стекла существует проблема механической прочности изготовленных из него волоконных световодов. Объёмный стеклянный элемент, содержащий волновод в своём объёме, более прочен и проще в эксплуатации по сравнению с волоконным световодом.

Волновод был записан пучком фемтосекундного лазера на длине волны 1030 нм при частоте повторения импульсов 180 кГц, длительности и энергии импульса 180 fs и 65 нДж соответственно в объёме пластинки высокочистого стекла $70\text{TeO}_2\text{-}22\text{WO}_3\text{-}8\text{Bi}_2\text{O}_3$. Были записаны 32 трека пониженного показателя преломления (на 0,008), которые сформировали оболочку волновода, а сердцевина осталась немодифицированной областью стекла (Рис.1а). Измерена дисперсия групповой скорости света в исследуемом стекле в области длин волн 1,2-2,3 мкм. Нуль дисперсии оказался на длине волны 2120 нм.

Обнаружено, что размер фундаментальной моды увеличивается с увеличением длины волны с резким возрастанием в области 1900 нм, что мы связываем с увеличением утечки моды через оболочку с увеличением длины волны. Исследована генерация суперконтинуума в волноводе при заведении в него пучка фемтосекундного параметрического усилителя с частотой повторения и длительностью импульсов 9 кГц и 80-200 fs соответственно, и с центральной длиной волны в диапазоне 1600-2200 нм. Наиболее широкий спектр на выходе из волновода (1800-2600 нм по уровню в -20 дБ) был получен при накачке на длине волны 1870 нм импульсами с энергией 400 нДж (Рис.1б). Волноводные потери на этой длине волны составили 0,43 дБ/см. Мы полагаем, что оптимальная длина волны накачки на 1870 нм обусловлена компромиссом

между увеличением потерь на вытекание моды при увеличении длины волны и уменьшением дисперсионного расплывания импульса в области волн нулевой дисперсии.

Наблюдаемый спектр хорошо моделируется численным расчётом нелинейного распространения моды в помощью обобщенного нелинейного уравнения Шредингера. Установлено, что сравнимый вклад в уширение спектра дают Керровская нелинейность и комбинационное рассеяние.

Таким образом, продемонстрирована перспективность волноводов, записанных фемтосекундным лазером в теллуридном стекле, для генерации суперконтинуума, но для продвижения суперконтинуума далее в сердний ИК необходимо совершенствовать архитектуру волновода с целью уменьшения потерь на вытекание моды.

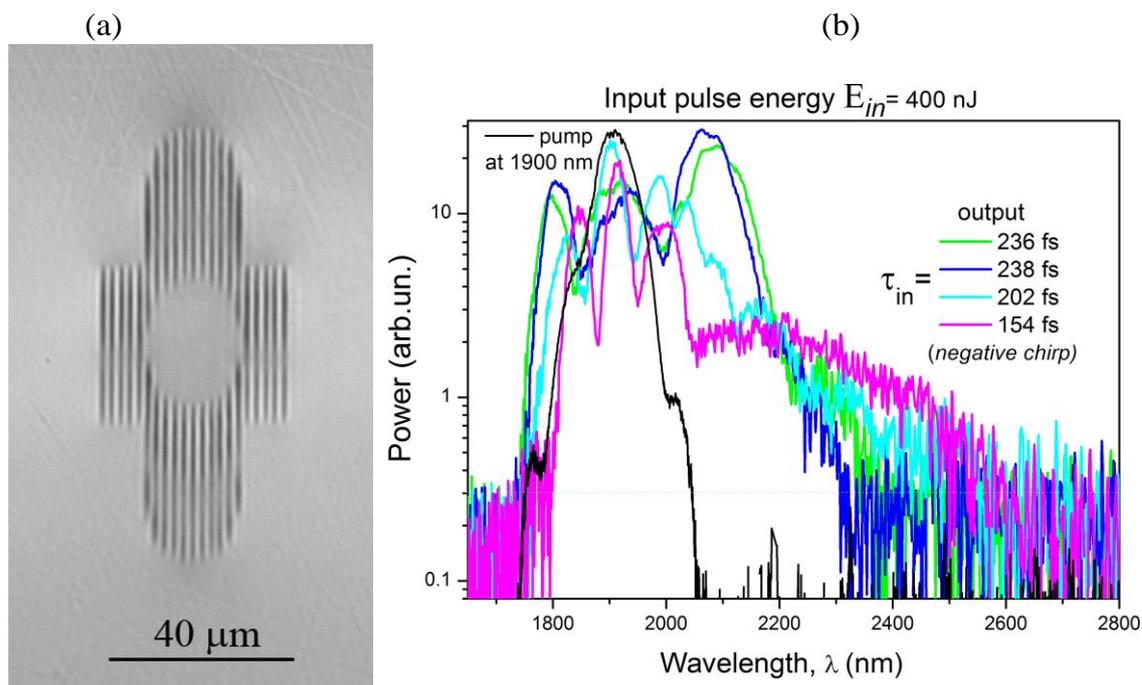


Рис.1. а) Изображение торца волновода с оболочкой пониженного показателя преломления; б) спектры излучения на выходе волновода при накачке на длине волны 1870 нм чирпированными фемтосекундными импульсами различной длительности, указанными на рисунке, и энергией в 400 нJ.

Исследования поддержаны РФФ, грант #18-19-00733.

Литература

- [1] Yi Yu, et al, *Opt. Mater. Express* **3**, 1075-1086 (2013).
- [2] R. A. Martinez, et al, *Opt. Lett.* **43**, 296-299 (2018).
- [3] M.P. Smayev, et al, *Journal of Non-crystalline Solids*, **480**, 100- 106 (2018).