

Активные фосфоро-алюмосиликатные волоконные световоды, изготовленные модифицированным методом спекания порошков ОКСИДОВ

В.В. Вельмискин^{*}, О.Н. Егорова, Л.Д. Исхакова, С.Л. Семёнов

Научный центр волоконной оптики РАН, г. Москва

^{}E-mail: vvv@fo.gpi.ru*

DOI:10.31868/RFL2018.166-167

Одной из главных задач волоконной оптики является создание световодов с большим диаметром поля моды, одновременно обладающих низкой оптической нелинейностью и высоким качеством пучка, является в настоящее время одной из центральных задач волоконной оптики. Для этого требуется, чтобы разница показателя преломления (Δn) активного материала световедущей сердцевины и материала отражающей оболочки была порядка 1×10^{-3} (либо, чтобы оба материала имели одинаковый показатель преломления). При этом в материале сердцевины не должно быть оптических неоднородностей более 1×10^{-4} . К сожалению, вследствие получения принципиально неоднородного по сечению профиля показателя преломления, метод модифицированного химического осаждения из газовой фазы (MCVD), который является в настоящее время одним из самых распространенных методов получения активных световодов, перестает удовлетворять повышенным требованиям по однородности материала.

Это, наряду с необходимостью введения легирующих добавок во все возрастающих концентрациях, стимулировало ряд научных групп на поиск новых подходов для изготовления легированного стекла для волоконной оптики. Из них, благодаря совокупности уникальных характеристик, можно выделить метод получения спекания порошков оксидов. Показано, что данный метод позволяет получать заготовки активных волоконных световодов отличного качества со сравнительно низкими оптическими потерями и требуемой величиной неоднородностей, при этом оставаясь сравнительно простым в технологическом плане [1].

К настоящему времени основной проблемой метода спекания являются трудности при создании световодов с требуемой малой Δn между активной сердцевиной и оболочкой. Причиной этого служит тот факт, легирование кварцевого стекла редкоземельными элементами и примесями, способствующими их растворению (например, алюминием), приводит к значительному увеличению его показателя преломления. Использование традиционных для метода MCVD понижающих показатель преломления легирующих добавок, таких как бор и фтор, в условиях метода спекания порошков оксидов крайне затруднено из-за их летучести при высоких температурах [2].

Частичным решением проблемы может служить использование так называемого «пьедестала», в этом случае активную сердцевину световода окружает легированная алюминием кварцевая оболочка с повышенным показателем преломления, создающим малое значение Δn [3].

Нами предложено иное решение вышеуказанной проблемы, основанное на том, что совместное введение в кварцевое стекло фосфора и алюминия в определенной пропорции не только повышает показатель преломления, но позволяет опустить его ниже значения нелегированного стекла [4]. Это позволяет

получать материал для активной сердцевины волоконного световода с хорошо согласованным с нелегированной оболочкой показателем преломления. Проблема введения легколетучего фосфора в нашем методе была решена выбором в качестве легирующей добавки достаточно тугоплавкого и стабильного при высоких температурах порошка фосфата алюминия AlPO_4 ($T_{\text{пл}} = 1800^\circ\text{C}$).

В работе применялась разработанная нами ранее технология спекания порошков исходных веществ без использования тиглей, а также технология незагрязняющего перемешивания спеченного неоднородного оптического материала для достижения оптической однородности на уровне 1×10^{-4} [5,6]. Были изготовлены легированные иттербием активные фосфоро-алюмосиликатные волоконные световоды в полимерном покрытии (Рис. 1).

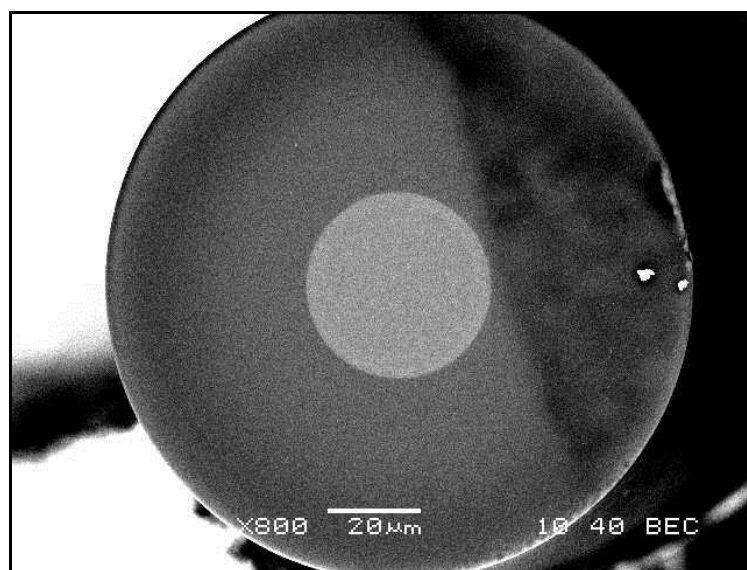


Рис. 1. Электронная микрофотография сечения одного из изготовленных волоконных световодов

Анализ показал достаточно однородное распределение легирующих элементов и пониженный однородный профиль показателя преломления в активной сердцевине. Содержание алюминия, фосфора и иттербия составили 1,85, 1,8 и 0,18 ат.%, соответственно. Уровень оптических потерь составил приемлемые 400 дБ/км на длине волны 1200 нм. На 2 м куске одномодового световода при непрерывной накачке в оболочку на 915 нм была получена лазерная генерация на торцах с эффективностью 80%. Более подробные результаты исследования структурных, люминесцентных и генерационных свойств световодов будут доложены на конференции.

Литература

- [1] K. Schuster, S. Unger et al, *Adv. Opt. Technol.*, **3(4)**, 447-468 (2014)
- [2] K. Schuster, S. Grimm et al, *Opt. Mat. Express*, **Vol. 5**, Issue 4, 887-897 (2015)
- [3] W. He et al, *Laser Phys. Lett.*, **12(1)**, 015-103 (2015)
- [4] Д.С. Липатов, дисс., Ниж. Н.: ИХВВ РАН, с. 131 (2010)
- [5] V.V. Velmiskin, O.N. Egorova et al, *Proc. SPIE*, **8426**, 84260I-1-8 (2012)
- [6] V. Velmiskin, O.N. Egorova et al, *International Conference on Sintering 2017*, SINT-112-2017, San Diego, USA (2017)