

Гибридные световоды для компенсации дисперсии в области 1 мкм

С.С. Алешкина^{1,*}, М.В. Яшков², М.Ю. Салганский², Д.С. Липатов², А.К. Сенаторов¹,
Л.Д. Исхакова¹, М.М. Бубнов¹, А.Н. Гурьянов², М.Е. Лихачев¹

¹Научный центр волоконной оптики РАН

²Институт химии высокочистых веществ РАН

*E-mail: sv_alesh@fo.gpi.ru

DOI:10.31868/RFL2018.144-145

Созданию специальных волоконных световодов с аномальной в области 1 мкм дисперсией посвящено большое число работ. Однако с практической точки зрения большинство из них обладают недостатками (маломодовый режим работы, высокие потери, высокая нелинейность и т.п.). В связи с этим поиск новых конструкций волоконных световодов с аномальной в области 1 мкм дисперсией остается крайне важной задачей.

Одним из наиболее перспективных типов волоконных световодов с аномальной дисперсией на длине волны около 1 мкм является гибридный световод. Гибридные световоды – это волоконные структуры с показателем преломления сердцевинки выше уровня кварцевого стекла, окруженные одним или двумя оптически более плотными кольцевыми слоями, за которыми следует слой с пониженным относительно уровня кварца показателем преломления [1,2]. Своему происхождению такие структуры обязаны конструкции брэгговского световода [3], где достижение аномальной дисперсии моды сердцевинки осуществлялось на границе с запрещенной зоной, а сама мода имела достаточно высокие потери на распространение вследствие механизма формирования и удержания моды (когерентное отражение от оптически более плотных кольцевых слоев). Эти существенные для волноведущих структур недостатки были устранены в структуре гибридного световода. В данном случае рабочей является мода $LP_{0,i+1}$, где i – количество кольцевых слоев с высоким показателем преломления, которую мы называем гибридной. Вследствие того, что механизмом удержания моды в случае гибридного световода является полное внутреннее отражение, уровень потерь на распространение гибридной моды ограничен фундаментальными потерями. Локализация гибридной моды в сердцевине обусловлена когерентным френелевским отражением от кольцевых слоев с высоким показателем преломления, окружающими сердцевину. По этой причине гибридная мода обладает рядом свойств, схожих со свойствами брэгговской моды. Так лишь гибридная мода локализована в сердцевине световода, а все остальные моды (включая фундаментальную) локализованы в кольцевых слоях. Более того, такая мода может иметь аномальную в области 1 мкм дисперсию. Величина и знак наклона дисперсии гибридной моды могут варьироваться в зависимости от параметров сердцевинки и оптически более плотных кольцевых слоев [4]. Дисперсия в области 1,064 мкм может достигать величины более 100 псек/(нм км). Кроме того, возбуждение этой моды может быть осуществлено путем обычной сварки со световодом стандартного типа с согласующимся размером модового пятна. При этом величина диаметра поля моды гибридного световода, в отличие от большинства существующих конструкций световодов с аномальной в области 1 мкм дисперсией, может варьироваться в зависимости от поставленной задачи в диапазоне от нескольких микрон до 13 мкм и более [4].

Однако необходимо отметить, в силу того, что конструкция гибридного световода по сути является маломодовой, в данном случае может иметь место перекачка мощности между гибридной модой сердцевины и модами кольцевых слоев на резонансных длинах волн, что проявляется в появлении в спектре гибридного световода дополнительных интенсивных пиков поглощения [1]. Кроме того, возбуждение при сварке с обычным световодом небольшой доли мощности мод, локализованных в кольцевых слоях, препятствует установлению одноимпульсного режима генерации в лазерных схемах с синхронизацией мод. Вследствие этого, для подавления нежелательных мод световода и установления асимптотически одномодового режима распространения были предложены две методики. Первая основана на принципе поглощения нежелательных мод гибридного световода и состоит во внесении в положение минимума интенсивности рабочей моды сильно поглощающего слоя, который оказывает воздействие только на те моды, интенсивность которых отлична от нуля в области слоя [4]. Вторая методика состоит в селективном усилении рабочей моды световода. В этом случае центральная область сердцевины легируется активной добавкой (так как работа осуществляется в спектральном диапазоне около 1 мкм, в качестве активной добавки могут быть использованы ионы иттербия). Одномодовый режим распространения в этом случае достигается за счет различия перекрытия области легирования и распределения интенсивности полей мод световода.

Чтобы проверить применимость гибридного световода на практике, на основе конструкции гибридного световода с селективным подавлением мод была реализована схема задающего лазера, позволившая получить солитоны высшего порядка с длительностью импульса 700 фсек, энергией в импульсе 0,55 нДж и пиковой мощностью 800 Вт. Результаты по использованию гибридного световода с селективным усилением рабочей моды в схеме задающего источника будут доложены на конференции.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-19-00687

Литература

- [1] S. S. Aleshkina, M. E. Likhachev, et al., Opt. Express **21**, 23838-23843 (2013)
- [2] S. S. Aleshkina, M.E. Likhachev, et al, Proc. SPIE **9344**, 934405 (2015)
- [3] M.E. Likhachev, A.E.Levchenko, et al, in European Conference on Optical Communication 2007, Berlin, Germany, We7.1.2 (2007)
- [4] S. S. Aleshkina, M. V. Yashkov, et al., in IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics **24**, pp. 1-8 (2018)
- [5] С. С. Алешкина, и др., Квантовая электроника, **46**:8, 738–742 (2016)