

# Широкополосный источник излучения на основе иттербиевого волоконного световода с распределенной по длине накачкой

Д.А.Грух, В.А.Богатырев, А.А.Сысолятин, В.М.Парамонов, А.С.Курков, Е.М.Дианов

*Создан широкополосный источник излучения в диапазоне 1.03–1.1 мкм, ширина спектра излучения которого по уровню –3 дБ составила 47 нм при максимальной выходной мощности 22 мВт. В качестве активной среды источника использовался иттербиевый волоконный световод, скрученный с пассивным световодом. Накачка источника осуществлялась через пассивный световод.*

**Ключевые слова:** волоконный световод, широкополосное излучение, оптически связанные световоды.

## 1. Введение

Широкополосные волоконные источники с гладким спектром излучения перспективны для использования в волоконных датчиках, системах низкокогерентной рефлектометрии и пр. В работе [1] были реализованы суперлюминесцентные источники на основе волоконных световодов, легированных ионами эрбия и неодима при накачке сердцевин световода. Однако для достижения выходной мощности  $\sim 10$  мВт такие устройства требуют применения дорогостоящих мощных одномодовых источников накачки. В последнее время были разработаны мощные волоконные лазеры на основе активных световодов с двойной оболочкой, использующие излучение накачки многомодовых полупроводниковых лазеров [2]. В работе [3] был реализован широкополосный источник на основе волоконного световода, легированного ионами иттербия, с многомодовой накачкой в оболочку через входной торец световода. Источник излучал в области 1.06–1.12 мкм, ширина спектра излучения по уровню –3 дБ составляла около 40 нм, а выходная мощность – 10 мВт.

К основным проблемам использования иттербиевых активных световодов с накачкой в оболочку относится низкая степень инверсии активной среды, составляющая, как правило, менее 50%. В сочетании с трехуровневой энергетической схемой это приводит к тому, что коротковолновая область усиленной спонтанной люминесценции (1.03–1.06 мкм) испытывает сильное перепоглощение, поэтому выходной спектр излучения имеет максимум в области 1.08–1.1 мкм. На рис.1 представлены спектры люминесценции и поглощения ионов иттербия в области 1–1.1 мкм, объясняющие это явление. В связи с этим в работе [3] для получения достаточно широкого спектра излучения на выходе устройства использовался сглаживающий фильтр. При этом изменение мощности накачки приводило к изменению формы и ширины спектра излучения источника.

В настоящей работе мы предлагаем конструкцию источника с распределенной накачкой на основе специального двойного волоконного световода.

## 2. Схема широкополосного источника

Особенностью предложенного нами широкополосного источника является использование специального двойного световода, представляющего собой скрутку двух волоконных световодов с общим полимерным покрытием, имеющим меньший по сравнению с плавленым кварцем показатель преломления. Сердцевина одного из световодов (активного) легирована ионами иттербия, а второй (пассивный) представляет собой вытянутое волокно из высокочистого кварцевого стекла [4]. Оба световода имели цилиндрическую форму с внешним диаметром около 100 мкм, диаметр сердцевин активного световода составлял около 6 мкм.

Схема широкополосного источника представлена на рис.2. Излучение накачки от полупроводникового лазера вводится в пассивный световод. В работе использовался полупроводниковый лазер с длиной волны излучения 976 нм и максимальной мощностью 1 Вт на волоконном выходе с диаметром сердцевин 100 мкм. В области скрутки происходит перераспределение мощности накачки,

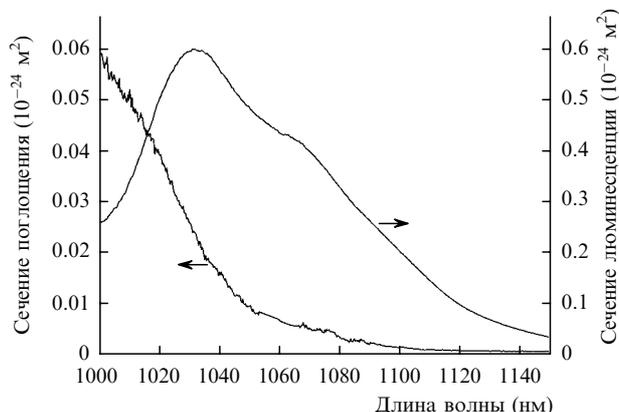


Рис.1. Спектральные зависимости сечений поглощения и люминесценции ионов Yb в кварцевом стекле.

Д.А.Грух, В.А.Богатырев, А.А.Сысолятин, В.М.Парамонов, А.С.Курков, Е.М.Дианов. Научный центр волоконной оптики при Институте общей физики им. А.М.Прохорова РАН, Россия, 119991 Москва, ул. Вавилова, 38; e-mail: kurkov@fo.gpi.ru

Поступила в редакцию 28 октября 2003 г.

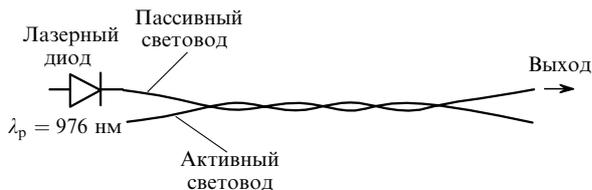


Рис.2. Схема широкополосного источника.

введенной в пассивный световод, между двумя световодами, при этом отношение мощностей накачки в обоих световодах определяется отношением площадей их облочек.

При распространении по активному световоду излучения накачки часть его поглощается в сердцевине, что компенсируется дополнительной перекачкой излучения из пассивного световода, необходимой для поддержания постоянного отношения мощностей накачки в активном и пассивном световодах. Благодаря этому накачка равномерно распределяется по всей длине активного световода. Другим достоинством двойного световода является то, что стимулированное излучение из сердцевины активного световода не попадает в пассивный. Поэтому оптическая связь источника накачки и активного световода отсутствует, что предотвращает возникновение лазерной генерации из-за отражения стимулированного излучения от зеркала полупроводникового лазера. Для устранения обратной связи в активном световоде достаточно скосить его торцы.

При использовании предлагаемой конструкции широкополосного источника можно ожидать, что вклад в различные части спектра усиленной люминесценции будут давать разные отрезки активного световода. При этом отрезки, находящиеся ближе к источнику накачки, будут давать вклад в длинноволновую область, т. к. поглощение в ней мало (рис.1), а длина световода достаточна для усиления спонтанной эмиссии. Отрезки, удаленные от источника накачки, дадут вклад в коротковолновую часть спектра, где интенсивность люминесценции высока, а малая длина оптического пути не вызывает заметного перепоглощения. Отметим, что длина световода должна быть такой, чтобы обеспечить максимальную ширину спектра усиленной спонтанной люминесценции при заданной мощности накачки.

### 3. Результаты

На рис.3,а представлен спектр излучения реализованного источника на выходе устройства. Ширина спектра по уровню  $-3$  дБ составила 47 нм, по уровню  $-10$  дБ – около 70 нм. На рис.3,б представлена зависимость выходной мощности широкополосного источника от поглощенной мощности накачки. Максимальная введенная мощность составила около 1 Вт. Поглощенная мощность накачки определялась из измерения непоглощенной мощности на выходе как активного, так и пассивного световода. Максимальная мощность широкополосного источника на выходе активного световода достигла 22 мВт.

Следует отметить, что ширина и форма спектра излучения слабо зависят от мощности накачки. Так, при мощностях накачки более 300 мВт ширина спектра излучения превышает 40 нм. Некоторая асимметрия спектра

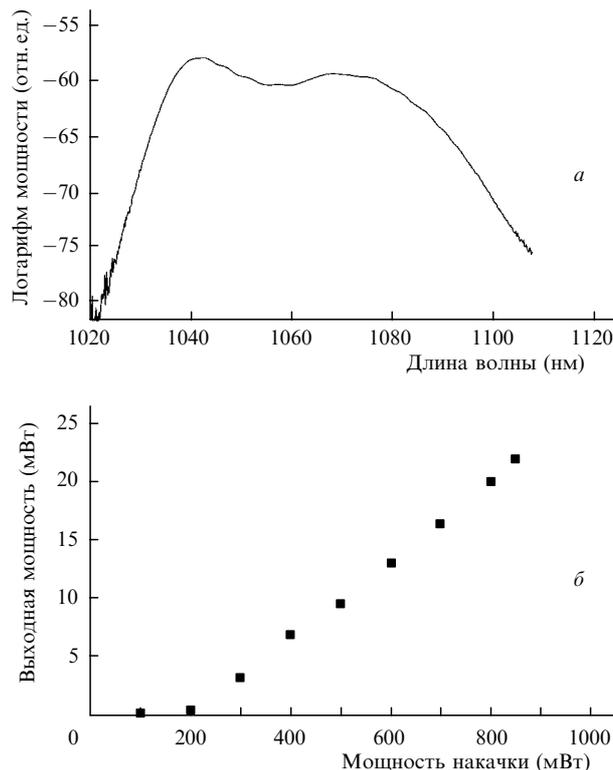


Рис.3. Спектр излучения источника (а) и зависимость выходной мощности излучения от поглощенной мощности накачки (б).

ра излучения реализованного источника определяется в основном немонотонным характером спада интенсивности люминесценции в области длин волн 1.06–1.08 мкм. Для получения более симметричного спектра излучения можно использовать спектральные фильтры, в частности на основе длиннопериодных решеток.

Использование распределенной накачки позволило существенно увеличить выходную мощность и ширину спектра излучения широкополосного иттербиевого источника по сравнению с использованием торцевой накачки [3]. При этом мощности накачки в обеих схемах были примерно одинаковы. К достоинствам реализованной нами схемы следует также отнести отсутствие спектральных фильтров.

Таким образом, впервые, насколько нам известно, создан широкополосный источник излучения в диапазоне 1.03–1.1 мкм на основе иттербиевого волоконного световода с распределенной по длине накачкой. Последняя обеспечивалась скруткой иттербиевого световода с пассивным волоконным световодом. Ширина спектра излучения источника по уровню  $-3$  дБ составила 47 нм, а максимальная выходная мощность достигала 22 мВт.

1. Hodgson C.W., Vengsarkar A.M. *Tech. Dig. Opt. Fib. Comm. Conf. OFC'96* (San Jose, USA, 1996, v.2, pp.29–30).
2. Курков А.С., Карпов В.И., Лаптев А.Ю., Медведков О.И., Дианов Е.М., Гурьянов А.Н., Васильев С.А., Парамонов В.М., Протопопов В.Н., Умников А.А., Вечканов Н.И., Протошенко В.Г., Фрам Ю. *Квантовая электроника*, 27, 239 (1999).
3. Paramonov V.M., Kurkov A.S., Tsvetkov M.Yu., Zalevsky I.D. *Tech. Dig. IQEC/LAT-2002* (Moscow, Russia, 2002, LME-34).
4. Grudin A.B., Payne D., Turner P.W., Zervas M.N., Ibsen M., Durkin M.K. *An Optical Fiber Arrangement*. International patent WO 00/67350, priority date 30.04/1999.