

УДК 681.7.069.24

## ОЦЕНКА ФАЗОВОГО ШУМА И ШУМА ИНТЕНСИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНО-ИЗЛУЧАЮЩЕГО ЛАЗЕРА С ВНЕШНИМ РЕЗОНАТОРОМ НА ВОЛОКОННОЙ БРЭГГОВСКОЙ РЕШЕТКЕ

Шулепов В.А. (Университет ИТМО), Аксарин С.М. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., зав. лаб. Аксарин С.М. (Университет ИТМО)

В рамках работы проведена оценка фазового шума и шума интенсивности вертикально-излучающего лазера с внешним резонатором на волоконной брэгговской решетке, а также осуществлена оценка вклада внешнего резонатора в шумовые характеристики лазера.

**Введение.** Вертикально-излучающий лазер (ВИЛ), представляет собой вертикальный микрорезонатор на основе полупроводникового материала, ограниченный чередующимися четвертьволновыми пластинками, образующими распределенные брэгговские отражатели. Впервые полученный в конце 1990-х годов, он зарекомендовал себя во многих сферах по причине большого количества положительных качеств, в сравнении с полупроводниковыми лазерами с краевым излучением, а именно: низкий пороговый ток (порядка единиц миллиампер), симметричная диаграмма направленности с малой расходимостью (числовая апертура 0,2), следовательно, высокая эффективность согласования с оптическим волокном, также за счет вертикальной структуры имеется возможность тестирования и отбраковки чипов еще на общей подложке, помимо прочего, излучение ВИЛ линейно поляризовано с коэффициентом экстинкции порядка 30 дБ и в его спектре присутствуют две ортогональные моды, но лазер чувствителен к обратным отражениям, при воздействии которых происходит переключение поляризации на ортогональную, а также сама центральная длина волны излучения имеет высокочастотную вариацию.

Вертикально-излучающий лазер широко применяется в волоконно-оптических линиях связи, а также в волоконно-оптических сенсорах, а благодаря поляризованному излучению, его также применяют в распределенных волоконно-оптических фазовых интерферометрических датчиках. Волоконно-оптические датчики на базе интерферометров превосходят по точности многие другие типы датчиков, так как они способны регистрировать воздействие на чувствительный элемент, вызывающее смещение фазы на значение меньше длины волны, в тоже время их динамический диапазон напрямую зависит от уровня собственных шумов, поэтому необходимо оценить шумовые характеристики источника излучения.

Ранее, нами было принято решение повысить стабильность излучения вертикально-излучающего лазера путем создания внешнего резонатора с использованием волоконной брэгговской решетки, индуцированной в анизотропном волокне и проведена работа по определению оптимальных параметров внешнего резонатора, а в рамках настоящей работы проведена оценка шумовых характеристик вертикально-излучающего лазера с внешним резонатором на основе волоконной брэгговской решетки.

**Основная часть.** Для определения величины шума интенсивности собрана оптическая схема, в которой излучение от ВИЛ вводится в оптическое волокно с записанной в него волоконной брэгговской решеткой, после чего поступает на фотоприемник с полосой 8,5 МГц, который в свою очередь подключен к осциллографу. Торцы оптического волокна выполнены со скосом 8 градусов для уменьшения влияния обратных отражений на лазер. Решетка расположена на элементе Пельтье с целью возможности точной подстройки центральной длины волны отражения, так как при изменении температуры решетки спектр отражения смещается по длинам волн, относительно спектра излучения лазера, тем самым позволяет изменять эффективный коэффициент отражения. В работе в каждом измерении учитывался вклад дробового шума и шума системы.

На основании полученных данных с фотоприемника рассчитан относительный шум интенсивности лазера с внешним резонатором при различных токах. Также, для сравнения,

проведена оценка относительного шума интенсивности ВИЛ без внешнего резонатора. На основании проведенного эксперимента можно сделать заключение, что использование внешнего резонатора на волоконной брэгговской решетке приводит к уменьшению шума интенсивности лазера почти на два порядка.

Также, проведена оценка фазового шума лазера с различной длиной внешнего резонатора и с различной длиной линии задержки. Для этой работы использована оптическая схема, которая полностью повторяла предыдущий эксперимент, только для преобразования фазовых флуктуаций в флуктуации интенсивности использован сканирующий интерферометр Майкельсона, который позволяет изменять линию задержки между интерферирующими пучками. Каждое измерение фазового шума проведено в точке квадратуры, как наиболее чувствительном и линейном участке передаточной характеристики интерферометра, при котором разность хода интерферирующих импульсов составляет  $\pi/2$ .

Оценка фазового шума ВИЛ проведена с длинами внешнего резонатора 10, 30 и 150 мм, в этом случае длина рассогласования длин плеч интерферометра составляет 100 мм. Для этого случая получена обратная зависимость величины фазового шума от длины внешнего резонатора.

Также проведена оценка фазового шума лазера с линией задержки 100 мм, 10 мм и в области 0 мм. Для этого эксперимента длина внешнего резонатора составляла 10 мм. На основании результатов эксперимента мы убедились в прямой зависимости величины фазового шума от длины линии задержки.

**Выводы.** Проведена оценка шума интенсивности вертикально-излучающего лазера и получено, что создание внешнего резонатора с использованием волоконной брэгговской решетки позволяет снизить уровень относительного шума интенсивности почти на два порядка, который для лучшего случая составил  $3,5 \cdot 10^{-8} \text{ Гц}^{-0,5}$ ;

Проведена оценка фазового шума вертикально-излучающего лазера с внешним резонатором на волоконной решетке Брэгга и получено, что величина фазового шума уменьшается с увеличением длины внешнего резонатора.