

УДК 528.526.6, 531.383, 535.51

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ СВЯЗИ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ МОД НА СДВИГ ФАЗЫ САНЬЯКА В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОМ ГИРОСКОПЕ

Аксарин С.М., Мухтубаев А.Б., Никитенко А.Н. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Аксарин С.М.

(Университет ИТМО)

В работе представлены результаты исследования влияния локальной связи поляризационных мод на сдвиг фазы Саньяка в волоконно-оптическом гироскопе. Получена теоретическая зависимость влияния амплитуды локальных связей поляризационных мод в двулучепреломляющем оптическом волокне и волноводе многофункциональной интегральной оптической схемы, позволяющая проводить оценку величины максимального отклонения фазы Саньяка волоконно-оптического гироскопа.

Введение. Волоконно-оптический гироскоп (ВОГ) – это оптико-электронный прибор, измеряющий абсолютную угловую скорость вращения, основанный на эффекте Саньяка. Чувствительным элементом ВОГ навигационного класса точности является контур Саньяка с двулучепреломляющим (ДЛП) волокном. Такой тип волокон обладает свойством сохранять линейно поляризованное оптическое излучение по всей своей длине. Однако, в реальных условиях имеются неоднородности в ДЛП, вызванные внешними факторами и неидеальностью структуры волокна. На таких неоднородностях происходит перекачка части оптической мощности из основного состояния поляризации в ортогональное – локальная связь поляризационных мод (ЛСПМ). В свою очередь локальная связь поляризационных мод приводит к ошибке в полезном сигнале ВОГ. Следовательно, целью настоящей работы является исследование влияния локальных связей поляризационных мод на сдвиг фазы Саньяка в волоконно-оптическом гироскопе для повышения их точностных характеристик.

Основная часть. Для оценки влияния ЛСПМ на сдвиг фазы Саньяка в ВОГ были предложены следующие оригинальные методики проведения исследования:

- использование экспериментального образца волоконно-оптического гироскопа с модифицированным волоконным контуром, не чувствительным к эффекту Саньяка;
- имитация локальной связи поляризационных мод в ДЛП волокне контура Саньяка путем рассогласования собственных поляризационных осей двух ДЛП волокон с помощью вращения волокон друг относительно друга вокруг своей оси в специальном аппарате для их сварки Fujikura FSM-100P.

Модифицированный контур представлял собой катушку диаметром 27 см, в котором первое и второе плечо контура были совмещены друг с другом и параллельно наматывались на корпус катушки. Длина оптического волокна в таком контуре составила 493 м, тип волокна – ДЛП оптическое волокно с эллиптической напрягающей оболочкой ESC4. Намотка производилась вручную без продольного напряжения, виток к витку, в один слой. Предложенные технологические решения необходимы для минимизации ЛСПМ в контуре Саньяка поскольку от силы натяжения и микро- и макроизгибов зависит их величина. В такой конструкции площадь проекции замкнутого волоконного контура Саньяка на его ось вращения стремится к нулю. Соответственно, в таком контуре разность фаз между оптическими волнами, которые распространяются по контуру навстречу друг другу, будет стремиться к нулю, что позволит напрямую определять сдвиг фазы Саньяка. Также с целью минимизации тепловых и акустических воздействий на модифицированный контур Саньяка его устанавливали в специальный термобокс, стенки которого были покрыты специальным звукоизоляционным пористым полимером.

Для оценки максимального размаха сдвига фазы Саньяка использовался элемент Пельтье. Прогрев участка ДЛП волокна приводил к изменению разности фаз между двумя ортогональными волновыми пакетами, распространяющимися по контуру Саньяка, что

приводило к модулированию сдвига фазы Саньяка, позволяя определять максимально возможное значение сдвига фазы Саньяка в ВОГ.

В результате работы был обнаружен вклад ЛСПМ в волноводе многофункциональной интегрально-оптической схемы (МИОС) на сдвиг фазы Саньяка в волоконно-оптическом гироскопе. Имеются две области сдвига фазы Саньяка, разделенные точкой 6 м: с большой величиной ($\sim 4 \times 10^{-3}$ - 3×10^{-2} рад) и с низкой ($\sim 10^{-4}$ - 10^{-3} рад). Поскольку стыковка оптических волокон с волноводом МИОС происходит под 90° , то ЛСПМ волновода МИОС переходят в ДЛП волокно контура Саньяка. Создавая паразитный интерферометр, эти ЛСПМ к сдвигу фазы Саньяка в сигнале ВОГ.

Также была получена и экспериментально доказана теоретическая зависимость величины сдвига фазы Саньяка от угла рассогласования между двумя ДЛП волокнами, т.е. от величины ЛСПМ в этом месте. Получено, что при величине ЛСПМ в волноводе МИОС, равным -43 дБ, с увеличением угла рассогласования на расстоянии $0,8$ м от МИОС и прогреве участка ДЛП волокна длиной $0,057$ м элементом Пельтье до 90°C увеличивается сдвиг фазы Саньяка. Так, например, при угле рассогласования 5° , что соответствует ЛСПМ с поляризационным коэффициентом экстинкции $PER = -20$ дБ, значение сдвига фазы составило $1,3 \times 10^{-4}$ рад, а при угле рассогласования 80° ($PER = -15$ дБ) – $3,9 \times 10^{-3}$ рад.

Выводы. В ходе работы были проведены исследования влияния локальных связей поляризационных мод на сдвиг фазы Саньяка в волоконно-оптическом гироскопе. Полученная теоретическая зависимость влияния амплитуды локальных связей поляризационных мод в двулучепреломляющем оптическом волокне с эллиптической напрягающей оболочкой ESC-4 и волноводе многофункциональной интегральной оптической схемы позволяет оценить величину максимального отклонения фазы Саньяка волоконно-оптического гироскопа. Это позволит проводить предварительную отбраковку волоконно-оптических элементов перед окончательной сборкой ВОГ.

Мухтубаев А.Б. (автор)

Подпись

Аксарин С.М. (научный руководитель)

Подпись