

УДК535-45

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФАЗЫ В СИГНАЛЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

Мухтубаев А., Дейнека И.Г., Калугин Е.Э.

(Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий,
механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия)

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

(Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий,
механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия)

В работе рассмотрены практические аспекты эксплуатации волоконно-оптических контуров Саньяка и волоконно-оптического гироскопа в условиях изменения внешнего относительного давления. Получены результаты влияния изменения внешнего относительного давления на величину Н-параметра для двух тестовых образцов, а также на сигнал волоконно-оптического гироскопа.

Введение. Волоконно-оптический гироскоп (ВОГ) – это оптико-электронный прибор, измеряющий абсолютную угловую скорость. Активное развитие и совершенствование элементной базы привели к широкому распространению ВОГ. Чувствительным элементом ВОГ является контур Саньяка, который представляет собой многослойную со специальной намоткой катушку с оптическим волокном. В высокочувствительных ВОГ используют двулучепреломляющее (ДЛП) оптическое волокно. Такой тип волокон обладает свойством сохранять линейно-поляризованное оптическое излучение по всей своей длине. Однако, в реальных условиях имеются неоднородности в двулучепреломлении таких волокон, вызванные различными внешними факторами и не идеальностью структуры волокна. На таких неоднородностях возникают преобразования поляризации оптического излучения, которые в свою очередь приводят к возникновению ошибки в сигнале ВОГ. Распределенные поляризационные преобразования в ДЛП волокнах характеризуются Н-параметром.

К ВОГ, которые используются в аэрокосмической и кораблестроительной областях, выдвигаются более жёсткие эксплуатационные требования. Так, например, одним из таких требований является эксплуатация в условиях изменения внешнего относительного давления. Поэтому цель работы представляет собой оценку влияния изменения внешнего относительного давления на величину Н-параметра ДЛП волокон, а также на сигнал ВОГ.

Основная часть. В работе были исследованы три образца: №1 – это отрезок ДЛП оптического волокна с вторичной напрягающей оболочкой ESC-4 длиной 10 м, свернутый в свободно лежащую смотку диаметром 180 мм; №2 – это образец контура Саньяка диаметром 80 мм, изготовленным из ДЛП волокна типа ESC-4 длиной около 700 м (использовались специальный квадрупольный тип намотки и пропитка компаундом RTV655).

Для исследования влияния изменения внешнего относительного давления на величину Н-параметра исследуемых образцов использовалась методика, основанная на применении широкополосной интерферометрии. Линейно-поляризованное излучение от источника ThorLabs S5FC1005SXL с центральной длиной волны 1560 нм и полушириной спектра 45 нм вводилось в исследуемый образец в одну из поляризационных осей. Анализатор на входе в сканирующий интерферометр Майкельсона ориентирован к поляризационным осям образца под углом 45°. При сканировании исследуемого образца смещением зеркала интерферометра на интерферограмме возникали интерференционные пики. По полученной интерферограмме, зная средний уровень интерференционной картины, определялась величина Н-параметра.

Исследуемые образцы помещались в барокамеру, в которой изменялось давление в следующем режиме: 1 – от относительного давления при нормальных условиях 0 кПа до +200 кПа с шагом 50 кПа; 2 – от относительного давления при н.у. 0 кПа до –60 кПа с шагом 20 кПа.

Из полученных результатов видно, что при изменении относительного давления в диапазоне от -60 кПа до $+200$ кПа изменение величины Н-параметра для свободно уложенного волокна ESC-4 незначительно. Для контура Саньяка изменение величины Н-параметра в диапазоне от 0 кПа до $+200$ кПа незначительное, но при изменении относительного давления в диапазоне от -60 кПа до 0 кПа наблюдается рост величины Н-параметра от $3,01 \cdot 10^{-6}$ 1/м до $6,95 \cdot 10^{-6}$ 1/м.

Для исследования влияния изменения внешнего атмосферного давления на сигнал ВОГ был собран экспериментальный макет ВОГ с контуром Саньяка (образец №3). Макет ВОГ помещался в барокамеру. Исследование состояло из двух этапов. Этап №1: 1 час при нормальных условиях; 5 часов относительное давление $+75$ кПа; 18 часов при нормальных условиях. Этап №2: 1 час при нормальных условиях; 5 часов относительное давление -30 кПа; 18 часов при нормальных условиях.

По результатам проведенного исследования было выявлено, что при повышенном и пониженном относительном давлении возникают случайные скачки фазы в сигнале ВОГ. При нормальных условиях случайные скачки фазы в сигнале ВОГ не наблюдаются. Также было выявлено, что влияние повышенного внешнего относительного давления более ярко выражено, чем влияние пониженного относительного давления: частота и амплитуда скачков фазы в сигнале ВОГ больше в случае повышенного относительного давления. Так среднее значение СКО при повышенном давлении составило $2,66$ град/час, тогда как до изменения давления среднее значение СКО составило $0,79$ град/час, а после $-0,35$ град/час. При пониженном давлении среднее значение СКО составило $0,60$ град/час, тогда как до изменения давления среднее значение СКО составило $0,35$ град/час, а после $-0,33$ град/час.

Выводы. В результате проведенной работы было получено, что изменение относительного давления влияет на сигнал ВОГ – возникают случайные скачки фазы в сигнале ВОГ, что приводит к увеличению СКО сигнала при изменении давления. Также из полученных результатов можно сделать вывод, что в контуре Саньяка на изменение Н-параметра при изменении относительного давления влияют конструктивные особенности контура (дефекты): качество намотки оптического волокна, равномерность пропитки слоев компаундом, отсутствие воздушных полостей. Поэтому уменьшение количества подобных дефектов при изготовлении контуров позволит уменьшить влияние изменения относительного давления, что не приведет к возникновению фазовых ошибок в сигнале ВОГ.

Мухтубаев А.Б.

Аксарин С.М.