

УДК 535.92

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ МОД В АНИЗОТРОПНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКНАХ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕРМОВЫВОДА ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ

Калугин Е.Э. (Университет ИТМО), Аксарин С.М. (Университет ИТМО),  
Умнова А.В. (Университет ИТМО), Алейник А.С. (Университет ИТМО)  
Научный руководитель – к.ф.-м.н. Аксарин С.М. (Университет ИТМО)

В ходе работы была разработана экспериментальная установка для запайки анизотропных оптических волокон в металлической трубке при помощи преформы стеклоприпоя и индукционного нагревателя. Проведено исследование влияния запайки стеклоприпоем в коваровой трубке анизотропного оптического волокна на связь поляризационных мод. Выявлено, что при формировании гермовывода волокон в области запайки в анизотропном оптическом волокне коэффициент поляризационной экстинкции увеличивается от -65 дБ до -33 дБ.

**Введение.** Главным отличием анизотропных от изотропных оптических волокон заключается в способности сохранять введенного линейного состояния поляризации. Анизотропные оптические волокна примечательны для использования при создании волоконно-оптических интерферометрических датчиков, таких как волоконно-оптических гироскопов, т.к. обладают высокой чувствительностью, и как следствие, точностью, а также помехоустойчивостью. Второй составляющей интерферометрического волоконно-оптического гироскопа является многофункциональная интегрально-оптическая схема, которая используется в качестве поляризатора, разветвителя и модулятора оптического сигнала. Принцип работы данных устройств основан на оптических свойствах полупроводниковых кристаллов, таких как кристалл ниобата лития. Оптические свойства полупроводниковых кристаллов меняются в зависимости от прикладываемого электрического напряжения, наличия водяных паров в окружающей среде, изменения температуры и газового состава окружающей среды. Для сохранения стабильной работы интегрально-оптических схем, и как следствие гироскопа, необходимо сохранение условий среды в течение всего срока службы. Помимо качества герметизации на сигнал гироскопа влияет изменение связи поляризационных мод в волоконном контуре гироскопа, которая изменяется за счет изменения анизотропии оптического волокна, в том числе и от механических возмущений из внешней среды. В связи с этим стоит вопрос о герметизации многофункциональных интегрально-оптических схем, используемых в неблагоприятных условиях с минимальным механическим давлением на анизотропные волокна в области вывода их из корпуса многофункциональной интегрально-оптической схемы. Целью данной работы является исследование влияния запайки стеклоприпоем в коваровой трубке анизотропных оптических волокон на связь поляризационных мод.

**Основная часть.** Для тестирования метода запайки оптического волокна в пропускной трубке из ковара (сплав 29НК) был разработан индукционный нагреватель, который разогревал коваровую трубку, а та в свою очередь плавила преформу стеклоприпоя. Индукционный нагреватель работает в режиме коммутации при нулевом напряжении (ZVS - zero voltage switch). Для проведения исследования использовались трубки из ковара и Т-образные преформы стеклоприпоя, подходящих для запайки двух волокон в металлической трубке. Температура плавления преформ стеклоприпоя 200-230°C. Материалы данных компонентов выбирались как наиболее близкие по коэффициенту термического расширения (КТР) к кварцу, из которого изготавливаются ОВ: КТР кварца  $1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , ковар  $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , стеклоприпой  $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . В используемом нагревателе индуктор состоит из одного витка медного провода, намотанного на ферритовый тороидальный сердечник с зазором, внутрь которого помещается коваровая трубка для нагрева. Магнитное поле, возникающее вокруг витка индуктора,

замыкается через тороидальный ферритовый сердечник и трубку, расположенную в зазоре. В трубке наводятся вихревые токи, которые разогревают её под действием тепла Джоуля, сообщаемое стеклянной преформе. Максимальная мощность нагревателя 120 Вт. Мощность нагрева регулируется входным напряжением схемы (максимум 12 В) и обеспечивает нагрев трубки до 300°C. В ходе работы было подготовлено 4 образца. Для анализа величины коэффициента поляризационной экстинкции (PER – polarization extinction ratio) в исследуемых образцах использовалась методика широкополосной интерферометрии. С помощью данной методики можно добиться высокой точности в определении места локального преобразования в оптическом тракте, а по амплитуде дать оценку величине PER. В настоящей работе с использовался сканирующий интерферометр Майкельсона с анализатором на входе для выделения обеих ортогональных поляризационных мод исследуемого образца. Также было проведено исследование зависимости PER от температуры коваровой трубки. Для этого использовался элемент Пельте. Исследование состояло из трех этапов: нагрев от комнатной температуры до +70°C, остывание до комнатной температуры и охлаждение до -10°C. В результате данного исследования были получены величины PER в области запайки анизотропных ОВ в 4-х образцах и зависимости PER анизотропного оптического волокна одного из образцов от температуры коваровой трубки.

**Выводы.** Из полученных измерений видно, что в месте запайки анизотропного ОВ в коваровой трубке при помощи преформы стеклоприпоя возникает увеличение связи поляризационных мод, так PER увеличивается с -65 дБ (уровень чувствительности системы) до -33 дБ в среднем. Температурные испытания показали, что при нагреве коваровой трубки в запаянном оптическом волокне PER улучшается с -35 дБ при комнатной температуре до -37 дБ при 70°C, а при остывании ухудшается до -34 дБ. При охлаждении коэффициент поляризационной экстинкции ухудшается с -34 дБ при комнатной температуре до -25 дБ при -10°C. В ходе проведенных экспериментов было выявлено, что центрирование волокон в трубке при помощи трёхосных позиционеров с обеих сторон улучшает результат, так, например, с таким методом центрирования на образце №4 PER равен -46 дБ, когда же на образце №3 при центрировании грузиком он равен -35 дБ. Также из полученных образцов можно сделать вывод, что необходимо более точно подбирать режим работы индукционного нагревателя для равномерного плавления преформы стеклоприпоя и контролировать область ОВ, располагающегося в трубке, для улучшения качества запайки, так, например, на образце №2 это привело к самому высокому из образцов PER в -19 дБ.