

# КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СОЕДИНИТЕЛЕЙ

А. А. Козлов, У. О. Салгаева, А. Б. Волынцев

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

Одним из перспективных направлений развития оптоэлектроники являются технологии фотонной интеграции и разработка на их основе фотонных интегральных схем (ФИС) — многокомпонентных фотонных устройств, изготовленных на плоской подложке и выполняющих функции обработки оптических сигналов.

Для ряда применений требуется обеспечить ввод и вывод оптического излучения в ФИС. Такая необходимость возникает в случае, например, если оптическая схема предусматривает наличие внешнего фотоприемника или источника оптического излучения. Для ввода или вывода сигнала в ФИС используются оптические волокна различного типа. Ситуация осложняется тем, что часто ввод и вывод оптического излучения необходимо осуществлять через несколько оптических каналов. Индивидуально выполнять стыковку одиночных волокон и канальных волноводов ФИС проблематично.

Решением данной проблемы может стать создание волоконно-оптического соединителя, который позволяет осуществлять процесс стыковки нескольких волокон и канальных волноводов одновременно. Целью работы являлась разработка конструкции и технологии сборки многоканальных волоконно-оптических соединителей (ВОС) для стыковки ФИС.

Волоконно-оптические соединители представляют собой небольшой параллелепипед из материала, в который вклеено оптическое волокно [1]. Материал ВОС должен быть согласован по коэффициенту линейного теплового расширения (КЛТР) с материалом ФИС.

Авторами был произведен обзор существующих патентов на конструкции многоканальных ВОС. Наиболее оптимальной, по мнению авторов, является конструкция, приведенная в патенте [2]. На рисунке 1 изображен вид конструкции с торца.

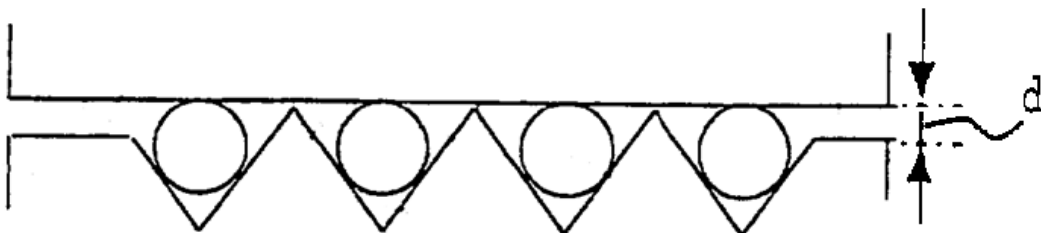
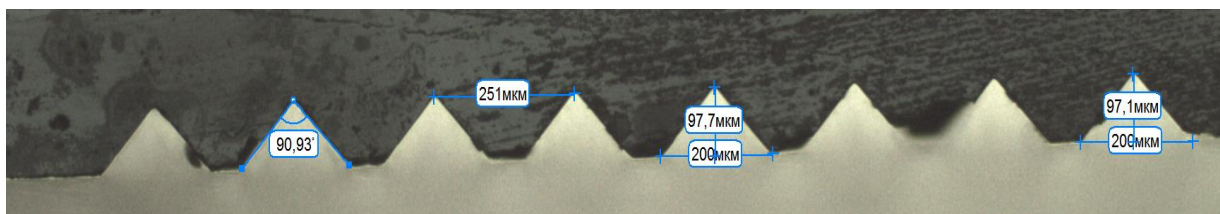


Рис. 1. Вид конструкции с торца [2]

Данная конструкция включает в себя подложку с вырезанными в ней V-образными пазами, оптические волокна и стеклянную крышку. Крепление компонентов происходит при помощи эпоксидного клея. При этом обеспечивается контакт оптического волокна с поверхностями V-образного паза и крышки в трех точках для высокой точности позиционирования волокон. Также данная конструкция позволяет использовать волокна различных диаметров при одной глубине паза.

На основе конструкции, приведенной в патенте [2], была разработана конструкция ВОС, которая могла быть реализована с учетом технических возможностей ОА «ПНППК». Были созданы чертежи подложки с двумя вариантами глубины паза (60 и 97 мкм). Подложка содержала 8 пазов, выполненных на одинаковом расстоянии (250 мкм). Создание пазов производилось методом высокоточной дисковой резки при помощи алмазного диска с углом раствора  $90^\circ$ . В качестве материала подложки для отработки технологии был использован ниобат лития.

Геометрия полученных подложек с созданными V-образными пазами была изучена с помощью инвертированного микроскопа отраженного света Axiovert 40 MAT. На рисунке 2 приведено изображение подложки с глубиной пазов 97 мкм.



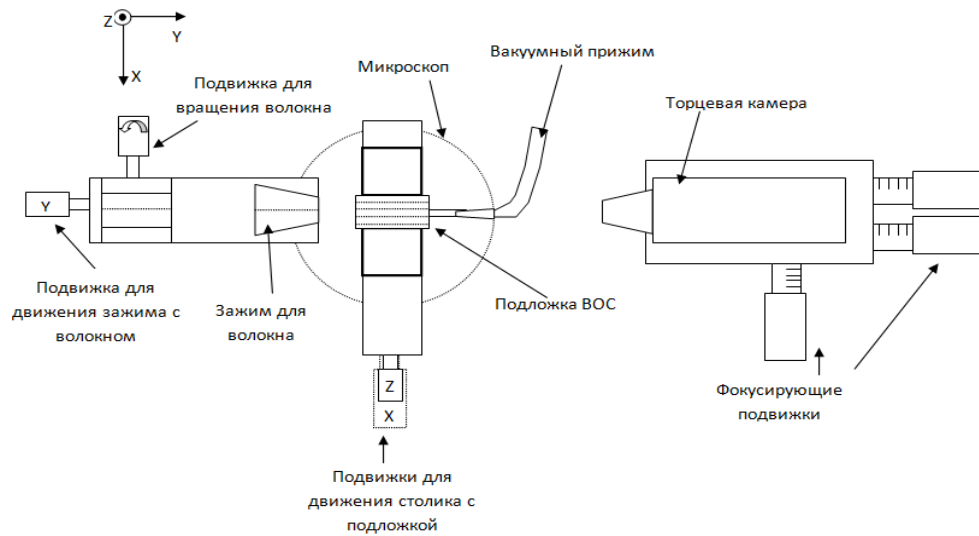
**Рис. 2.** Подложка с V-образными пазами с глубиной 97 мкм

Для осуществления процесса сборки многоканального ВОС была собрана экспериментальная установка, принципиальная схема которой изображена на рисунке 3.

Установка состоит из следующих блоков: столик, с закрепляемой подложкой; столик с зажимом для оптического волокна; подвижек, которые позволяют укладывать волокна в паза подложки; системы контроля процесса укладки, состоящей из оптического микроскопа и торцевой камеры. Данная установка позволяет позиционировать волокна с достаточно высокой точностью. Технология укладки волокон, осуществляемая на данной установке, позволяет укладывать заранее приготовленные волокна вровень с торцом подложки, что позволяет избежать стадии полировки торца ВОС по завершении вклейки волокон. Данная особенность интересна для создания многоканальных ВОС с линзованными волокнами.

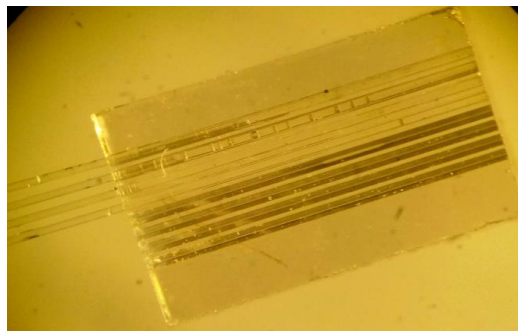
Для крепления компонентов использовался эпоксидный клей фирмы Addison ACW. Для увеличения точности позиционирования волокон

использовалась крышка, задающая третью точку касания для волокна, но на постоянной основе она не крепилась.



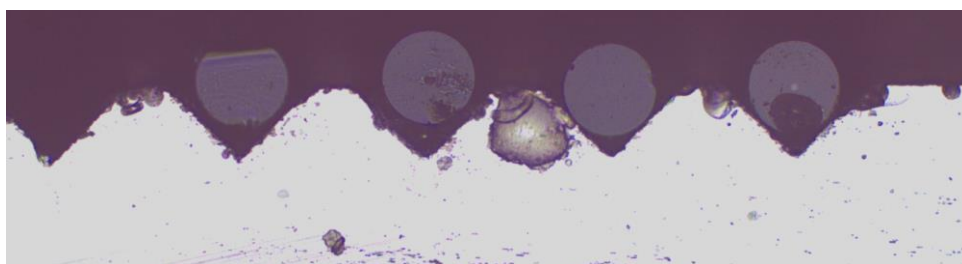
**Рис. 3.** Схема установки для сборки многоканальных ВОС

На рисунке 4 приведено изображение опытного образца, собранного на данной установке с четырьмя вклеенными в V-образные пазы оптическими волокнами.



**Рис. 4.** Опытный образец многоканального ВОС (вид сверху)

Ручное нанесение клея приводило к затеканию клея в соседние пазы, который после отверждения усложнял процесс позиционирования волокна и являлся причиной перекосов волокна в рядом расположенных пазах. Эта особенность видна на рисунке 5.



**Рис. 5.** Опытный образец многоканального ВОС (вид с торца)

Перекосы оптического волокна, наряду с загрязнением поверхности паза, неравномерным отверждением клея, захватом клеем пузырей воздуха и др. являются факторами, негативно сказывающимися на качестве сборки ВОС.

Также наблюдается проблема, связанная с несоответствием коэффициентов линейного теплового расширения материалов компонентов ВОС [3]. КЛТР клея на 2 порядка выше, чем у остальных компонентов, что может приводить к смещению сердцевины оптического волокна относительно центрального положения при эксплуатации ВОС в широком диапазоне температур. Для исследования данной проблемы была построена модель ВОС в программном пакете COMSOL Multiphysics, предназначенном для анализа процессов методов конечных элементов в различных областях физики и инженерии, включая рассмотрение связанных (мультифизических) задач. Для анализа заявленной проблемы использовался модуль «Тепловое расширение». Исследование поведения ВОС проводилось в диапазоне температур от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . В результате выявлено, что смещение сердцевины в рабочем диапазоне температур не превышает 0,2 мкм, что является допустимым и не приводит к значительным оптическим потерям.

Таким образом, в ходе работы были изготовлены опытные образцы многоканальных ВОС, выявлены технологические проблемы, подлежащие дальнейшему решению путем доработки конструкции многоканальных ВОС и изменения технологии сборки.

Работа выполнена в рамках проекта № 02.G25.31.0113 «Разработка базовой технологии и создание производства фотонных интегральных схем для приборов, систем и комплексов оптоэлектронного навигационного приборостроения», реализуемого АО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания» совместно с ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.

### Список литературы

1. *Отчет о патентных исследованиях* по конструкции и технологии сборки ФИС от 7 июля 2014 г., АО ПНППК.
2. *Патент* US 2003/0021573A1. Optical fiber array / Matsumoto A, Fukuyama M. Патентообладатель Ngk Insulators, Ltd. Оpubл. 30.01.2003.
3. *Uddin M. A., Ali M. Y. Materials and fabrication issues of fiber array // e-journal Reviews on advanced material science. 2009. №21. P. 155-164.*