

УДК 681.327 : 681.7

А. А. Вербовецкий, И. А. Шилов

(Москва)

АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ МНОГОКОНТАКТНЫХ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ РАЗЪЕМОВ

Предложены варианты создания многоконтактных волоконно-оптических разъемов (МВОР) на базе пластин из монокристаллического кремния с V-образными канавками и рассмотрены их конструктивные и технологические особенности. Проведена оценка числа стыкуемых волокон. Предполагается, что такие разъемы могут осуществлять многократные операции стыковки/расстыковок при большом количестве ($\sim 10^4$) волокон. Приведена возможная конструкция блока МВОР, обеспечивающая стыковку группы МВОР без дополнительных манипуляций по юстировке и закреплению каждого разъема в отдельности.

Введение. Развитие волоконно-оптических систем передачи (ВОСП) привело к необходимости создания многоконтактных волоконно-оптических разъемов (МВОР) для соединения многоволоконных оптических кабелей между собой и подключения их к аппаратуре. Вопросам создания МВОР посвящен ряд работ [1—4]. Однако большинство из предложенных оптических разъемов из-за своих конструктивных и технологических особенностей могут быть реализованы только для соединения небольшого количества волокон ($\sim 2 + 10$) и не обеспечивают многократности стыковок/расстыковок.

В данной работе предлагаются варианты выполнения МВОР и рассматриваются их конструктивные и технологические особенности, позволяющие осуществлять многократные стыковки/расстыковки большого количества волокон ($\sim 10^3$ — 10^4). Такие разъемы могут использоваться в системах волоконно-оптических связей вычислительных устройств, в сетях волоконно-оптических коммуникаций [5, 6] и в интегрально-оптических устройствах.

Многоконтактный волоконно-оптический разъем с направляющими штифтами. Конструкция такого разъема показана на рис. 1 (*a* — общий вид оптического разъема, *b* — сечение стопы несущих пластин). Разъем состоит из корпусов 1, 2 с направляющими пластинами 3, пазами 4 и защелками 5, 6, внутри которых размещены стопы несущих пластин 7 с направляющими штифтами 8. Стопы несущих пластин отделены от корпусов эластичными прокладками. Оптический разъем стыкуется с ленточными оптическими кабелями 9, 10 с помощью световодов 11, а несущие пластины 7 центрируются относительно друг друга с помощью фиксирующих валиков 12 [7]. В данном разьеме в качестве несущих пластин используются пластины монокристаллического кремния, на обеих поверхностях которых имеются V-образные канавки. Эти канавки могут быть получены химическим травлением пластины интегральным (групповым) способом за один литографический технологический процесс, что обеспечивает их высокую точность, воспроизводимость и компактность расположения. Направляющие штифты, световоды и фиксирующие валики вклеиваются в V-образные канавки на несущих пластинах и образуют единый монолит-стопу несущих пластин. Причем V-образные канавки под световоды состоят из двух участков, имеющих разную

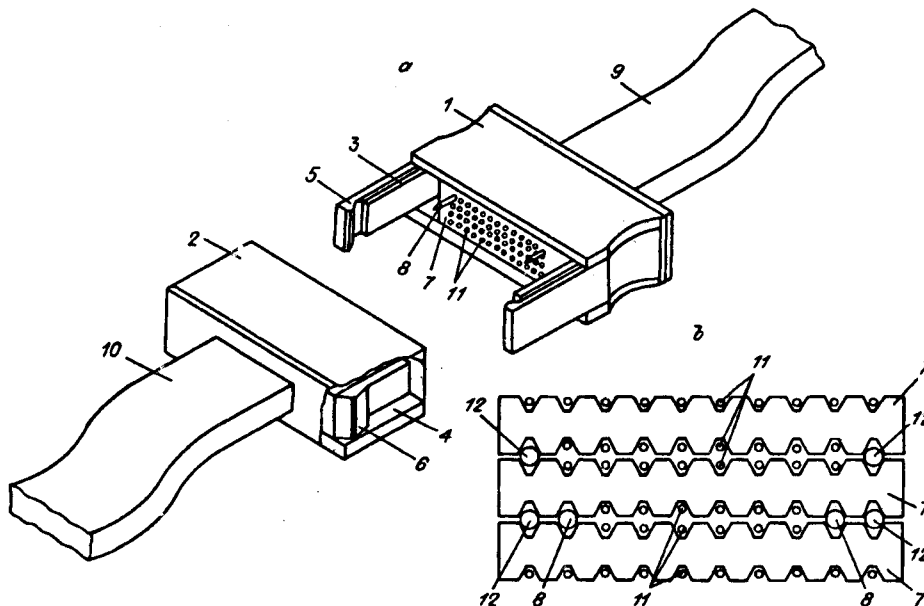


Рис. 1

глубину соответственно для световодов без внешней защитной оболочки (со стыковочной стороны) и с ней.

При стыковке соединителей направляющие пластины 3 корпуса 1 входят в пазы 4 корпуса 2, за счет чего осуществляется предварительная ориентация соединителей, а следовательно, и их стоп несущих пластин 7 со световодами. Окончательная и более точная ориентация и фиксация стоп несущих пластин производится при вхождении направляющих штифтов 8 в соответствующие направляющие канавки. При этом стопы несущих пластин «плавают», т. е. самоустраиваются в эластичных прокладках, которые обеспечивают не только точное и надежное соединение стоп, но и предохранение стоп от влияния внешних воздействий на корпус разъема. Окончательное положение соединителей фиксируется защелками 5 и 6.

Разъем ориентирован главным образом на ленточные оптические кабели, как многомодовые, так и одномодовые. Оценим количество волокон обоих типов, которое можно состыковать разъемом.

Общее число стыкуемых волокон $K = 2n \times m$, где n — число волокон, располагаемых на одной поверхности несущей пластины, а m — число несущих пластин в стопе. Максимальный размер несущих пластин определяется технологическим оборудованием, используемым для получения V-образных канавок, и может достигать 100×100 мм [8]. При использовании как стандартных многомодовых волокон 50/125/250 мкм, так и одномодовых волокон 7/125/250 мкм и при оптимальном шаге их расположения в 0,3 мм $n \leq 300$.

Допустимое количество m несущих пластин в стопе определяется допустимыми потерями при стыковке волокон, что, в свою очередь, зависит от точности изготовления пластин, V-образных канавок, штифтов и фиксаторов. Точность изготовления канавок может составлять 0,2 мкм [8], а точность изготовления пластин, фиксирующих валиков и штифтов — по качеству 0,1—0,3 мкм.

Поэтому, если в разьеме допустимы потери до 3 дБ, то смещение сердцевин волокон может составлять до $1/3$ диаметра, т. е. для 50 мкм волокна — 17 мкм, а для 7 мкм — 2 мкм, и тогда число m пластин в стопе $m_1 \leq 21$ и $m_2 \leq 2$. Отсюда общее число стыкуемых многомодовых волокон $K_1 \leq 12600$, а одномодовых — $K_2 \leq 1200$.

Можно существенно увеличить количество стыкуемых волокон при одновременном увеличении точности и надежности стыковки, если соединить несколько стоп 7 несущих пластин в единый блок с помощью эластичных прокладок, обеспечивающих отдельную самоюстировку положений отдельных стоп 7 блока во время стыковки соединителей. Так как каждая стопа имеет свои направляющие штифты 8, то при стыковке таких разъемов окончательная и более точная ориентация и фиксация каждой стопы 7 производится при вхождении ее направляющих штифтов 8 одного соединителя в соответствующие направляющие канавки второго соединителя за счет деформации эластичных прокладок, расположенных между стопами.

Кроме того, световоды на несущей пластине можно разместить так, что участок каждого световода без защитной оболочки располагается в отдельной V-образной канавке, а участки световодов с защитной оболочкой — вплотную в одном общем или нескольких углублениях. Такое расположение особенно удобно при использовании ленточного оптического кабеля. В этом случае достигается максимальная плотность размещения волокон на пластине.

Следует отметить, что в МВОР с направляющими штифтами для обеспечения высокой точности и надежности стыковки необходимо, чтобы штифты фиксировались в направляющих отверстиях без зазора. С другой стороны, для беспрепятственного введения штифтов в отверстия зазор необходим. Для того чтобы удовлетворить этим требованиям, направляющий штифт в вышеописанных МВОР выполнен из стержня 1, который придает штифту необходимую жесткость и задает его основные размеры. На закрепляемой части стержня имеются проточки 2 и эластичное покрытие 3, а также продольные пазы 4 с эластичными вставками 5 на стыковочной стороне. Кроме того, направляющий штифт имеет конусный конец 6 (рис. 2). При вводе стыковочной части штифта 1 в направляющее отверстие предварительный поиск, захват и ориентация стыковочных узлов осуществляются конусным концом 6 штифта 1. При дальнейшем вводе штифта 1 в направляющее отверстие штифты и соответственно стопы ориентируются за счет деформации эластичного покрытия 3 и упругой деформации стыковочной части штифта 1, создаваемой продольным пазом 4 (эта часть штифта 1 может быть выполнена из пружинящего металла) и эластичными вставками 5. При этом производится автоматическая выборка зазора между штифтом и направляющим отверстием, что обеспечивает надежную повторяемость технических параметров.

Предлагаемые МВОР мало критичны к воздействию температуры в диапазоне $-30 + 70^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 90 % при температуре $\sim 60^{\circ}\text{C}$, а изменение потерь связи (стыковки) при этом несущественно [9].

Блок многоконтактных волоконно-оптических разъемов. Изложенные выше принципы построения МВОР позволяют объединить группу разъемов в единую конструкцию и создать блок МВОР (БМВОР), обеспечивающий одновременную стыковку всей группы разъемов без дополнительных манипуляций по юстировке и закреплению каждого из них.

Конструкция такого БМВОР может состоять из двух блоков соединителей. Каждый соединитель блока выполнен из корпуса с ячейками, в которых расположены соединители отдельных МВОР, отделенные от корпуса блока эластичными прокладками. Корпуса блоков имеют соответствующие направляющие элементы. Корпус соединителя блока вложен в кожух, от которого отделен эластичными прокладками.

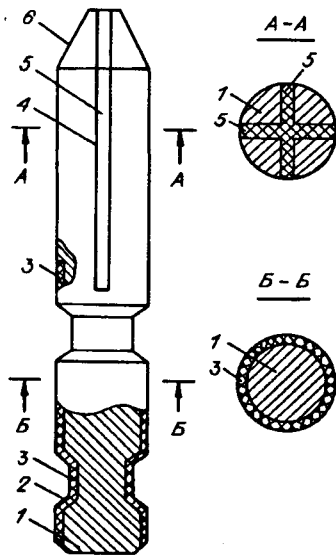


Рис. 2

Предположим, что кожух одного блока соединителей жестко закреплен на корпусе оптоэлектронного прибора, а другого — на плате прибора. При установке платы в корпус прибора сначала соединяются направляющие элементы корпусов МВОР. При этом корпуса «плавают» в эластичных прокладках внутри кожухов, что обеспечивает их взаимную ориентацию для беспрепятственного и плавного вхождения направляющих элементов. По мере их продвижения соединяются направляющие элементы отдельных разъемов и осуществляется их независимая «самоюстировка» и ориентация относительно друг друга.

Таким образом, данный блок многоконтактных волоконно-оптических разъемов обеспечивает одновременную стыковку большого количества МВОР без дополнительных манипуляций по юстировке и закреплению отдельных разъемов и может быть использован в тех случаях, когда ручная отдельная стыковка каждого МВОР нежелательна или невозможна.

Многоконтактный волоконно-оптический разъем с направляющей пластиной. В отличие от вышеописанного МВОР в данном разьеме для окончательной ориентации и фиксации стоп несущих пластин используется направляющая пластина с выступами по краям [10].

На рис. 3, *a* представлено расположение несущих и направляющей пластин в стопе, а на рис. 3, *b* изображены стопы обоих соединителей в расстыкованном состоянии. Пазы 4, выступы 5 и V-образные канавки под световоды 3 выполняются на одной и той же несущей пластине 1 из монокристаллического кремния интегральным способом за единый литографический процесс, что обеспечивает их высокую точность, воспроизводимость и компактность. Несущие пластины 1 с вклеенными световодами 3 центрируются и склеиваются соответствующими пазами 4 и выступами 5 в единый монолит-стоп несущих пластин [10]. При вхождении корпуса одного соединителя в другой стоп 7 (см. рис. 3, *b*) перемещается таким образом, что не касается выступов направляющей пластины, а затем прижимается к направляющей пластине 2. При этом так как стопа 7 укреплена на эластичной прокладке, то за счет наличия боковых зазоров между корпусом и стопой 7 она самоюстируется относительно направляющей пластины таким образом, чтобы выступы 6 направляющей пластины 2 вошли в пазы 4 верхней несущей пластины стопы 7. Таким образом производится окончательная точная ориентация и фиксация стоп несущих пластин 1 и 7.

Следует отметить, что так же, как и в МВОР с направляющими штифтами, стопы несущих пластин «плавают» в эластичных прокладках, установленных в корпусах разъема, что увеличивает не только надежность и точность соединения, но и развязку стоп от внешних воздействий на корпус разъема. За счет того, что V-образные канавки под волокно, направляющие пазы и выступы на одной и той же несущей пластине, а также выступы на направляющей пластине выполняются интегральным способом за единый литографический технологический процесс, обеспечивается их высокая точность изготовления. Кроме того, так как направляющие пазы верхней несущей пластины стопы 1 находятся постоянно в контакте с выступами направляющей пластины 2, а направляющие пазы верхней несущей пластины стопы 7 соединяются с выступами направляющей пластины при сочленении половинок разъема, то может быть обеспечена высокая точность соединения половинок разъема.

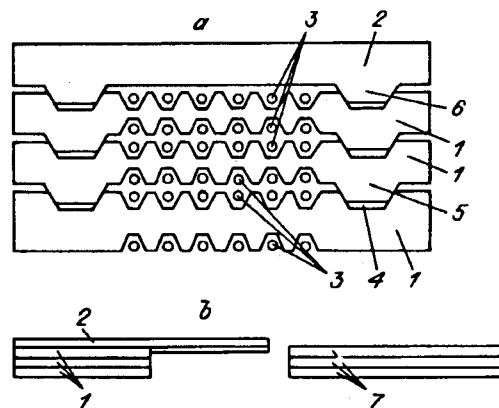


Рис. 3

Заключение. Рассмотрены варианты выполнения многоконтактных волоконно-оптических разъемов с направляющими штифтами и направляющей пластиной и их конструктивные и технологические особенности. Проведенная оценка числа стыкуемых волокон таких МВОР показывает, что эти разъемы допускают многократные операции стыковки/расстыковки при большом количестве волокон. Рассмотрена конструкция блока многоконтактных волоконно-оптических разъемов, позволяющая осуществлять стыковку группы МВОР без дополнительных манипуляций по юстировке и закреплению отдельных разъемов.

В зависимости от назначения, технических требований к МВОР для ВОСП, а также имеющейся технологической базы для их реализации может быть выбрана наиболее подходящая конструкция МВОР из предложенных в данной работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутусов М. М., Галкин С. Л., Оробинский С. П., Пал Б. П. Волоконная оптика и приборостроение. — Л.: Машиностроение, 1987.
2. Satake Toshiaki, Kashima Norio, Ohi Masaguki. Very small single-mode ten-fiber connector // J. Lightwave Techn. — 1988. — 6, N 2. — P. 269.
3. А. с. 1425570 СССР. Многоканальный комбинированный оптический разъемный соединитель / Ю. А. Обод, Е. Г. Петрова. — Оpubл. 23.09.88, Бюл. № 35.
4. А. с. 1425569 СССР. Многоканальный разъемный световодный соединитель / Г. Д. Басиладзе, О. П. Глушко, А. Ф. Лагутин, А. А. Шаров. — Там же.
5. Вербовецкий А. А., Шилов И. А. Схемотехнические вопросы построения волоконно-оптических систем межпроцессорной связи и коммутации для суперЭВМ // Автотметрия. — 1992. — № 2.
6. Хламтак И., Франта У. Р. Высокоскоростные сети: обоснование, направление развития, проблемы // ТИИЭР. — 1990. — 78, № 1.
7. Пат. 1815618 Россия. Оптический разъем / А. А. Вербовецкий, И. А. Шилов, В. И. Черепанов. — Оpubл. 14.05.93, Бюл. № 18.
8. Мартынов В. В., Базарова Т. Е. Литографические процессы. — М.: Высш. шк., 1990. — Кн. 8.
9. Pat. 4830456 US. Optical connector and process for producing the same / Toshiaki Kakii, Kazuhito Saito, Shuzo Suzuki. — Publ. 16.05.89.
10. Пат. 1820353 Россия. Оптический разъем / А. А. Вербовецкий, И. А. Шилов, В. И. Черепанов и др. — Оpubл. 07.06.93, Бюл. № 21.

Поступила в редакцию 24 декабря 1992 г.