

К. т. н. Д. В. ИОРГАЧЕВ, к. т. н. О. В. БОНДАРЕНКО,
Л. Л. МУРАДЬЯН

Украина, г. Одесса, ОАО «Одескабель»
E-mail: nio1@odescable.com.ua

Дата поступления в редакцию

08.11 2000 г.

Оппонент О. П. БАСЮК

ВНУТРИОБЪЕКТОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ

Приведен обзор основных конструкций производимых кабелей внутренней прокладки. Рассмотрены их элементы, материалы, характеристики.

Большинство обзоров литературных источников не рассматривают конструкции внутриобъектовых оптических кабелей. В данной работе сделана попытка восполнить этот пробел.

Межэтажная и поэтажная разводка внутри зданий осуществляется внутриобъектовым оптическим кабелем (indoor cables), отличающимся от кабеля внешней прокладки повышенной гибкостью и улучшенными массогабаритными показателями (за счет использования в конструкции облегченных упрочняющих покрытий), а также отсутствием элементов защиты от влаги. Световоды в кабелях этого класса снабжаются буферным покрытием 0,9 мм, которое позволяет осуществлять непосредственную установку коннекторов. Некоторое увеличение затухания, вызываемое применением оболочки tight buffer, не имеет принципиального значения из-за небольшой длины кабельных трасс в пределах зданий.

Максимальное число волокон серийных внутриобъектовых кабелей, как правило, не превышает 12. В случае необходимости создания внутриобъектовых кабелей с большим числом волокон применяют конструкцию, аналогичную кабелям внешней прокладки: вокруг центрального силового элемента укладывают несколько (в большинстве случаев шесть, реже — двенадцать) обычных кабелей и полученный сердечник закрывают сверху общей защитной оболочкой. Для получения в рассматриваемой структуре более мелкого дискрета по числу волокон некоторые из таких модулей могут заменяться упрочняющими прутками. Кабели такой конструкции обычно изготавливаются на заказ.

Основными элементами конструкции любого кабеля внутренней прокладки являются:

- оптическое волокно (ОВ) в первичном защитном покрытии;
- вторичное плотное или полуплотное полимерное защитное покрытие (tight buffer или semi-tight buffer), внутри которого располагается оптическое волокно;
- силовой элемент: центральный (стеклопластиковый стержень или пучок высокопрочных арамидных нитей типа "кевлар" или "тварон") или внешний —

один или несколько повивов высокопрочных арамидных нитей;

- защитные покровы.

Значительное влияние на характеристики ОВ оказывает конструкция защитного полимерного покрытия. Плотное защитное покрытие представляет собой трубку из полимерного материала, которая плотно прилегает к волокну. Такая конструкция более устойчива к ударам и воздействию раздавливающих нагрузок без повреждения оптического волокна [1, с. 100]. Положительным ее свойством является также высокая гибкость, возможность изгиба с небольшим радиусом. Конструкция с плотным буфером не предохраняет волокно от напряжений при изменении температуры, однако в помещениях колебания температуры минимальны. Наиболее употребительна конструкция плотного буфера диаметром 0,9 мм.

Полуплотное защитное покрытие разработано на основе комбинации основных принципов построения ОВ в полый оболочке и ОВ в плотном защитном покрытии. Пространство между покрытием ОВ и твердой защитной оболочкой уменьшено настолько, что световод располагается в скользящем слое с радиальным зазором от 50 до 100 мкм. ОВ в полуплотном защитном покрытии имеет наружный размер 0,9 мм, что значительно экономичнее по сравнению с полый оболочкой, имеющей диаметр от 1,4 до 3,5 мм. Характеристики растяжения ОВ в полуплотном защитном покрытии и ОВ в плотном защитном покрытии одинаковы [2, с. 104].

Силовые элементы кабеля предохраняют оптическое волокно от нежелательных механических нагрузок. Превышение нормальных нагрузок на кабель приводит к растяжению ОВ. Механические напряжения могут вызывать потери на микроизгибах, что приводит к увеличению затухания и эффектам усталости. Запас по растяжению кабелей до момента обрыва волокна невелик, поэтому силовые элементы должны обладать низкой степенью растяжения при ожидаемых растягивающих нагрузках. Во время и после инсталляции силовые элементы выдерживают усилия натяжения, приложенные к кабелю, и предохраняют волокно от разрушения.

Наружные защитные покрытия защищают кабель от атмосферных явлений, воздействия озона, кислот, растворителей, химических веществ и т. п. Выбор защитного покрытия определяется степенью устойчивости к воздействиям и стоимостью. Иногда ис-

пользуют несколько слоев оболочки. Защитные покрытия изготавливаются преимущественно из полимерных материалов — полиэтилена, ПВХ, фторопласта.

К кабелям внутренней прокладки предъявляются комплексные требования по пожаробезопасности, включающие не только нераспространение пламени, но и пониженное выделение дыма, токсичных и коррозионноактивных продуктов горения. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют конструкции кабелей с защитным покрытием из термопластичных или сшитых безгалогенных электроизоляционных материалов. При пожаре эти материалы не выделяют дыма и ядовитых веществ.

В типичном случае безгалогенный полимерный электроизоляционный материал представляет собой полимерную основу, наполненную мелкодисперсным гидратом алюминия или магния, и содержащую некоторые функциональные добавки. При воздействии пламени на такую композицию протекает эндотермическая реакция разложения гидратов с выделением воды. Пары выделившейся воды разбавляют горючие газы, образующиеся при термическом разложении полимерной основы и экранирует поверхность полимера от воздействия кислорода.

Наряду с использованием безгалогенных материалов в качестве защитных покрытий используются поливинилхлоридные (ПВХ) пластикаты с пониженной горючестью и пожароопасностью. Композиции таких ПВХ-пластикатов содержат в своем составе комплекс антипиренов, дымопоглотителей и поглотителей хлористого водорода — токсичного и коррозионно активного газа.

В некоторых конструкциях кабелей в качестве материала для защитных покрытий применяют полиуретан. Этот материал обладает отличной стойкостью к воздействию озона, кислорода, нефтепродуктов и химических веществ. Некоторые виды полиуретана являются огнестойкими. Полиуретан — достаточно жесткий трудноизнашиваемый материал. Он отлично сохраняет геометрическую форму, что делает его в некоторых случаях идеальным защитным покрытием для кабеля.

Существуют три основных типа волоконно-оптических кабелей внутренней прокладки:

- пэтч-кордовый кабель (patch-cord) с одним или двумя оптическими волокнами;
- многоволоконный распределительный (distribution) кабель для монтажа внутри зданий;
- композитивный многоволоконный (breakout или fan-out).

Пэтч-кордовый кабель или *миникабель* имеет три основных типа конструкции — одноволоконную (simplex), двухволоконную без оболочки (zip-cord) и двухволоконную в оболочке (duplex) (см. **рис. 1**).

Основным назначением миникабелей является:

- изготовление соединительных шнуров;
- создание кабельной разводки в технических помещениях локальных сетей;
- формирование горизонтальных магистралей в структурированных кабельных системах с прокладкой в декоративных коробах до рабочего места.

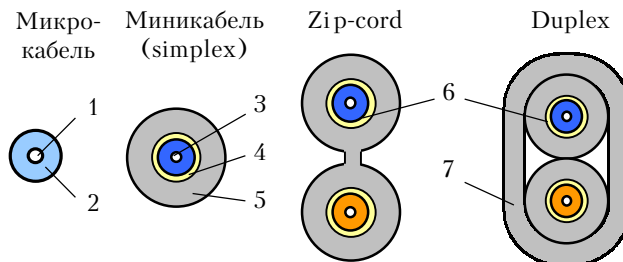


Рис. 1. Конструкция одно- и двухволоконного пэтч-кордового оптического кабеля:

- 1 — ОВ; 2 — плотное защитное покрытие; 3 — микрокабель; 4 — арамидные нити; 5 — защитная оболочка; 6 — мини-кабель; 7 — общий защитный шланг

Наружный диаметр одноволоконных миникабелей составляет от 2,4 до 3,0 мм, однако в последнее время появились конструкции с наружным диаметром 1,6 мм [3].

Для изготовления монтажных шнуров — пигтейлов (pig-tail), присоединяемых к магистральным кабелям в процессе сборки оконечных разделочных устройств, используется одинарное волокно в буферном покрытии диаметром 900 мкм. Такую конструкцию иногда называют *микрокабелем*.

Многоволоконный или распределительный кабель содержит более двух волокон и построен на основе обычной буферной конструкции (микрокабеля) 900 мкм. Микрокабели могут быть скручены между собой или вокруг центрального силового элемента (скрутка обеспечивает безопасную деформацию кабеля при изгибе). Поверх скрученных микрокабелей накладывается слой арамидных нитей и защитное покрытие (**рис. 2**).

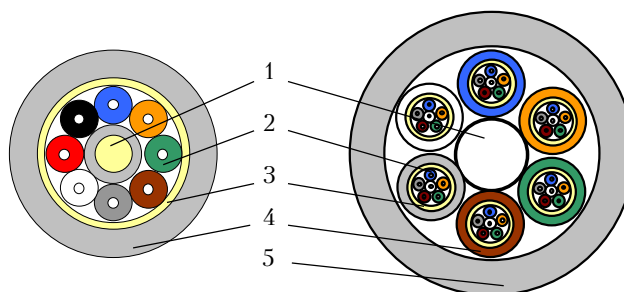


Рис. 2. Конструкция распределительного кабеля:

- 1 — центральный элемент; 2 — микрокабель; 3 — арамидные нити; 4 — защитный шланг; 5 — общий защитный шланг

Некоторые конструкции такого типа кабелей предусматривают скрутку микрокабелей (с количеством волокон от 16 до 72) в несколько жгутов с числом жгутов от 4 до 12, каждый из которых обматывается арамидными нитями и заключается в оболочку (sub-unit) [4]. Несколько таких жгутов объединяются в один или несколько повивов и покрываются одним общим шлангом.

Световоды каждого жгута различаются цветом оболочки, что позволяет легко находить нужный и избегать ошибок при соединении.

Распределительные кабели позволяют устанавливать коннекторы непосредственно на волокна с плотным буфером. При этом соответственно выбираются тип коннектора и его размеры.

Термин *композиционный* кабель или кабель для оконечной разводки (breakout) определяет основное назначение этого многоволоконного кабеля (**рис. 3**).

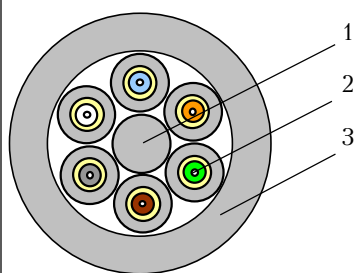


Рис. 3. Конструкция композиционного кабеля: 1 — центральный элемент; 2 — микрокабель; 3 — наружный защитный шланг

Так как каждое отдельное его волокно в буферном покрытии обмотано арамидными нитями и заключено в защитную оболочку, т. е. представляет собой отдельный кабель, то его концы могут прокладываться самостоятельно и присоединяться непосредственно к тому оборудованию, для которого предназначается передаваемый сигнал, без использования панелей соединения. В этих кабелях применяется цветовая маркировка волокон в буферном покрытии для облегчения поиска требуемого ОВ.

Из-за необходимости использования более мощных защитных покрытий и арамидных нитей эти кабели, как правило, тяжелее и имеют большие размеры, чем распределительные кабели с тем же количеством оптических волокон. Они полностью соответствуют требованиям пожаробезопасности и могут использоваться как в помещениях, так и для внешней прокладки в защищенных каналах.

В зависимости от условий прокладки все вышеперечисленные кабели можно разделить на кабели скрытой проводки (plenum), используемые при организации горизонтальных участков структурированных кабельных систем, и кабели вертикальной прокладки или кабели снижения (riser) — для вертикальных магистралей.

Так как при сильном нагреве кабеля или при его горении могут выделяться ядовитые вещества, такой кабель должен прокладываться в пожаробезопасном кабелепроводе или должен быть обмотан негорючим или недымящим материалом. Поэтому выделяют особый тип кабелей — кабели скрытой проводки, оболочка которых выполняется из негорючего или малогорючего пластика. При наличии особо жестких требований используют кабели с защитным покрытием типа LSFOH (low smoke and fume and zero halogen — низкая способность к горению и дымогазообразованию), при термическом разложении которого не выделяются ядовитые вещества.

Кабели скрытой проводки прокладываются в пространствах между стенами, под фальшполом и над фальшпотолком. Здесь размещают кабели питания, телефонные кабели и кабели для передачи данных. Однако при пожаре именно через эти пространства огонь распространяется по зданию. Поэтому существуют нормы, согласно которым кабельные прогоны должны быть либо заключены в огнеупорные короба, либо выполнены с негорючими и недымящими защитными покрытиями.

Кабели скрытой проводки обязательно проходят тест UL 910 Steiner Tunnel Test. При проведении данного испытания кабель помещают в горизонтальный кабельный желоб открытого типа, поджигают, затем направляют на образец поток воздуха. При этом фиксируется скорость распространения огня и плотность дыма. Кабели, выдержавшие испытание, получают степень OFNP (optical fiber nonconductive plenum).

Кабели вертикальной прокладки или кабели снижения — кабели, которые прокладываются между этажами здания.

Они не должны служить каналом распространения огня по зданию. Для них существует тест UL 1666 Flame Test. При испытании определяется способность вертикально проложенных кабелей препятствовать распространению огня. Распространение огня вдоль кабеля не должно превышать 3,7 м. Кабели, выдержавшие испытание, получают степень OFNR (optical fiber nonconductive riser). Если требуемые условия не выполняются, то кабели необходимо закрывать негорючими коробами.

Рабочая температура внутриобъектовых кабелей лежит в диапазоне от -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Некоторые конструкции кабелей могут нормально функционировать в температурном диапазоне от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Такие конструкции можно применить для внешней прокладки на линиях небольшой протяженности при условии обеспечения защиты от попадания влаги (обычно в защитных трубах).

Подавляющее большинство внутриобъектовых кабелей имеют многомодовые световоды. Одномодовые внутриобъектовые кабели применяют в ограниченном объеме — главным образом, для соединения входного коммутационного распределительного устройства кабеля внешней подсистемы с полкой или муфтой административной точки. Конструктивно такие кабели не отличаются от многомодовых и выпускаются, например, фирмой Lucent Technologies.

Для расширения функциональных возможностей кабельной продукции некоторые фирмы производят комбинированные кабели внутриобъектовой прокладки. В конструкциях таких кабелей предусматриваются две или три скрепленных друг с другом внешних оболочки. В первой укладываются два или четыре световода, две другие содержат 4-парный элемент витой пары категории 5 (**рис. 4**).

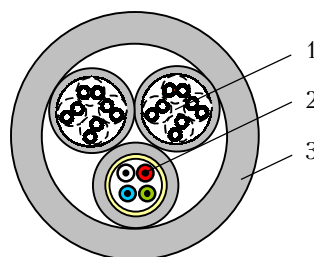


Рис. 4. Конструкция комбинированного кабеля: 1 — кабель для локальных сетей; 2 — оптический кабель; 3 — общая оболочка

В данной работе рассмотрены конструкции кабелей для внутренней прокладки, выпускаемые кабельными компаниями “Optical Cable Corporation”, “Corning”, “Ericsson”, “Superior cable”, “Lucent Technologies”, “Brugg Telecom”, “Alkatel”, “Электропровод”, “Оптэл”. В **таблице**, составленной на осно-

| Фирма-производитель | Optical Cable Corporation | | | | Coring | | | | Bicsson | | | | Superiorable | | | | |
|--|--|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------|---------|--------------|-------------|-------------------------------|-----------|--------------------|------------------------|--|------------|------------------|-------------------------|----------------------|
| Конструкция кабеля | Simplex | Zipcord | Distribution | Breakout | Simplex | Duplex | Distribution | Breakout | Simplex | Zipcord | Distribution | Breakout | ST series Simplex | Zip series | DT series Duplex | MT series Distribution | SD series Breakout |
| Коньство СВ | 1 | 2 | 2-156 | 2-72 | 1 | 2 | 4-16 | 4-12 | 1 | 2 | 6, 8, 12 | 8, 12, 24 | 1 | 2 | 2 | 4-72 | 4-12 |
| Тип СВ | OCB, MCB(50/125), MCB(62,5/125) | | | | OCB, MCB(50/125), MCB(62,5/125) | | | | MCB(50 мм) | | | | OCB, MCB(50/125), MCB(62,5/125) | | | | |
| Структура СВ | Полновязка | | | | Полновязка/полновязка | | | | Полновязка | | | | Полновязка | | | | |
| Диаметр кабеля, мм | 09 | | | | 09, 1,1 | | | | 09 | | | | 09 | | | | |
| Материал защитного покрытия | ПВХ, LSCH фторполимер | | ПВХ, LSCH Coe-Lodol | LSCH Coe-Lodol | ПВХ, LSCH | | | | Безгалогенный полиолефин | | | | ПВХ, ПМ, LSCH | ПВХ, LSCH | | ПВХ, LSCH, ПМ, ПД | |
| Диаметр миникабеля, мм | 1,6-3,0 | 1,6-3,0 | — | 2,0-2,5 | 2,4-3,0 | 2,4 | — | 2,4 | 2,0 | 2,0 | — | 2,0 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | — | 1,92-5,28 |
| Диаметр кабеля, мм | 1,6-3 | 1,6-3,5-3,6 | 4-20 | 6-27,5 | 2,4-3,0 | 3,5-6,0 | 5-9 | 8,0-14,5 | 2,0 | 2,0-4,5 | 5,5-7,5 | 10-15 | 2,8 | 2,8-5,6 | 3,5-6 | 5-21 | 10-18 |
| Тип оптоволокна | АН | | | | АН | | АН/СП | | АН | | АН/СП | | АН | | | АН/СП/П | |
| Масса кабеля, кг/км | 27-9 | 14-18 | 21-286 | 34-612 | 6 | 20 | 30-65 | 55-180 | 4 | 8 | 25-46 | 100-190 | 8 | 16 | 20 | 35-30 | 85-275 |
| Коэффициент затухания, не более, дБ/км на длине волны, нм 1310/1550 850/1300(50/125) 850/1300(62,5/125) | 1,0/0,5 3,0/1,0 3,0/1,0 | | | | 0,36/0,25 2,8/1,0 3,2/1,0 | | | | нд | | | | 0,45/0,35 3,0/1,0 3,2/1,2 | | | | |
| Коэффициент хроматической дисперсии, не более, пс/нмкм на длине волны 1310/1550 нм | нд | | | | 3,5/1,9 | | | | нд | | | | 3,5/1,9 | | | | |
| Коэф. пропускной способности, не менее, МГц/нм на длине волны, нм 850/1300(50/125) 850/1300(62,5/125) | 400/400 200/400 | | | | 400/600 160/500 | | | | нд | | | | 400/600 160/500 | | | | |
| Чистая пропускная способность МВ 50/125 62,5/125 | нд | | | | 0,20±0,02 0,275±0,015 | | | | нд | | | | 0,20±0,02 0,275±0,015 | | | | |
| Диапазон температур, °С установки (isopr/plan) работы (isopr/plan) хранения (isopr/plan) | (-40 +85 / -20 +85) (-55 +85 / -40 +85) — | | | | -5 +50 -5 +50 -25 +70 | | | | -15 +50 -20 +70 -40 +70 | | | | — -10 +50 -40 +70 | | | — -10 +50 -20 +70 | |
| Распределение нагрузки: кратковременная, Н длительная, Н | 355-500 130-300 | 450-1000 167-500 | 1200-6600 400-2200 | 800-36000 200-11000 | 200 — | | 400 — | | 300 50 | 300 50 | 300-800 200-500 | 2000-2500 1500-2000 | 250 100 | 400 150 | 500 200 | 1000-1300 350-450 | 1000-2000 350-650 |
| Разрывная нагрузка, Ном | 500-750 | | 1500-1800 | 2100-2200 | нд | нд | нд | 200 | 300 | 300 | 2000 | 3000, 1000 | 1700 | 1000 | 1700 | 2000 | 3000 |
| Ударная нагрузка, Нм Конический изгиб | — 200-1000 | | — 1000-1500 | | нд | нд | нд | 20 50 | нд | | | | 0,5 — | 0,5 — | 0,5 — | 1,5-15 — | 3-15 — |
| Изгиб (радиус, мм): кратковременный (под нагрузкой) длительный (без нагрузки) | 25-30 38-50 | | 100, 150 150 | | — 30 | — 90 | — 100 | — 90-150 | 20 30 | 20 35 | 30-60 30-60 | 100-150 125-200 | 200 100 | 200 100 | 120 60 | 200 100 | 200 100 |
| Циклический изгиб радиус, мм количество циклов (isopr/plan) | — (750/2000-5000) | | — 2000-1000 | | нд | | | | нд | | | | нд | | | | |
| Экстремальный изгиб радиус, мм количество циклов (isopr/plan) | нд | | | | 60 | нд | 200 | нд | нд | | | | — 300 | — 300 | — 300 | — 100 | — 100 |
| Оптический СНР СНР | NEC70-51(b), NEC70-53(b) NEC70-51(a), NEC70-53(a) | | | | нд | | | | IEC332-3 | | | | IEC60832-1, IEC60832-3, IEC60754-2, IEC60811 | | | | |
| Дымозащитное покрытие | нд | | | | нд | | | | нд | | | | нд | | | | |

| Формализованная | Latest Technologies | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | Cordage | | | | Description | | | | Building | | | | MiniCond | | | |
| | Single-fiber jumper | Two-fiber jumper | | ACCOMX | | Acornfiber | | ACCOMX | | Acornfiber | | Single fiber | | MiniCond | | |
| riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | riser | |
| Кабельная пара | 1 | 2 | 2 | 1-12 | 1-12 | 18-72 | 12-216 | 1 | 2 | 4 | 6-36 | | | | | |
| Тип СВ | СОВ с дуплексной структурой, МОВ (62.5/125) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Скорость СВ | Полная скорость | | | | | | | | | | | | | | | |
| Давление в кабеле, мм | 09 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная температура | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | ПВХ | |
| Давление в кабеле, мм | 2,4-3,0 | 3,0 | 2,4-3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | |
| Давление в кабеле, мм | 2,4-3,0 | 3,0 | 3x5,1 | 3,0-6,6 | 3-6,4 | 3-5,7 | 3-6,1 | 15,8-18,5 | н/д | 1,6 | 1,6-3,5 | 5,3 | 6,1-20,3 | | | |
| Тип оптоволоконной линии | АН | | | | | | | | | | | | | | | |
| Максимальная температура | 5,6-7,5 | 9,3 | 18,3-19,5 | 19,5 | 19,5 | 75-37,5 | 9,3-30,5 | 8,4-35,8 | 175-249 | 222-319 | 143 | 2-4,6 | 7,0 | 21,7 | 28,7-27,0 | |
| Коэффициент затухания, не более, дБ/км на длине волны, нм | 0,400±0,30 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 850/1300(30/125) | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| 850/1300(62,5/125) | 3,4/1,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент хроматической дисперсии, не более, пс/нм на длине волны,1310/1550 нм | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| Коэффициент потерь в оптоволоконной линии, МВт/м (30/125) | 20±3,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 850/1300(62,5/125) | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| Число витков в кабеле | 0,275±0,0015 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 62,5/125 | - | | | | | | | | | | | | | | | |
| Диапазон температур °С, не включая (исключая) SCH | -40 +85 | -20 +70 | -40 +85 | -20 +70 | 0 +50 | -40 +85 | -40 +85 | 0 +50 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -20 +70 | |
| рабочий (исключая) SCH | -40 +85 | -40 +70 | -40 +85 | -40 +70 | -40 +70 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +85 | -40 +70 | |
| хранения (исключая) SCH | 444 | 888 | 444 | 1335 | 224-268 | 355 | 444 | 660 | 888-2224 | | | | | | | |
| Рабочая температура: рабочая, Н до 30°C, Н до 30°C | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| Различия в температуре, Нсм | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ударная нагрузка, Нсм | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| Конфигурация | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| Идентификация (мм): рабочая (плана) (длина) (длина) (длина) | 5,15x6,4 | 6,4 | 6,4 | 6,4 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | 7,62 | |
| длина (длина) (длина) | 2,532 | 2,532 | 3,2385 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | 3,85 | |
| Центрирование | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| радиус, мм | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| коэффициент (исключая) | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| Закорюченный (исключая) | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| радиус, мм | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| коэффициент (исключая) | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |
| Оптический CNR | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | |
| CNR | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | NECFNR CSAFH | |
| Демонстрация | н/д | | | | | | | | | | | | | | | |

| Функциональная группа | ИРС/С/В/СВ | | | | А/В/С | | | | Э/В/С/С/В | | | | О/В/С | | | | |
|--|-----------------------------|-------------|--------|---------|-----------------------------|-------------|-------|--------|-----------------------------|-------------|-------|-----|-----------------------------|-------------|-------|-------|------|
| | Ср. ток | Длина волны | Время | Вид | Ср. ток | Длина волны | Время | Вид | Ср. ток | Длина волны | Время | Вид | Ср. ток | Длина волны | Время | Вид | |
| Конструкция | 1 | 2 | 2 | 4-12 | 2,4 | 1 | 2 | 2-24 | 2-24 | 1 | 1 | 2 | 6-8 | 12 | 1 | 2 | 4-24 |
| Тип СВ | ОВМ(СВ)(25), МС(6,5/25) | | | | ОВМ(СВ)(25), МС(6,5/25) | | | | ОВМ(СВ)(25), МС(6,5/25) | | | | ОВМ(СВ)(25), МС(6,5/25) | | | | |
| Скобука | Полупроводники | | | | Полупроводники | | | | Полупроводники | | | | Полупроводники | | | | |
| Диагностика | 09 | | | | 09 | | | | 09 | | | | 09 | | | | |
| Материал | ГВХ (RNC) (орбитальное) | | | | RNC | | | | ГВХ (RNC) | | | | ГВХ | | | | |
| Диагностика | 21:28 | 28 | 28 | — | 28 | 28 | 28 | — | 24 | — | 29 | 29 | 20 | 29 | 30 | 30 | — |
| Диагностика | 21:28 | 2-28 | 3-8-66 | 5,5-6,5 | 6,5-7,0 | 28 | 28-88 | 3-6-66 | 4-13 | 7-8-164 | 09 | 29 | 2-9-88 | 13-185 | 30 | 30-60 | ≤10 |
| Типология | АН | | | | АН | | | | АН | | | | АН | | | | |
| Масштаб | 5-9 | 16(19) | 30(35) | 32-42 | 34-45 | 8 | 14,16 | 26,32 | 19-160 | 40-200 | 10 | 10 | 20 | ≤30 | | | |
| Коэффициент заужения, не более | 0,4/0,25 | | | | 3,5/1,8 | | | | — | | | | 0,35/0,22(0,4/0,25) | | | | |
| Длина волны, нм | 1310/1550 | | | | — | | | | 30/10 | | | | 250/7 | | | | |
| 880/1300(30/25) | 3,5/1,5 | | | | — | | | | 31/0,9 | | | | 300/7 | | | | |
| Коэффициент хранения информации, не более, чем в линии волны | 1310/1550 нм | | | | — | | | | — | | | | 35/18(-13, .58) | | | | |
| Коэффициент пропускания, не менее | Минимум 1310(50/25) | | | | 880/1300(50/25) | | | | 160/200 | | | | 40/80 | | | | |
| 880/1300(62,5/25) | — | | | | — | | | | — | | | | 150/50 | | | | |
| Число ячеек | 0,2/0,02 | | | | 0,2 | | | | 0,2 | | | | — | | | | |
| 50/25 | 0,275/0,02 | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| 62,5/25 | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Диапазон температур, °C | используются (используются) | | | | используются (используются) | | | | используются (используются) | | | | используются (используются) | | | | |
| используются (используются) | -5 +75 | | | | -20 +70 | | | | 0 +40 | | | | -10 +50 | | | | |
| используются (используются) | -25 +75 | | | | -30 +70 | | | | -45 +85 | | | | -30 +70 | | | | |
| используются (используются) | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Резонансная частота | 240 | 450 | 50 | 150 | 50 | 50 | 900 | 1500 | 150 | 850-500 | н/д | н/д | н/д | 500 | | | |
| кварцевая, Н | 160 | 250 | 30 | 100 | 1000 | 20 | 450 | 750 | 70 | 50-800 | | | | | | | |
| диоптричная, Н | 30/700 | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Разница напряжений, В/см | 20 | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Уровень напряжений, В/см | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Конструкция | н/д | | | | н/д | | | | н/д | | | | н/д | | | | |
| Размер, мм | (30/20) | | | | 30 | | | | 40 | | | | 154 | | | | |
| кварцевая (используются) | (40) | | | | (85-100) | | | | (65-140) | | | | 204, при температуре 20°C | | | | |
| диоптричная (используются) | (30) | | | | (30) | | | | (55-66) | | | | 120-330 | | | | |
| Циклоидальная | н/д | | | | н/д | | | | н/д | | | | н/д | | | | |
| размер, мм | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| коэффициент (используются) | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Закрывается | н/д | | | | н/д | | | | н/д | | | | н/д | | | | |
| размер, мм | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| коэффициент (используются) | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Оптический CNR | ИЭС32-1; ИЭС32-3 | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| C/NP | — | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |
| Диагностика | ИЭС1084-2 | | | | ИЭС754-1 | | | | — | | | | — | | | | |
| — | ИЭС754-2 | | | | — | | | | — | | | | — | | | | |

СРЕДСТВА СВЯЗИ

ве фирменных каталогов и других источников, приведены параметры кабелей внутренней прокладки, обеспечиваемые производителями [3–11]. (Здесь ООВ — одномодовое оптическое волокно; МОВ — многомодовое; ПВХ — поливинилхлорид; LSOH — low smoke ero halogen; FRNC — flame retardant non corrosive; ПЭ — полиэтилен; ПУ — полиуретан; НГ — негорючий материал; АН — арамидные нити; СП — стеклопластик; СТ — стальной трос; ГБ — броня из гофрированной ленты; d_k — диаметр кабеля; н/д — нет данных.)

Как показал анализ, все кабели выполнены, в основном, с одномодовым стандартным ОВ, одномодовым ОВ с ненулевой смещенной дисперсией, одномодовым ОВ с депрессированной и согласованной оболочкой, а также многомодовым ОВ с диаметрами сердцевины 50 и 62,5 мкм в плотной или полуплотной защитной оболочке диаметром 0,9 и 1,1 мм. В качестве силового элемента используются арамидные нити, а в некоторых конструкциях — стеклопластиковый стержень и стальной трос.

В качестве материалов для защитных покрытий используются ПВХ, ПЭ, ПУ, безгалогенные и малодымящие материалы.

Наружные диаметры кабелей внутренней прокладки лежат в пределах от 1,6 до 18 мм при количестве волокон от 1 до 12.

Коэффициент затухания, коэффициент хроматической дисперсии, коэффициент широкополосности соответствуют ИЕС 60793-2 и рекомендациям ITU-T G.651, ITU-T G.652, ITU-T G.655.

Диапазон рабочих температур — от -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$. Некоторые конструкции могут нормально

функционировать при температуре от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Диапазон растягивающих нагрузок для кабелей с количеством волокон от 1 до 24 составляет 200...5000 Н. Раздавливающие нагрузки, которые способны выдерживать кабели внутренней прокладки, составляют 300...3000 Н/см. Минимальный радиус краткосрочного изгиба — не менее 10 номинальных диаметров кабеля.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Гроднев И. И., Ларин Ю. Т., Теумин И. И. Оптические кабели: конструкция, характеристики, производство и применение. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Мальке Г., Гессинг П. Волоконно-оптические кабели: основы проектирования кабелей, планирование систем. — Новосибирск: Издатель, 1997.
3. Проспект фирмы Lucent Technologies. Fiber optic product 2492C, 1997.
4. Проспект фирмы Superior cable Ltd. Fiber optic cables. P.O.Box 400 Kiriat Bialic 27103. — Israel, 1999.
5. Optical Cable Corporation. Product catalog 2000. P.O.Box 11967 Roanoke VA 24022-1967. — USA, 2000.
6. Проспект фирмы Corning. Product catalog. D12459. — Germany, 1998.
7. Проспект фирмы Ericsson. Волоконно-оптические кабели. Информация о продукции. — Швеция, 1998.
8. Проспект фирмы Brugg Telecom. Fiber optic cables. 5201 Brugg. — Switzerland, 1998.
9. Проспект ф. Alcatel "Optic cables", 2000.
10. Проспект "Оптические кабели связи". — М.: НПФ "Оптические телекоммуникации", 2000.
11. Проспект "Кабели оптические внутренней прокладки". — НФ "Электропровод".

| | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| в портфеле редакции | в портфеле редакции | в портфеле редакции | в портфеле редакции |
| в портфеле редакции | в портфеле редакции | в портфеле редакции | в портфеле редакции |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Комплекс математического моделирования и программного обеспечения для исследования электропроводности толсто пленочных резисторов. <i>А. В. Стерхова, В. Е. Лялин (Россия, г. Ижевск)</i> ➤ Генераторы с электромеханическими преобразователями на аналогах негатронов. <i>О. Н. Негоденко, В. А. Воронин, Д. В. Заруба (Россия, г. Таганрог)</i> ➤ Исследование влияния режимных параметров на теплопередающие характеристики миниатюрных тепловых труб для охлаждения микроэлектронной аппаратуры. <i>Ю. Е. Николаенко, В. Ю. Кравец (Украина, г. Киев)</i> ➤ Диагностика полупроводниковых структур при разработке и производстве изделий микроэлектроники. <i>Л. Д. Буйко, В. Н. Пономарь, А. А. Солонинко (Беларусь, г. Минск)</i> ➤ Кремниевые МДП-структуры с оксидами редкоземельных элементов в качестве диэлектрика. <i>Ш. Д. Курмашев, И. М. Викулин, С. В. Ленков, Ю. Е. Николаенко (Украина, г. Одесса)</i> ➤ Исследование поверхностно-барьерных структур на основе HgCdMnTe. <i>О. А. Боднарчук, А. В. Марков, С. Э. Остапов, И. М. Раренко, В. П. Склярчук (Украина, г. Черновцы)</i> ➤ Собственные полупроводники группы $A_n^3 B_m^6$ как перспективные материалы для радиационноустойчивой электроники. <i>С. Л. Королюк, С. С. Королюк, Ю. Е. Николаенко, И. М. Раренко, О. Л. Тарко (Украина, г. Черновцы)</i> ➤ Вакуумное напыление тонких пленок органических полупроводников и исследование их структуры. <i>В. Д. Орлов, В. Г. Удовизицкий (Украина, г. Харьков)</i> | | | |
| в портфеле редакции | в портфеле редакции | в портфеле редакции | в портфеле редакции |

