

АКТИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ВОЛОКОННОЙ ОПТИКИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Н.Варава, М.Никоноров, С.Пронин info@optotech.ru

Волоконная оптика, востребованная в свое время как средство решения задач связи, сегодня находит все более широкое применение, например, в новых нетрадиционных технологических процессах. Как правило, такие применения требуют специализированных активных компонентов. Российская научно-производственная фирма «Оптоэлектронные Технологии» (группа компаний ООО «АИБИ») при ФТИ им. Иоффе специализируется на разработке и производстве компонентов для волоконно-оптических линий связи и других применений с использованием оптического волокна. В статье рассматриваются два комплекта изделий, один из которых осуществляет передачу и прием произвольных цифровых информационных сигналов от датчиков физических величин, а другой – запуск и синхронизацию через оптоволоконно коммутирующих устройств значительной мощности (ускорителей, генераторов лазерного излучения, электродвигателей) в условиях электромагнитных помех.

Развитие волоконно-оптических технологий в первую очередь определялось задачами построения систем связи. Сегодня уже разработана и выпускается довольно большая номенклатура изделий, используемых в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС). Среди них можно выделить две основные группы – активные и пассивные компоненты. В состав первой входят оптоэлектронные элементы, такие как лазерные диоды (ЛД), световылучающие светодиоды (СИД) и законченные оптоэлектронные модули на их основе, фотодиоды и фотоприемные устройства, а также электронные компоненты для их обслуживания (драйверы, усилители, компараторы и др.). Наиболее распространены приемные, передающие и приемопередающие модули (трансиверы).

Они отличаются различными конструктивными исполнениями, оптическими и электрическими интерфейсами. В группу пассивных компонентов входят различные разветвители, оптические переключатели, мультиплексоры и оптические разъемы. Современный рынок оптоэлектроники представлен многими фирмами, выпускающими изделия обеих групп в различных функциональных и ценовых диапазонах.

В последние годы наметился целый ряд технологических направлений, развитие которых напрямую зависит от достижений волоконной оптики. В первую очередь это относится к системам управления мощными импульсными лазерами (медицина, радиоизотопные методы получения редкоземельных материалов, машиностроение), а также к управлению

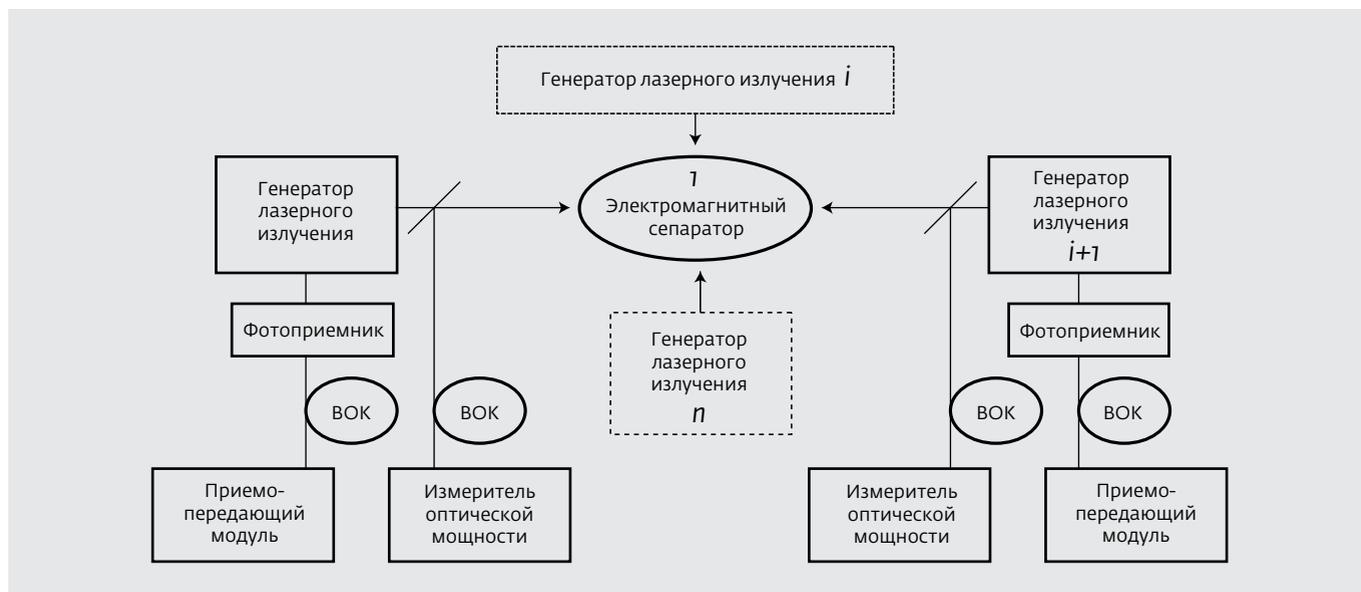


Рис.1. Фрагмент технологической установки, использующей линейку лазерных генераторов с синхронизацией и запуском по волоконно-оптическому каналу

электромагнитными ускорителями и мощными электроприводами силовых установок. Все эти направления связаны с необходимостью коммутировать токи амплитудой в десятки и даже сотни килоампер и напряжением в сотни киловольт. Кроме того, часто необходимо формировать импульсные сигналы длительностью от единиц микросекунд до десятков наносекунд. При этом возникают наводки и вторичные электромагнитные излучения с такой амплитудой и спектром, что связать исполнительные устройства и средства контроля с центральными органами управления по традиционным каналам связи чрезвычайно трудно, а зачастую и невозможно.

В данных условиях едва ли не единственный способ решения проблемы – использовать средства волоконной оптики. В то же время, если диэлектрические свойства оптического волокна

и его невосприимчивость к электромагнитным излучениям в рассматриваемом спектральном диапазоне известны, то требования к двум другим составляющим системы связи – к приемнику и передатчику – требуют уточнения. Они были сформулированы в результате анализа существующих и перспективных конструкций и процессов, а также экспериментальных исследований. Созданные с учетом этих требований изделия прошли успешную апробацию. Они позволяют:

- формировать короткие одиночные оптические импульсы для синхронизации;
- получать мощные оптические сигналы для запуска устройств, генерирующих импульсы тока значительной амплитуды;
- измерять физические параметры системы и транслировать их из зон с повышенным

уровнем излучений к управляющему процессору;

- принимать оптические сигналы и формировать электрические импульсы запуска в условиях электромагнитных помех.

Для наглядности рассмотрим два примера использования этих средств.

На рис.1 изображен фрагмент установки для получения редкоземельных химических элементов и их изотопов. Центральная часть представляет собой электромагнитный сепаратор, в котором рабочая газовая смесь облучается линейкой газовых лазерных генераторов с различными длинами волн. Генераторы запускаются по определенному алгоритму импульсами различной длительности. Для развязки устройств запуска лазерных генераторов от управляющего процессора используется волоконно-оптический оптрон (волстрон), формирующий электрические импульсы длительностью от десятков микросекунд до единиц наносекунд.

В состав волстро́на входят быстродействующий передающий модуль на лазерном диоде, приемник оптических одиночных импульсов и волоконно-оптический кабель (ВОК). Волоконный кабель содержит кварцевое многомодовое волокно

с диаметром световедущей жилы/оболочки 62,5/125 мкм, снабженное оптическими разъемами типа ST/PC. Его длина может достигать 1000 м. Так как линейка генераторов работает в строго заданном порядке, важнейшим параметром становится стабильность положения переднего фронта импульса, т.е. системный джиттер. Кроме устройств запуска важную роль играет и система измерения импульсной оптической мощности каждого лазерного генератора и наблюдения за формой их оптических импульсов. Данная система также выполнена с использованием волокна и специализированного фотоприемника.

Другой пример – применение компонентов волоконной оптики в замкнутых автоматизированных системах управления (АСУ) электрофизическими установками, где необходимо коммутировать токи и напряжения значительной величины (рис.2). Волоконно-оптические компоненты могут использоваться как для сбора информации от датчиков физических величин (ток, напряжение, температура и т.п.), так и для ее преобразования и дальнейшей трансляции промышленным контроллерам, входящим в состав АСУ. Кроме того, для запуска устройств силовой

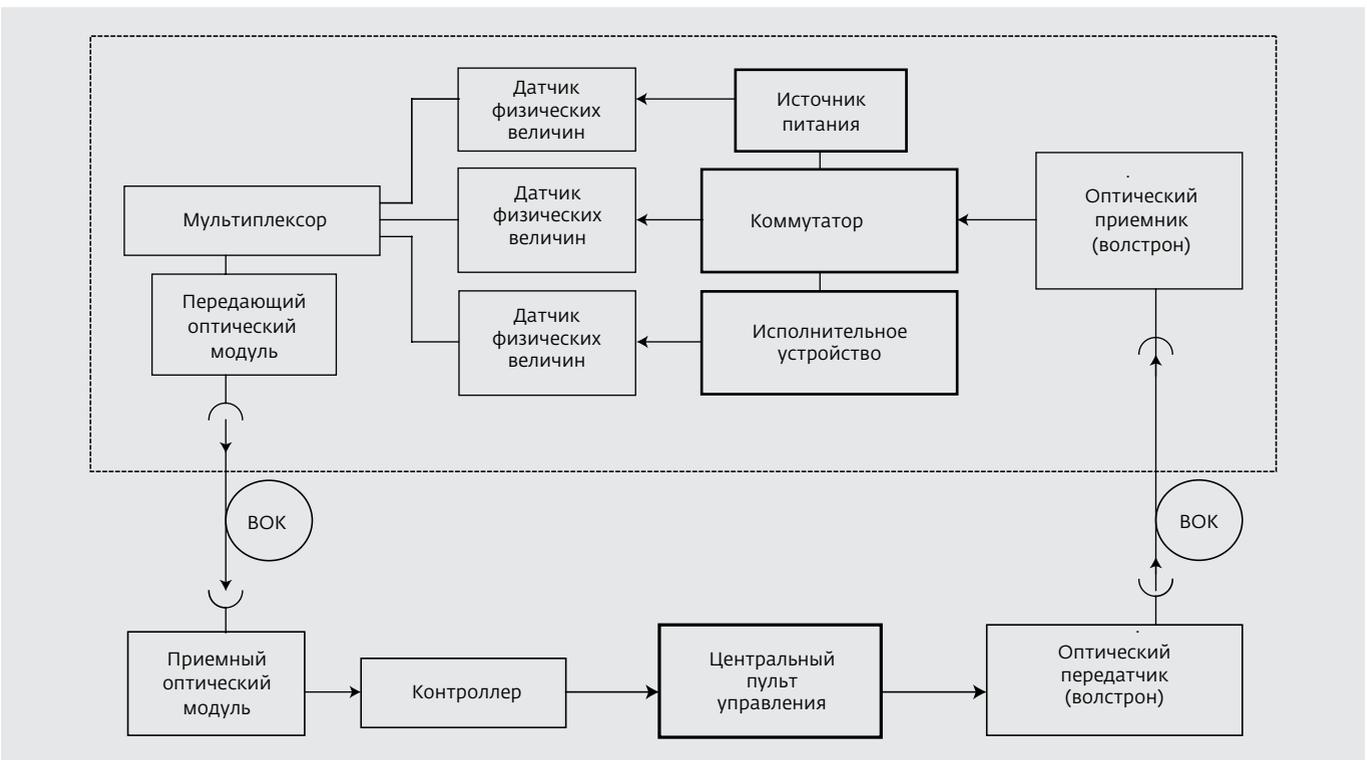


Рис.2. Функциональная схема электрофизической установки с замкнутым волоконно-оптическим каналом управления

электроники необходима оптическая развязка. Наиболее просто реализовать ее с помощью волстронов.

Еще один пример применения отдельных компонентов волоконной оптики – всевозможные устройства мониторинга удаленных объектов на предмет обнаружения задымления и возгорания. Отдельно отметим насущную проблему создания автономных источников питания для размещения в труднодоступных местах, а также устройств для зарядки аккумуляторов через волоконно-оптическую линию связи. Такие устройства построены по принципу солнечных батарей, т.е. энергия к ним подводится по оптическому волокну, а сами источники питания снабжены фотоэлектрическими преобразователями. Законченные функциональные узлы для передачи измерительной информации с использованием волоконно-оптических компонентов, снабженные источниками питания такого типа, применяются в технологических процессах, использующих высокоэнергетические установки.

Компания "Оптоэлектронные Технологии" длительное время разрабатывает средства волоконной оптики для специализированных применений. Рассмотрим два типа изделий – устройства для передачи и приема информационных сигналов и устройства управления исполнительными механизмами (ускорителями, генераторами лазерного излучения, электродвигателями). Каждый тип изделий является функционально законченным комплектом и состоит из приемной и передающей частей.

УСТРОЙСТВО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Основные требования к комплекту аппаратуры для информационного обмена между датчиками физических величин и центральным органом управления:

- максимальная нечувствительность к воздействию внешних электромагнитных излучений;
- обработка цифровых сигналов с произвольным форматом, что позволяет транслировать их без дополнительного преобразования;
- минимальное потребление передающего модуля, располагаемого непосредственно около датчика физической величины;
- быстрое действие, достаточное для передачи информации о переходных процессах в системе.

Для решения этих задач был разработан комплект волоконно-оптических модулей, состоящий из приемника OMRD-01 и передатчика OMTD-01m

(рис.3). Оба изделия рассчитаны на применение с оптическим кабелем, изготовленным из многомодового кварцевого волокна с диаметром световедущей жилы/оболочки 62,5/125 мкм. Кабели снабжены металлическими оптическими разъемами типа ST. Длина волны оптического излучения 0,85 мкм определяется типом излучателя, входящего в состав передатчика.

В передающем модуле в качестве излучателя используется высокоэффективный лазерный диод, размещенный в разъеме типа ST и позволяющий вводить в многомодовое волокно оптическую мощность не менее 2 мВт. Выбор лазерного диода продиктован и желанием минимизировать энергопотребление, так как светодиодные структуры потребляют на порядок большее количество энергии при той же величине выходной оптической мощности. В реальных условиях расстояния для передачи информации относительно невелики (как правило, до 1000 м), поэтому затуханием сигнала в волоконно-оптическом кабеле можно пренебречь. Достаточно большой уровень сигнала

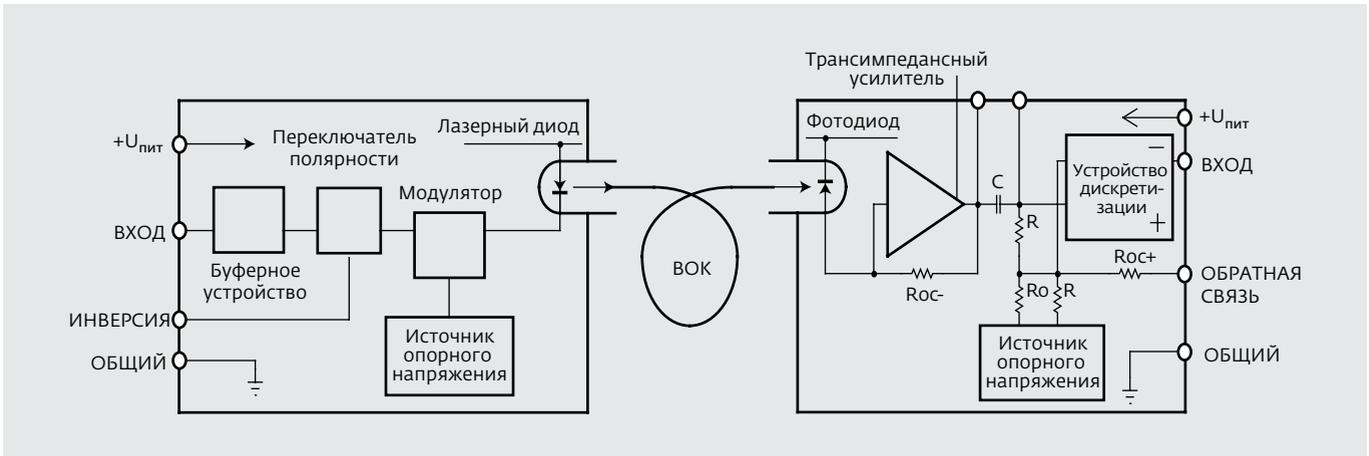


Рис.3. Функциональная схема комплекта OMTD-01 и OMRD-01

на входе приемника позволяет существенно снизить его входной импеданс. Это повышает помехоустойчивость приемника, так как его входная часть наиболее чувствительна к наводкам и помехам.

Для обработки цифровых сигналов произвольного формата в приемнике используется схема с определением начала и конца импульса по его фронту и спаду. Этими фронтам и спадам управляется высокочувствительный триггер Шмидта, входящий в состав устройства дискретизации и выполненный на быстродействующем компараторе. Электрические интерфейсы модулей соответствуют стандартным уровням КМОП и ТТЛ.

Изделия выполнены в металлоглазанных корпусах из специального сплава, обеспечивающего высокую помехозащищенность, со штырьковыми выводами (рис.4). Габариты (без учета длины оптического разъема) – 10,6×14,5×19,5 мм.

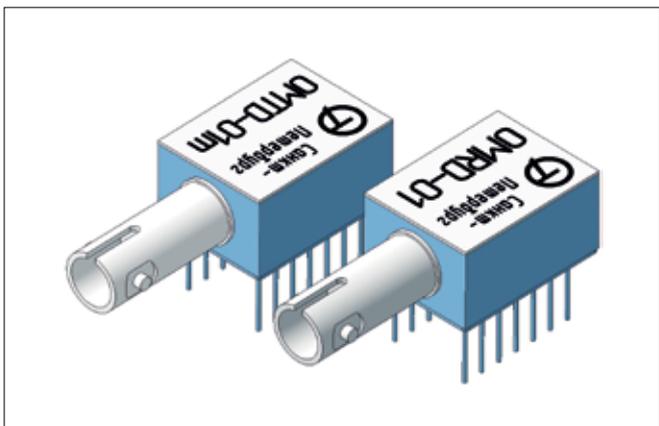


Рис.4. Модули OMRD-01 и OMTD-01m

Основные технические характеристики комплекта OMRD-01/OMTD-01m

Передающий модуль OMTD-01m

Рабочая длина волны, мкм	0,85
Оптическая мощность, вводимая в волокно, дБм	> -3
Длительность фронта нарастания/спада оптического излучения, нс	10
Максимальный период входных сигналов	неограничен
Напряжение питания, В	5
Ток потребления, мА	7,5
Диапазон рабочих температур, °С	-40...60

Приемный модуль OMRD-01

Рабочая длина волны излучения, мкм	0,85
Минимальная входная оптическая мощность, дБм	-23
Максимальная входная оптическая мощность, дБм	-3
Максимальная скорость передачи, Мбит/с	4
Напряжение питания, В	5
Ток потребления, мА	<25
Диапазон рабочих температур, °С	-40...60

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ МОЩНЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ МЕХАНИЗМАМИ

Для передачи и приема сигналов управления и синхронизации предназначен комплект в составе передающего модуля OMTD-02 и приемного устройства ФПУ-Э, образующих вместе с волоконно-оптическим кабелем волстрон. Эти компоненты служат для получения на выходе приемника достаточно мощных электрических импульсов, необходимых для запуска различных устройств со ступенчатой коммутацией

токов порядка десятков, а то и сотен килоампер. В данных условиях первоочередное значение приобретает устойчивость работы приемника, размещаемого на входе первой ступени коммутатора, по отношению к обратным наводкам и помехам, которые возникают при включении оконечной ступени. Устойчивость в основном определяется величиной входного импеданса фотоприемника и экранирующими свойствами корпуса, а также схемотехническим решением выходного буфера.

Выбор величины входного импеданса зависит от минимальной входной оптической мощности и, соответственно, входного тока, при которых происходит устойчивое срабатывание выходного каскада приемника, формирующего импульс тока с соответствующими характеристиками. Поэтому основное внимание уделялось, с одной стороны, уменьшению входного сопротивления усилителя тока приемника, с другой – увеличению выходной оптической мощности передатчика. С этой же целью в волстроне используются кварцевые многомодовые волокна с нормированным затуханием 3,5 дБ/км.

Передатчик состоит из преобразователя уровней стандартной логики в нормированные

импульсы тока и лазерного диода с длиной волны излучения 0,85 мкм. Выходная оптическая мощность, вводимая в многомодовое волокно – не менее 2 мВт (3 дБм). Диаметр светопроводящей жилы/оболочки волокна – 62,5/125 мкм. На выходе приемника оптического сигнала формируются электрические импульсы с амплитудой 20 В (сопротивление нагрузки ≥ 10 Ом) и длительностью не более 100 мкс.

Приемник ФПУ-Э (рис.5) питается от любого источника с напряжением ≥ 24 В, в том числе и от источника коммутируемого устройства через ограничительный резистор. Напряжение питания приемника ограничено внутренним стабилизатором с напряжением стабилизации 22 В, максимальный ток стабилизации – 5 мА. Внутренний накопительный конденсатор обеспечивает формирование импульсов тока, в зависимости от типа выходного буфера приемника, 2 или 10 А (для ФПУ-Э-м) и длительностью до 5 мкс. Для получения более длинных импульсов тока необходимо подключение внешних конденсаторов.

Приемник и передатчик, входящие в состав волстроны, выполнены в металлоглазанных

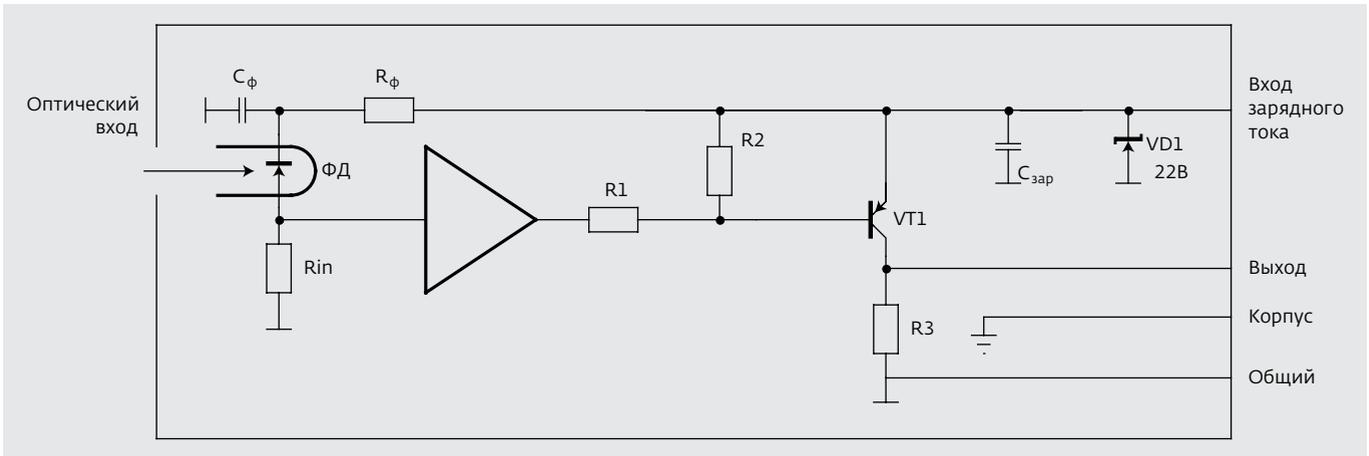


Рис.5. Функциональная схема ФПУ-Э

корпусах из специального сплава, обеспечивающего высокую помехозащищенность (рис.6).

Технические характеристики

Оптрон

Длина волны оптического излучения, мкм 0,85
 Длина волоконно-оптического кабеля, м ... ≤1000
 Тип оптического разъема ST
 Суммарная задержка ($L_{\text{вок}} = 50 \text{ м}$), нс ≤500
 Диапазон рабочих температур, °С.....-40...60

Передатчик OMTD-02

Выходная оптическая мощность, дБм3
 Длительность фронта нарастания спада оптического излучения, нс 5

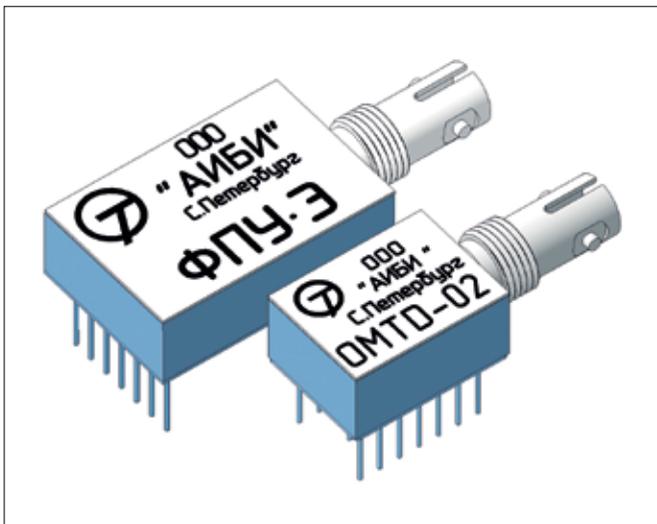


Рис.6. Комплект OMTD-02 и ФПУ-Э

Уровни входных сигналов ТТЛ/КМОП
 Длительность входного импульса неограниченна
 Напряжение питания, В $5 \pm 10\%$
 Ток потребления, мА ≤30
 Габариты, мм 10,6×14,5×19,5

Приемник ФПУ-Э

Минимальная длительность выходного импульса, мкс 5
 Выходной ток приемника (амплитудное значение), А ≤2
 Выходное напряжение, В 20
 Емкость зарядного конденсатора, мкФ $1,5 \pm 2\%$
 Пороговая оптическая мощность на входе, мВт 0,7
 Сопротивление нагрузки, Ом ≥10
 Максимальный зарядный ток, мА ≤5
 Номинальное напряжение внутреннего стабилитрона, В 22
 Габариты, мм 9,4×19,5×29,5

В заключение отметим, что применение средств волоконной оптики для решения специализированных технологических задач не исчерпывается приведенными примерами. Нами создаются источники электрической энергии с подзарядкой по волоконно-оптическому каналу, а также разрабатываются устройства для бесконтактного измерения физических величин с использованием пассивных элементов. К ним относятся разного рода расходомеры, фиксаторы положений, дистанционные измерители перемещений и деформаций. ●

