

Передающие оптические модули для систем связи. Конструкции и параметры.

Общие сведения

Передающий оптоэлектронный модуль (ПОМ) или оптический передатчик обеспечивает преобразование входного электрического (цифрового или аналогового) сигнала в выходной оптический сигнал.

ПОМ состоит из оптической головки и электронной схемы, предназначенной для модуляции светового пучка. В оптической головке с светоизлучающим диодом (СИД) размещены диод и модулятор, а в оптической головке с лазерным диодом (ЛД) - лазер, модулятор, фотодиод и электронная схема, с помощью которой стабилизируется режим ЛД. Фотодиод регистрирует интенсивность излучения и в случае ее превышения среднего уровня с фотодиода на электронную схему поступает сигнал, уменьшающий интенсивность излучения лазера.

Характеристиками модуля являются:

- диапазон рабочих температур;
- мощность излучения;
- пиковое значение длины волны (длина волны при которой наблюдается максимум интенсивности);
- ширина спектральной полосы (на половине высоты пика);
- время нарастания импульса;
- срок службы;
- напряжение цепи питания;
- пространственное распределение мощности излучения на выходе.

Передающие модули работают при температурах от 0°C до 80°C или от -40°C до 70°C. При повышении температуры длина волны возрастает.

СИД установлен на теплоотводящем радиаторе, излучение выводится из оптической головки через отрезок волокна, к которому присоединяется внешняя световодная линия. Модулятор смонтирован в общем корпусе с оптической головкой и представляет собой микроэлектронную схему - преобразователь “напряжение - код”, управляющий током в цепи питания световода.

Напряжение, создаваемое током, протекающим через СИД и транзистор, передается через резистор R1 (рис.1) на инвертирующий вход операционного усилителя. На выходе усилителя создается отрицательный перепад напряжения, который начинает закрывать

транзистор. Ток, протекающий через транзистор, уменьшается и уменьшается напряжение, подаваемое на вход операционного усилителя. При этом уменьшается отрицательное напряжение на выходе операционного усилителя и транзистор приоткрывается.

Структура оптического передающего модуля с лазерным диодом сложнее, чем со светоизлучающим диодом. В оптической головке модуля (рис.2) находится лазерный диод с двойным гетеропереходом и фотодиод обратной связи, детектирующий излучение, выходящее через заднюю грань лазера.

Управление лазером, стабилизация его работы и защита от слишком высокого входного сигнала осуществляется следующим образом. Ток в цепи обратной связи регулирует режим работы лазера по среднему значению мощности излучения и корректирует отклонение от этого значения.

Схема защиты и управления лазером содержит:

- цепи обратной связи для поддержания постоянства мощности излучения лазера и защиты диода от воздействия слишком высокого уровня входного сигнала;
- схему защиты, обеспечивающую защиту лазера от воздействий, связанных с неисправностями в цепи питания и паразитными электрическими колебаниями.

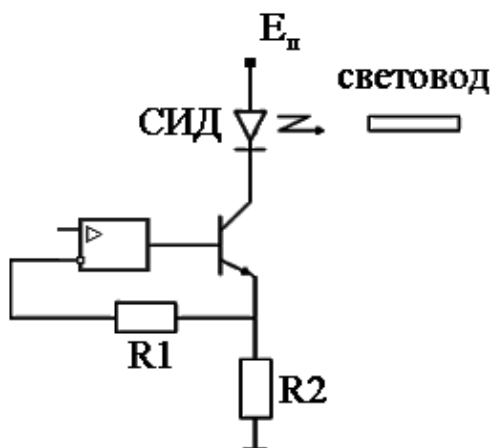


Рис. 1 - Принципиальная схема простейшего оптического передающего модуля со светоизлучающим диодом

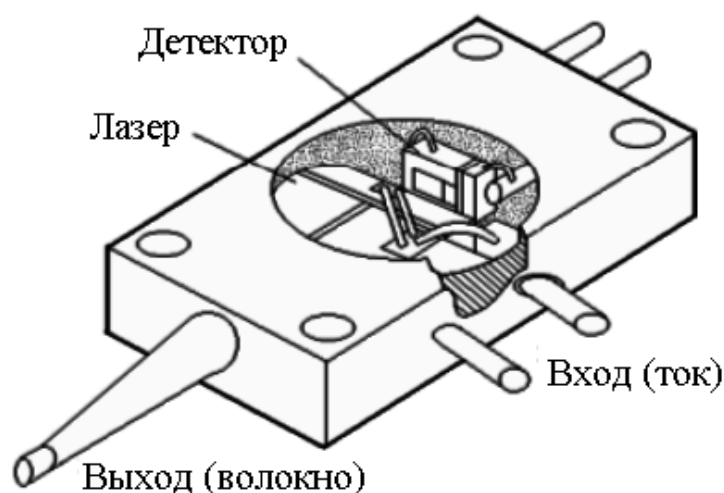


Рис. 2 - Конструкция устройства оптической головки оптического передающего модуля с лазерным диодом

Источники излучения

Применяют источники излучения 2-х видов на основе полупроводников:

светоизлучающие диоды (*СИД*) и лазерные диоды (*ЛД*) и лазеры.

В полупроводниковых источниках генерация света обусловлена рекомбинацией электронов и дырок, которая приводит к образованию фотонов. *СИД* и *ЛД* изготавливают из полупроводниковых материалов типа $A^3 B^5$ (арсениды и фосфиды галлия, индия, алюминия) с электронной (*n*-типа) и дырочной (*p*-типа) проводимостью. Введение в соединения $A^3 B^5$ примесей элементов 4 группы придает этим соединениям электронную проводимость, а - элементов 2 группы – дырочную проводимость.

Выбор источника излучения для той или иной системы связи определяется требованиями к мощности излучателя, его спектральным и модуляционным характеристикам, сроку службы, стабильности параметров, а также к диапазону рабочих температур.

Светоизлучающие диоды

На рис.3 и рис. 4 показано расположение слоев полупроводников различного типа в структурах *СИД*, разработанных для световодных систем связи. Фотоны образуются в активной зоне, расположенной вблизи *p-n* перехода и распространяются в самых различных направлениях. Через окна излучение выходит наружу.

В подложке прибора вытравлено углубление для уменьшения толщины слоя полупроводников через который проходит излучение. В углубление может быть помещена сферическая микролинза. В некоторых *СИД* излучение выходит наружу через боковую поверхность прибора. Это позволяет уменьшить размеры сечения пучка света. Диаметр

излучающей площадки СИД с вытравленным углублением и СИД с выходом излучения через боковую грань составляет 50-60 мкм. Эффективность ввода света от светодиода в световод с диаметром сечения сердечника <200 мкм возрастает.

Для арсенид галлиевого СИД $\lambda=900$ нм. При добавке к арсениду галлия примеси алюминия длина волны уменьшается до $\lambda=750$ нм. Для получения СИД с еще более короткой длиной волны, лежащей в видимой области спектра, необходимо применять в них арсенид фосфид галлия или фосфид галлия. Для получения длины волны излучения $\lambda=1,3$ мкм СИД изготавливают из арсенид-фосфида галлия и индия (рис.4).

Значение числовой апертуры изменяется от 0,9 (для СИД с большой излучающей площадкой) до 0,2 (для СИД с вытравленным углублением).

СИД нечувствительны к перегрузкам и обладают хорошей линейной зависимостью между выходной мощностью излучения и током инжекции.

Следует отметить, что эффективность излучения СИД составляет 500 мВт/мА, причем генерируемый свет не поляризован, и спектр излучения непрерывный (рис.5).

При повышении температуры на 1°C $P_{\text{вых}}$ уменьшается для СИД с $\lambda=0,85$ мкм на 0,3 % и для СИД с $\lambda=1,3$ мкм на 2%. За 100% берется выходная мощность при температуре 25°C.

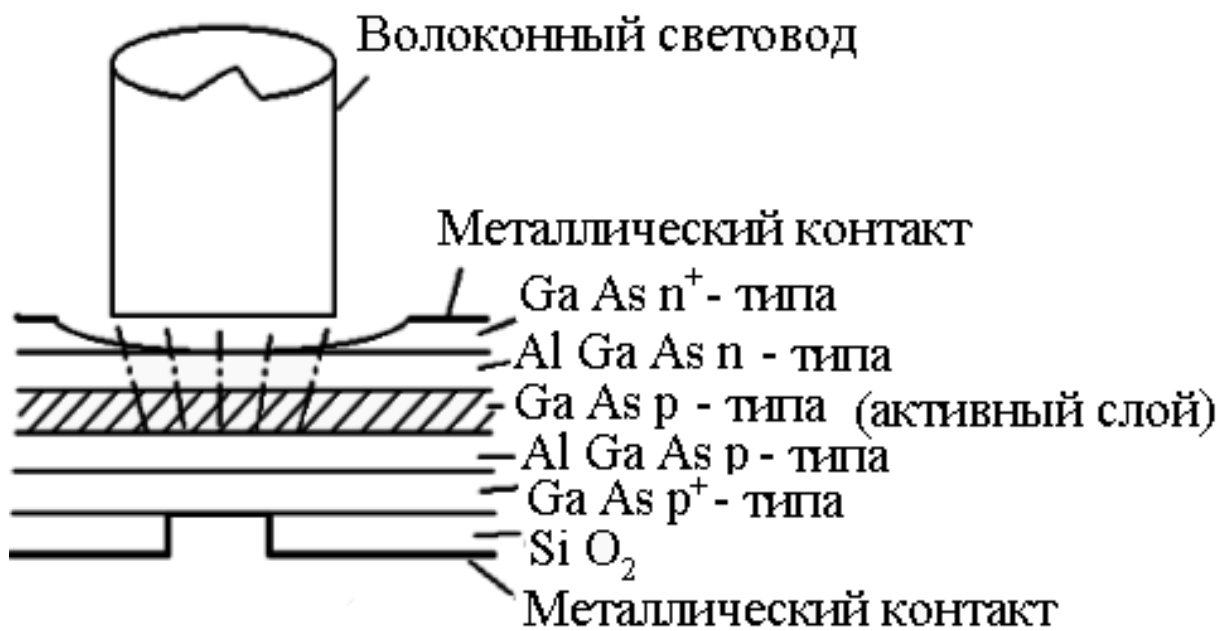


Рис.3 - Структура светоизлучающего диода, генерирующего свет с длиной волны $\lambda=0,83$ мкм

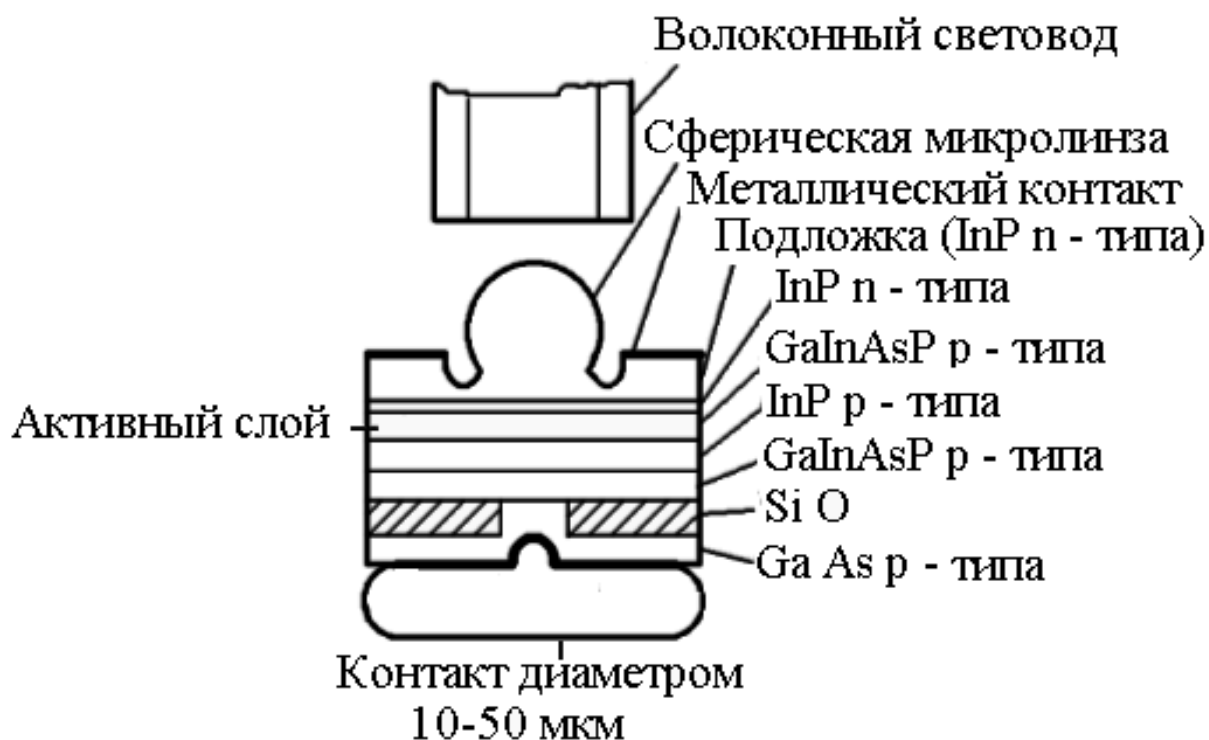


Рис.4 - Структура светоизлучающего диода, генерирующего свет с длиной волны $\lambda = 1,3 \text{ мкм}$

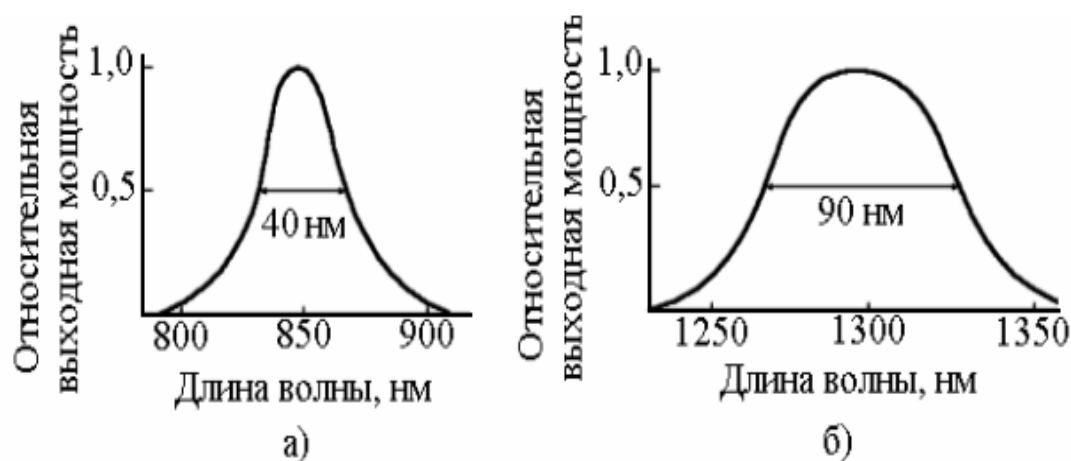


Рис.5 - Спектры излучения СИД, генерирующего свет с длиной волны $\lambda=850 \text{ нм}$ (а), $\lambda=1300 \text{ нм}$ (б).

Лазерные диоды

В лазерных диодах активная область, в которой происходит рекомбинация электронов и дырок, меньше, чем в СИД. Однако концентрация инжектированных в полупроводник носителей-электронов и дырок значительно выше. Активная область (зона) - слой *GaAs* *p*-типа заключена между двумя горизонтально расположенными слоями *AlGaAs*, показатель преломления которого для ближней инфракрасной области спектра меньше показателя преломления слоя *GaAs*, являющегося активной зоной (рис.6).

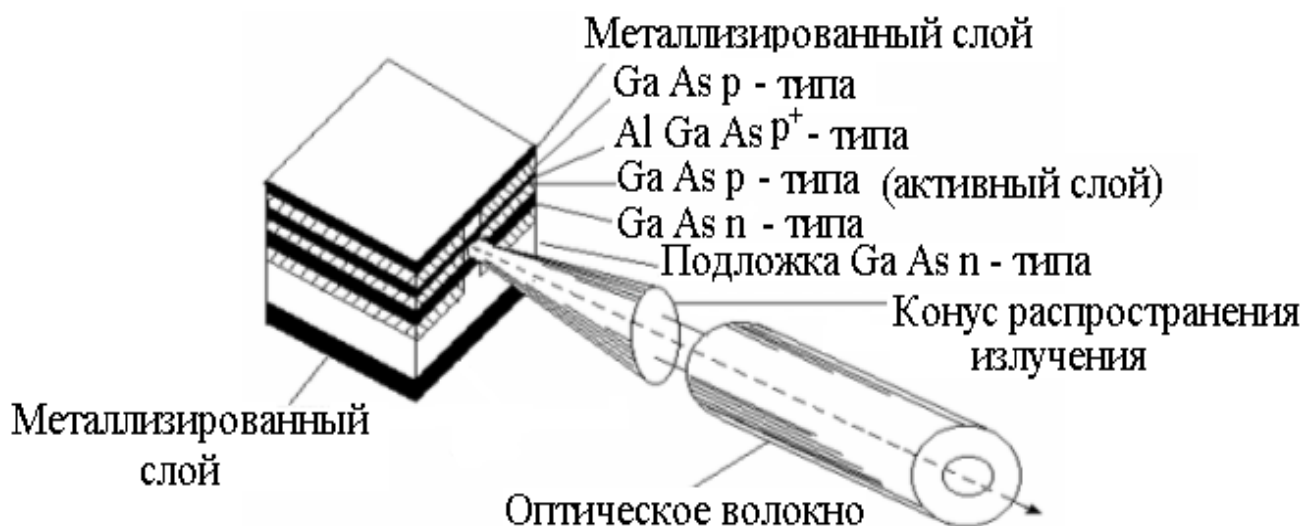


Рис.6 - Структура лазерного диода с $p-n$ и $p-p^+$ переходами

В связи с чем, в этом слое излучение распространяется, как в ступенчатом световоде, торцы которого ограничены с обеих сторон зеркальными гранями, получающимися при сколе кристалла. Активная зона, ограниченная полупрозрачными зеркалами, представляет собой резонатор, в которой генерируется стимулированное излучение при токе инжекции $I > I_n$, где I_n - пороговый ток. При $I < I_n$ возникает только спонтанное излучение, как в СИД. Эффективность спонтанного излучения не превышает 5 мкВт/мА , т.е. меньше, чем в СИД. Значение порогового тока $I_n = 50 \dots 150 \text{ мА}$. После достижения током порогового значения эффективность излучения достигает 200 мкВт/мА . При повышении температуры на 1°C мощность излучения уменьшается в среднем на $0,8-0,9 \%$, а максимум излучения смещается в сторону больших λ .