

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ОПТИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ

Создан полупроводниковый оптический усилитель на основе гетероэпитаксиальных структур InGaAsP-InP на длины волн 1510 – 1560 нм. Он предназначен для использования в волоконно-оптических системах передачи информации со спектральным уплотнением в качестве усилителя мощности выходного излучения.

Полупроводниковые источники излучения низкой когерентности и высокой яркости: светоизлучающие диоды, суперлюминесцентные диоды; лазерные диоды с высокой когерентностью излучения: одномодовые, одночастотные, перестраиваемые – эти устройства широко используются во многих областях науки и техники. Их используют в медицине, оптической томографии, устройствах записи, хранения, обработки и передачи информации, в том числе в наиболее перспективных WDM и DWDM, волоконно-оптических гироскопах, спектроскопии высокого разрешения и в иных приложениях [1, 2].

Полупроводниковые оптические усилители (ПОУ) имеют хорошие перспективы практических применений во многих указанных областях в качестве усилителей мощности выходного излучения; линейных усилителей для компенсации потерь в линиях связи при передаче информации по волокну; оптических предусилителей для повышения чувствительности приемников, кольцевых низкокогерентных источников для гироскопов, эффективных оптических модуляторов в диапазоне 1–10 ГГц; для съема информативного сигнала в его электрической цепи по электрическому отклику на оптический сигнал, проходящий через активную среду, в качестве компенсаторов дисперсии, оптических коммутаторов [3, 4].

Принцип действия ПОУ основан на использовании возбужденной эмиссии, возникающей благодаря взаимодействию фотонов входного возбуждающего излучения с электронно-дырочными парами активной среды. При этом входной сигнал – источник первичных фотонов. Их энергия должна быть достаточной, чтобы сбросить электроны с верхних уровней зоны проводимости на нижний уровень валентной зоны, где

электроны и дырки рекомбинируют, вызывая появление вторичных фотонов. Проход этих фотонов по волноводной структуре активной области приводит к их лавинному увеличению. А выходное излучение оставляет форму, длину волны, состояние поляризации и другие параметры идентичными параметрам поступающих на вход ПОУ первичных фотонов [5, 6].

В работе использовались квантоворазмерные гетероэпитаксиальные структуры на основе InGaAsP-InP, излучающие на длине волны 1530 – 1560 нм, с пятью квантовыми ямами (рис.1) [7]. Мезаполосковые активные элементы ПОУ, изготовленные из исходных структур, представлены на рис.2. Ширина мезаполоски составляла 3 мкм, длина резонатора 1000 – 1600 мкм. На переднюю и заднюю грани активного элемента нанесены многослойные просветляющие покрытия с коэффициентом отражения $< 0,05\%$. Мезаполоска расположена под углом 7 градусов к сколотым граням активного элемента. Активный элемент оптического усилителя монтирован на медный теплоотвод. Тот в свою очередь помещен на термоэлектрический микрохолодильник, управляемый схемой термостабилизации.

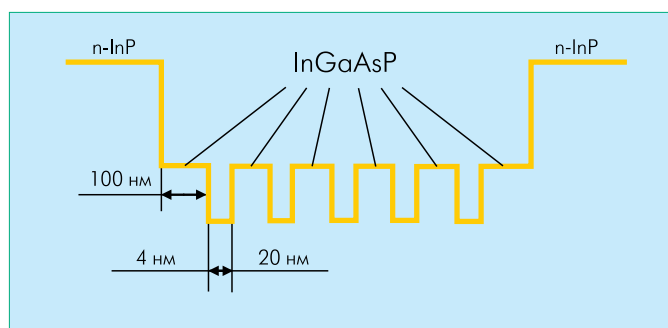


Рис.1 Конструкция активной области ПОУ

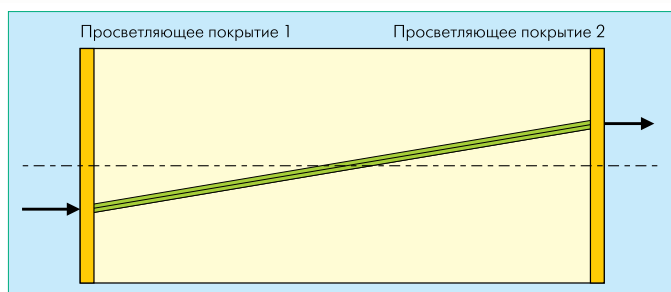


Рис.2 Активный элемент ПОУ

Коэффициент усиления G определяют как отношение мощности $P_{\text{вых}}$ сигнала на выходе оптического усилителя к мощности $P_{\text{вх}}$ сигнала на его входе: $G = P_{\text{вых}}/P_{\text{вх}}$. Коэффициент усиления ПОУ от тока накачки при различных значениях входного сигнала на входе усилителя представлен на рис.4. Шум-фактор показывает, как сильно возрастает шум в усилителе по сравнению с полезным сигналом, и определяется как отношение сигнал-шум на выходе к отношению сигнал-шум на входе усилителя. Результаты исследований шумовых характеристик усилителя представлены на рис.5.

В результате проведенных исследований установлены характеристики ПОУ:

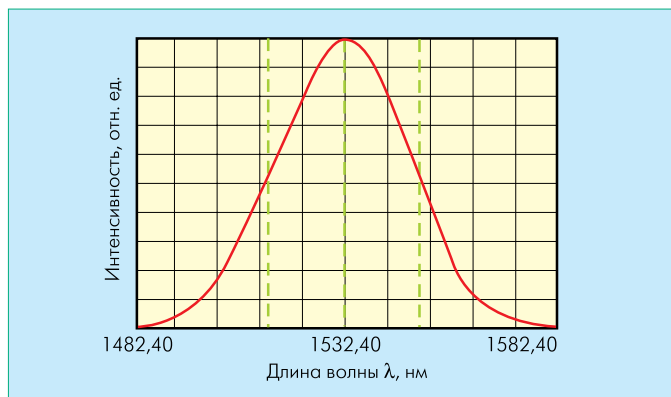


Рис.3 Оптический спектр излучения ПОУ

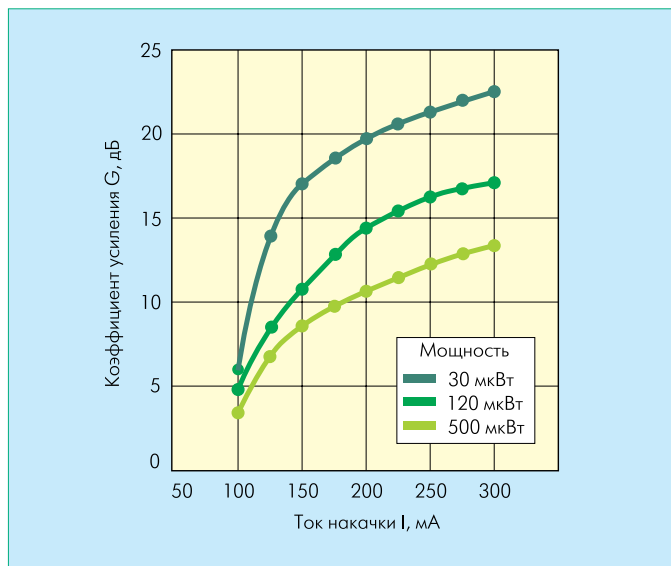


Рис.4 Зависимость коэффициента усиления ПОУ от тока накачки

Излучение с задней и передней граней активного элемента усилителя вводится в одномодовый световод с микролинзой на торце, на поверхность которой нанесено просветляющее покрытие с коэффициентом отражения $< 0,05\%$.

Исследование спектра излучения усилителя на длине волны 1531 нм при токе накачки 200–300 мА без подачи усиливаемого сигнала на вход усилителя показало, что полуширина спектра излучения составляет 30–40 нм. Это указывает на суперлюминесцентный характер излучения и на то, что данный тип усилителя является усилителем бегущей волны (рис. 3).

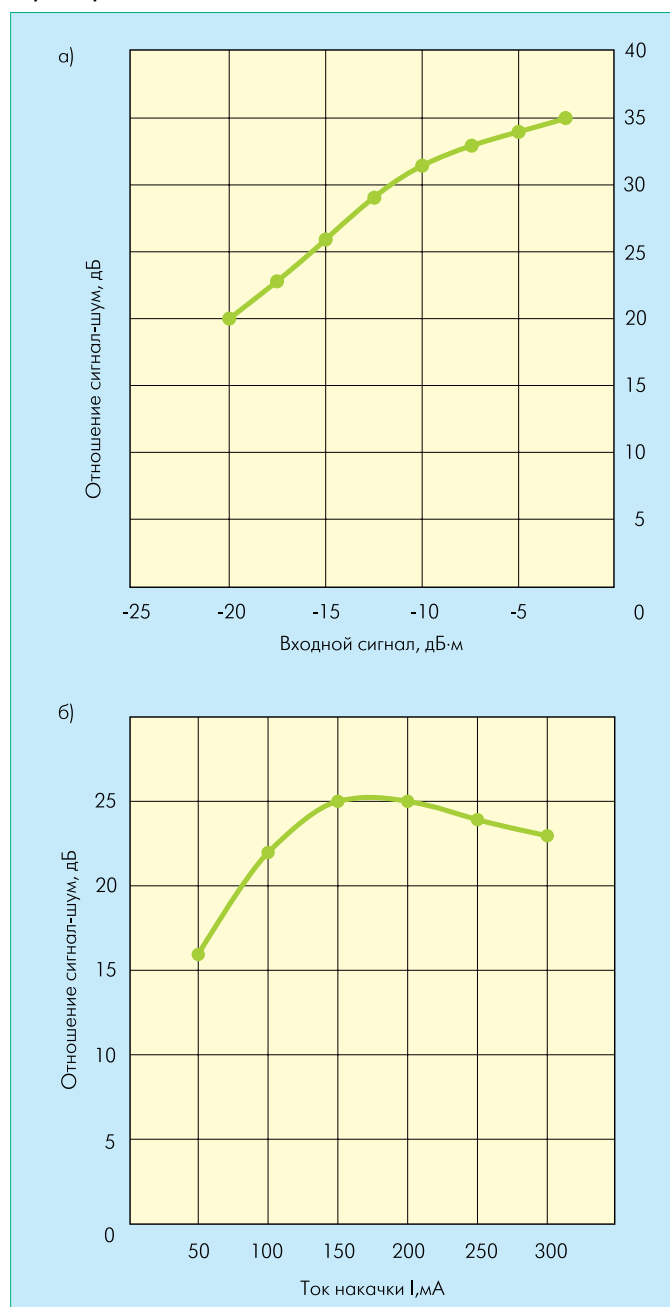


Рис.5 Зависимость отношения сигнал-шум от входного сигнала (а) и тока накачки ПОУ(б)

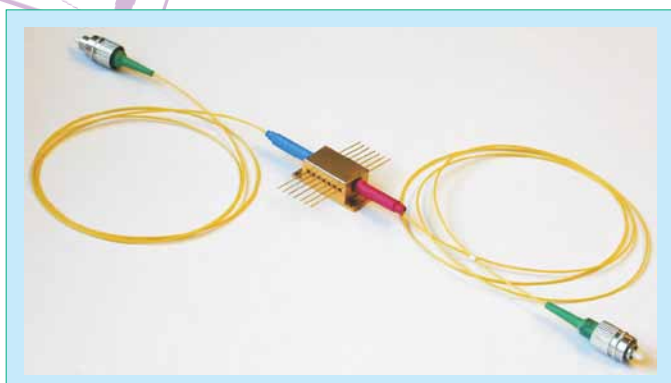


Рис.6 Конструкция полупроводникового оптического усилителя

- коэффициент усиления – 23 дБ;
- максимальная выходная мощность на выходе усилителя – 10 дБ·м;
- минимальная мощность входного сигнала (чувствительность) – минус 20 дБм;
- эффективность – 0,125/0,032 дБ·м/мА;
- мощность насыщения – 7 дБ·м;
- шум-фактор – 6 дБ;
- ширина полосы усиления – 35–40 нм.

Исследование характеристик осуществлялось при подключении оптического изолятора на вход усилителя. Конструкция модуля ПОУ в корпусе 14 pin DIL типа “Баттерфляй” представлена на рис.6. Волоконно-оптические кабели содержат одномодовое волокно с сохранением или без сохранения поляризации. На входе и выходе ПОУ оконцовываются коннекторами типа FC/AP.

Результат проведенной работы – это созданные ПОУ также и на длинах волн 840; 1300; 1064; 1550 нм. Их параметры идентичны параметрам описанного оптического усилителя. ПОУ, характеристики которого представлены в работе, были использованы в волоконно-оптических системах передачи информации со спектральным уплотнением каналов в качестве усилителей мощности выходного излучения и предусилителей для повышения чувствительности приемников излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лык В.В., Дураев В.П., Елисеев П.Г. и др. Оптический усилительный модуль. – Препринт ФИАН, Москва, 1989.
2. Лык В.В., Дураев В.П., Елисеев П.Г. – Квантовая электроника, 1992 (19), №7.
3. Дураев В.П. – Лазерная техника и оптоэлектроника, 1992 (40), № 3–4.
4. Слепов Н.Н. Оптические усилители, Connect. Ч1.– Мир связи, 1999, № 8.
5. Волоконно-оптическая техника (история, достижения, перспективы). /Под ред. Дмитриева С.А., Слепова Н.Н., Москва, 2000.
6. Курков А.С., Наний О.Е. – Lightwave, Russian edition, 2003, № 1.
7. Дураев В.П., Неделин Е.Т., Недобывайло Т.П. и др. – Квантовая электроника, 2001 (31), № 6.



НОВЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИЙ

В ФГУП НИИКИ ОЭП проходит испытания прибор для дистанционных измерений параметров вибраций зданий, сооружений, мостовых конструкций, строительных и инженерных конструкций. В основе его работы – регистрация перемещения спекл-структур. Они формируются при рассеянии зондирующего пучка лазерного излучения диффузным объектом. ПЗС-камера регистрирует изображения через эквидистантные промежутки времени, затем получают частотную зависимость скорости перемещения объекта. Дистанционный лазерный спекл-виброметр имеет следующие параметры:

Рабочий диапазон частот, Гц	0,4 – 100
Диапазон измеряемых виброперемещений (амплитудное значение), мкм	0,1 – 5000
Диапазон измеряемых виброскоростей (амплитудное значение), мм/с	0,02 – 200
Диапазон измеряемых виброускорений (амплитудное значение), м/с ²	0,005 – 50
Расстояние до измеряемого объекта, м	4–20
Предел допускаемого значения относительной погрешности измерения виброускорения, %	±10
Предел допускаемого значения относительной погрешности измерения виброскорости, %	±10
Предел допускаемого значения относительной погрешности измерения виброперемещения, %	±10
Предел допускаемого значения погрешности измерения частоты колебаний, %	±0,5
Время выхода на режим после включения, мин	≤20
Напряжение питания от аккумулятора, В	≤5
Потребляемая мощность прибора, Вт	≤2,5
Размеры оптико-электронного блока, мм	670×210×200
Масса прибора, кг	7,8

Прибор, имеющий простую оптическую схему, в качестве основных комплектующих включает телескоп, ПЗС-камеру и полупроводниковый лазер. Наиболее близким аналогом прибора является доплеровский виброметр. Работа выполнена по заказу Агентства экономического развития Ленинградской области.

Владимир Макин, к.ф.-м.н.

