

## Литература

1. *Корепанов В. И., Федоров С. М., Шульга В. А.* Применение низкоинтенсивного лазерного излучения в дерматологии. Рос. мед. акад. последиплом. образования, Центр. кож.-вен. ин-т. М. 1996. 54 с.
2. *Лисенкова А. М., Железнякова Т. А., Сенчук В. В.* Экспериментальное исследование эффективности лазерного метода регуляции транспорта антибиотиков через модель кожного покрова // Спектральные приборы для аналитических применений. Перспективные разработки. Под. ред. Воропая Е. С. Мн.: БГУ, 2005. С. 174–192.
3. *Тучин В. В.* Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Саратов. 1998. 384 с.
4. *Сетейкин А. Ю., Гершевич М. М., Еришов И. А.* Моделирование процессов взаимодействия низкоинтенсивных лазерных пучков с многослойными рассеивающими биоматериалами // ЖТФ. 2002. Т. 72. вып. 1. С. 100–104.

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДВУХВОЛНОВОГО ЛАЗЕРА

**И. Н. Карчевская**

Создание полупроводниковых лазерных диодов на основе асимметричной квантоворазмерной гетероструктуры, обеспечивающих генерацию излучения на двух различных оптических длинах волн, позволило разработать структуры квантоворазмерных гетеролазеров, способных излучать оптические сигналы на двух или трех длинах волн одновременно со стабильной амплитудой и частотой повторения в гигагерцовом диапазоне. Появление таких лазеров дает широкие возможности для создания высокоэффективных двухволновых лазерных измерительных и диагностических систем нового типа, обеспечивающих большую точность измерений по сравнению с аналогичными одноволновыми лазерными структурами. Метрологические характеристики систем на основе двухволновых лазеров в значительной степени определяются точностью задания и возможностью перестройки длин волн лазерного излучения, поэтому разработка методов управления и стабилизации длины волны излучения двухволновых инжекционных лазеров является важной и актуальной проблемой.

Обеспечение стабильности и надежности работы полупроводникового лазера предполагает повышение временной когерентности, которое возможно путем подавления частотного шума и уменьшения ширины линии излучения. Частоту генерации лазера можно регулировать, подстраивая соответствующим образом ток и температуру. При этом отклик частоты лазера на изменения тока оказывается более широкополосным, чем отклик на изменения температуры. В установке, предназначенной для подавления частотного шума путем регулировки тока, для стабилизации

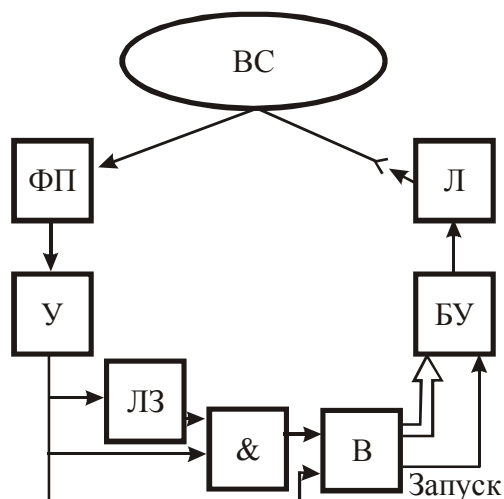


Рис.1. Функциональная схема системы измерения длины волны излучения полупроводникового инжекционного лазера

нового инжекционного лазера. Система содержит источник лазерного излучения Л, блок управления длиной волны излучения лазера БУ, дисперсионный волоконный световод ВС, фотоприемник ФП, усилитель У, вычислительный блок В, элемент «И» &, линию задержки ЛЗ. В качестве дисперсионного элемента используется волоконно-оптический световод.

Время распространения оптического излучения в световоде будет зависеть от длины волны излучения. Блок управления длиной волны излучения БУ формирует импульсы тока  $I_1$  и  $I_2$  для запуска лазера на длинах волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . При замкнутой петле оптической обратной связи в системе устанавливается процесс рециркуляции одновременно на двух оптических длинах волн, период  $\tau$  которой определяется оптической задержкой излучения в световоде при постоянной электрической задержке в блоках системы. Разность оптических задержек за один период рециркуляции равняется

$$\Delta t = \frac{L}{c}(n_1 - n_2), \quad (1)$$

где  $L$  – длина световода,  $c$  – скорость света в вакууме,  $n_1, n_2$  – коэффициенты преломления излучения в световоде на длинах волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Измеряя частоту (период) рециркуляции на первой длине волны определяется ее коэффициент преломления в световоде, а, следовательно, и длина волны излучения. Измеряя разность частот рециркуляции на первой и второй длинах волн, определяется вторая длина волны излучения. Перестройка и управление длиной волны осуществляется путем изменения тока инжекции лазера. Длину волоконного световода  $L$  следует выбирать таким

частоты используют отрицательную обратную связь, чтобы удерживать частоту вблизи необходимого эталонного значения [1].

Для решения задачи измерения и управления длиной волны лазерного излучения предлагается система, в которой реализуется режим оптико-электронной рециркуляции одновременно на двух оптических длинах волн [2]. На рис.1 представлена функциональная схема системы измерения длины волны излучения двухвол-

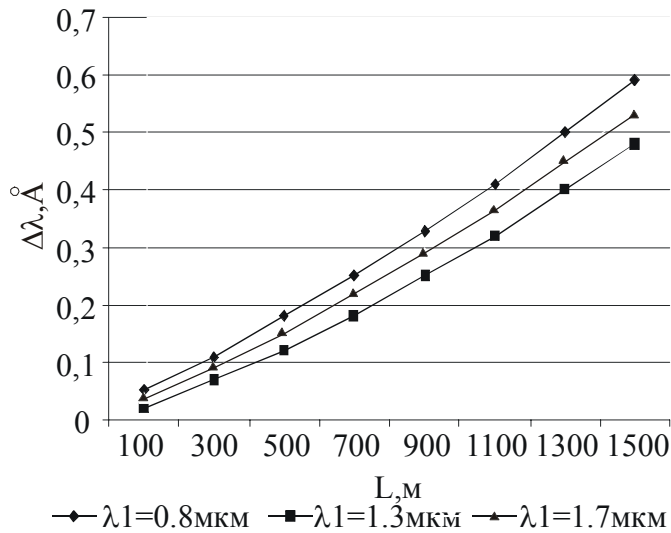


Рис. 2. Зависимость чувствительности изменения  $\delta\lambda$  от длины оптоволокна  $L$  для оптоволокна из  $\text{SiO}_2$

рения и управления длинами волн излучения двухволнового полупроводникового лазера для различных видов оптоволокна и световодов различной длины в диапазоне длин волн от 0,6 мкм до 1,7 мкм. На рис. 2 представлена зависимость разрешения системы  $\delta\lambda$  от длины волокна для волокна, изготовленного из оксида кремния. Результат показал, что чувствительность измерения одной из длин волн тем выше, чем меньше длина оптоволокна.

На рис. 3 показана зависимость разрешения системы  $\delta\lambda$  от длины волны излучения лазера для световода из 9,1% $\text{GeO}_2$ , 7,7% $\text{B}_2\text{O}_3$ , 83,2% $\text{SiO}_2$ . Как видно из графика при длине оптоволокна 100 метров чувствительность изменяется от 0,04 Å до 0,02 Å, а при  $L=200\text{м}$  чувствительность находится в пределах 0,09 – 0,04 Å. Данные графики в общем повторяют зависи-

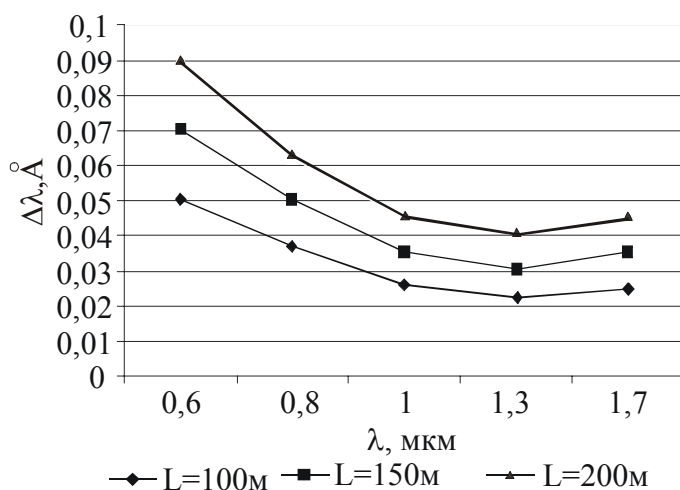


Рис. 3. Зависимость чувствительности измерения  $\delta\lambda$  от  $\lambda$  для различных длин оптоволокна  $L$

образом, чтобы время задержки в нем оптического излучения было больше времени электрической задержки в функциональных блоках системы. Диапазон рабочих длин волн  $\Delta\lambda$  определяется спектром пропускания волоконно-оптического световода и полосой приемника излучения.

Было выполнено математическое моделирование работы системы изме-

мости изменения дисперсии от длины волны.

На рис. 4 представлена зависимость изменения числа периодов рециркуляции от изменения одной из длин волн излучения двухволнового лазера. Для оптоволокна, изготовленного из оксида кремния на длинах волн 1,3 мкм при изменении длины одной из

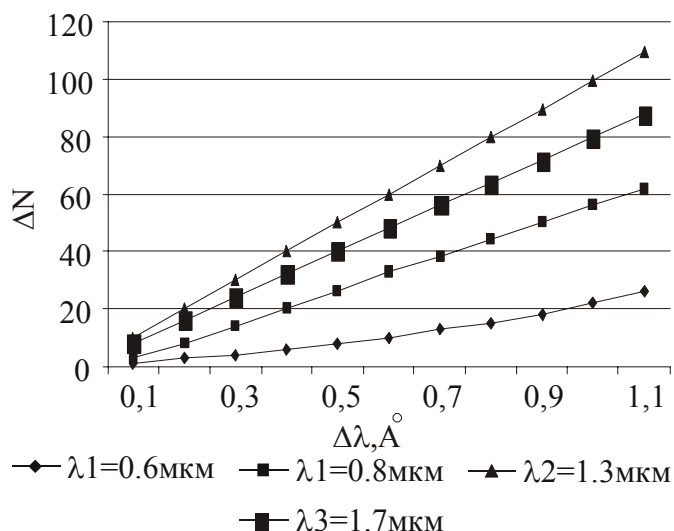


Рис. 4. Зависимость числа периодов рециркуляции от изменения  $\lambda_1 - \lambda_2$  для различных длин волн в оптоволокне из  $\text{SiO}_2$

волн на  $0,1 \text{ Å}$  количество периодов рециркуляции изменяется на 10 периодов.

Таким образом, по результатам математического моделирования работы системы можно сделать вывод, что наилучшая чувствительность наблюдается на длине волны  $1,3 \text{ мкм}$ . При длине оптоволокна  $100 \text{ метров}$  система чувствительна к изменению длины волны излучения одного из лазеров на  $0,02 \text{ Å}$ , а с увеличением длины оптического волокна

до двухсот метров чувствительность ухудшается до  $0,04 \text{ Å}$ .

Таким образом, реализация режима оптико-электронной рециркуляции одновременно на двух оптических длинах волн позволяет одновременно измерять обе длины волны излучения и управлять каждой длиной волны генерации двухволнового лазера, а результаты математического моделирования показывают высокую эффективность и высокие точностные характеристики системы.

### Литература

1. Физика полупроводниковых лазеров: пер. с японск./ Под ред. Х. Такумы. – М.: Мир, 1989. – 310с., ил.
2. Патент РФ №4388 Устройство измерения длины волны когерентного оптического излучения / В.Л. Козлов, С.И. Чубаров. Оpubл 22.11.2001.

## АНАЛИЗ ИНЖЕКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В КВАНТОВОКАСКАДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ

Д. В. Квартальный

### ВВЕДЕНИЕ

Захват носителей в квантовые ямы из нелокализованных состояний (состояний непрерывного спектра) может быть обусловлен двумя механизмами. Первый – это захват носителя в результате испускания им оптического фонона и перехода на один из уровней ямы [1]. Такой вид захвата характерен для случая, когда энергетический зазор между свобод-