

Исследование временной когерентности полупроводникового лазерного диода

1. Цель работы

Цель работы – провести исследование временной когерентности излучения полупроводникового излучателя, работающего в лазерном и светодиодном режимах.

2. Задание на работу

Перед выполнением работы необходимо изучить теоретически основные принципы работы лазерного диода и светоизлучающего диода, основные параметры полупроводниковых излучателей (ватт – амперные характеристики, спектральные характеристики), понятие временной когерентности и пространственной когерентности, а также принцип измерения временной когерентности с использованием интерферометра Майкельсона. Особое внимание необходимо уделить зависимости функции временной когерентности от спектральных характеристик излучения.

3. Описание лабораторной установки

Блок – схема лабораторной установки приведена на рис. 1.

В процессе выполнения лабораторной работы производятся:

1. Исследование основных принципов измерения временной когерентности интерферометрическими методами.
2. Исследование конструкции и принципа работы интерферометра Майкельсона.
3. Экспериментальное измерение функции временной когерентности излучения полупроводникового лазера, работающего в лазерном и светодиодном режимах.
4. Вычисление длины когерентности, времени когерентности и ширины спектра излучения для обоих режимов работы излучателя.
5. Вычисление длины резонатора и межмодового интервала для оптического резонатора полупроводникового лазера.
6. Построение теоретической зависимости для функции временной когерентности излучения полупроводникового лазера.

Лабораторная установка состоит из следующих узлов:

Источник питания полупроводникового лазера 1, полупроводниковый лазерный диод 2 с волоконным световодом 4, линзовый коллиматор пучка света 3, светоделительный кубик 5, зеркало 6, смонтированное на пьезокерамическом микропозиционере 7, звуковой генератор 8, зеркало 9, смонтированное на микропозиционере 10, фотоприемник 11, осциллограф 12, аналоговый коммутатор 13.

Оптическое излучение (пунктирная линия на рис.1) от полупроводникового излучателя 2, пройдя через волоконный световод 4, преобразуется в квазипараллельный пучок света коллиматором 3, вводится в светоделительный кубик 5, который расщепляет пучок на два пучка приблизительно равной интенсивности .

Оба расщепленных пучка отражаются от зеркал 6 и 9 и объединяются на фотоприемнике 11, при этом в плоскости фотоприемника возможно наблюдать интерференционную картину – результат интерференции между обоими

пучками света. Зеркало 9 смонтировано на микропозиционере 10, позволяющем изменять разность хода между обеими пучками. Цена деления шкалы микропозиционера 10 мкм. Смещение зеркала 9 на величину Δl соответствует изменению разности хода между интерферирующими пучками на величину $\Delta L=2 \Delta l$.

Зеркало 6 смонтировано на пьезокерамическом микропозиционере 7. Под действием синусоидального напряжения от генератора 8 зеркало 6 совершает синусоидальные колебания, что приводит к перемещению интерференционных полос поперек входной апертуры фотоприемника. В результате этого выходной сигнал фотоприемника изменяется от максимума до минимума, когда разность хода между интерферирующими лучами изменяется на $\lambda/2$.

Сигнал с выхода фотоприемника 11 проходит через аналоговый коммутатор 13, который периодически замыкает вход осциллографа на землю. Это позволяет наблюдать и измерять на осциллографе одновременно максимальное и минимальное значения интенсивности интерференционной картины I_{MIN} and I_{MAX} (рис.2).

Последовательность выполнения работы.

1. Прочитать описание к работе. Определить местонахождение всех оптических и механических элементов установки, регулировочных винтов и ручек настройки, электронных узлов и их органов управления.

Внимание! Перед включением установки уменьшите ток накачки излучателя до минимума (для этого поверните ручку регулировки тока накачки против часовой стрелки до упора).

2. Измерьте экспериментальную зависимость модуля функции временной когерентности от разности хода интерферирующих лучей для лазерного и светодиодного режимов работы полупроводникового излучателя. Измерьте расстояние между максимумами огибающей измеренной зависимости. Для этого необходимо:

Включить источник питания, осциллограф и все другое оборудование. Установить лазерный режим работы полупроводникового излучателя. Для этого необходимо установить максимальный ток накачки лазера – повернуть ручку регулировки тока накачки по часовой стрелке до упора. Установить нулевую разность хода интерферирующих лучей в интерферометре $\Delta L=0$. При этом сигнал интерференции будет максимальным.

Используя лист бумаги, закрывать последовательно каждое из зеркал интерферометра 6 и 9 и измерять интенсивность света в каждом из интерферирующих пучков I_1 и I_2 .

- a. Отметить положение лимба отсчета микропозиционера и использовать его как нулевое деление шкалы. Смещать зеркало 9 от этого начального положения с шагом 5 микрометров (половина наименьшего деления микрометрического винта).

Измерить значения I_{MIN} и I_{MAX} соответствующие каждому положению зеркала 9 в пределах 200 – микронного интервала от нулевого положения зеркала. Значения I_{MIN} и I_{MAX} измеряются по экрану осциллографа. После окончания измерений вновь установить нулевую разность хода между интерферирующими пучками $\Delta L=0$.

- b. Передвигая зеркало 9 от нулевого положения, найти второй максимум интерференционной картины, используя экран осциллографа (второй

максимум существенно меньше первого , поэтому вращать микрометрический винт медленно , внимательно наблюдая за интерференционной картиной) . Используя шкалу на лимбе микрометрического винта , измерить расстояние между первым и вторым максимумами ΔL_K .

- c. Установить светодиодный режим работы излучателя . Для этого необходимо уменьшить ток накачки излучателя , повернув ручку регулировки тока в первое отмеченное положение .
 - d. Проверить отсутствие интерференции за пределами области главного максимума кривой видности интерференционной картины .
 - e. Повторить измерения зависимости I_{MIN} и I_{MAX} от разности хода ΔL между интерферирующими пучками для светодиодного режима работы излучателя
3. Используя измеренные значения , построить нормированную зависимость модуля функции когерентности $|\mu_T(\Delta L)|$ для обоих режимов работы излучателя , в соответствии с формулой :

$$|\mu_T(\Delta L)| = \frac{\{I_{MAX}(\Delta L) - I_{MIN}(\Delta L)\} \{I_{MAX}(\Delta L=0) + I_{MIN}(\Delta L=0)\}}{\{I_{MAX}(\Delta L) + I_{MIN}(\Delta L)\} \{I_{MAX}(\Delta L=0) - I_{MIN}(\Delta L=0)\}} \quad (1)$$

4. Используя построенную зависимость , определить длину когерентности ΔL_K как разность хода между интерферирующими пучками ΔL , для которой значение $|\mu_T(\Delta L_K)|=0.707$ для обоих режимов работы излучателя .
5. Рассчитать время когерентности τ для обоих режимов работы излучателя:

$$\tau = \Delta L_K / C \quad (2)$$

где C скорость света ..

6. Рассчитать ширину спектра излучения полупроводникового излучателя для обоих режимов работы излучателя , используя формулы 3 и 4 :

$$\Delta f = 0,11 C / \Delta L_K \quad (3)$$

$$\Delta \lambda = 0,11 \lambda^2 / \Delta L_K \quad (4)$$

где $\lambda = 0,85 \mu m$, длина волны излучения .

Построить теоретическую зависимость модуля функции временной когерентности от разности хода интерферирующих пучков ΔL для лазерного режима работы излучателя , используя формулу

$$|\mu_{T THEOR}(\Delta L)| = \exp \{-0.11 \pi |\Delta L| / \Delta L_K\} \quad (5)$$

7. Используя экспериментальные данные для лазерного режима , определить продольный размер резонатора полупроводникового лазера , образованного сколотыми гранями полупроводникового кристалла :

$$L_{CAV} = \Delta l_K / n_{GR} \quad (6)$$

где Δl_K - расстояние между первым и вторым максимумами интерференционной картины, $n_{GR} = 4$ – групповой показатель преломления для GaAlAs – планарного волновода лазера .

- 8 . Вычислить межмодовый интервал для резонатора лазера , используя формулу :

$$\Delta f_M = C / 2 n_{GR} L_{CAV} \quad (7)$$

$$\Delta \lambda_M = \lambda^2 / 2 n_{GR} L_{CAV} \quad (8)$$

- 9 . Определить полное число продольных мод в спектре излучения лазера по формуле :

$$M = \Delta \lambda / \Delta \lambda_M \quad (9)$$

Содержание отчета о работе:

1. Блок – схема лабораторной установки .
2. Результаты измерений в виде таблиц .
3. Результаты расчетов по формулам 1 – 9 .
4. Графики экспериментальных зависимостей $|\mu_T(\Delta L)|$ для лазерного и светодиодного режимов и $|\mu_{T\text{THEOR}}(\Delta L)|$ для лазерного режима .
5. Анализ результатов и выводы по работе .

Контрольные вопросы:

1. Объясните понятие “ время когерентности “.
2. Объясните зависимость между временем когерентности и шириной спектра излучения .
3. Объясните зависимость между временем когерентности и длиной когерентности .
4. Чем определяется пространственный период между интерференционными полосами на выходе интерферометра ?
5. Объясните зависимость между видностью интерференционной картины и коэффициентом деления светоделительного кубика .
6. Объясните зависимость между видностью интерференционной картины и углом между направлениями поляризации обоих интерферирующих пучков .
7. Объясните зависимость между видностью интерференционной картины и углом между направлениями распространения обоих интерферирующих пучков .
8. Какими факторами определяется время когерентности излучения одномодового лазера ?
9. Какими факторами определяется время когерентности излучения многомодового лазера ?
10. Объясните изменение времени когерентности и эволюцию спектра полупроводникового излучателя при переходе из светодиодного в суперлюминесцентный и далее в лазерный режим работы .

Рекомендуемая литература:

1. М.М.Бутусов , С.Л.Галкин, В.Н. Гомзин, С.М.Верник “Волоконно-оптические системы передачи “ , М., Радио и связь,1992г.
- 2 . М.М.Бутусов , С.Л.Галкин,С.П.Оробинский,Б.Пал “ Волоконная оптика и приборостроение “ , Л.,Машиностроение , Лен. отд. ,1987 г.
3. Волноводная оптоэлектроника , под ред.Т.Тамира, М.,Мир, 1991 г.
4. А.Козанне,Ж.Флере, Г.Мэтр,М.Руссо “ Оптика и связь “ , М., Мир, 1984 г.
5. Дж. Гауэр “ Оптические системы связи “ ,М.,Радио и связь,1989 г.
6. Суэмацу Я. “ Основы оптоэлектроники “ ,М.,Мир, 1988 г.
7. А.Ярив “ Введение в оптическую электронику “ , М., Высшая школа , 1983 г.
8. А.Ярив “ Квантовая электроника “ , М., Сов. Радио , 1980 г.
9. Н.В.Карлов “ Лекции по квантовой электронике “ ,М.,Наука, ГРФМЛ, 1988 г.
10. К.И.Крылов,В.Т.Прокопенко, В.А.Тарлыков “Основы лазерной техники“ Л.,Машиностроение , Лен. отд. ,1990 г.
11. О.Звелто “ Принципы лазеров “ ,М.,Мир, 1990 г.
- 12.” Полупроводниковые инжекционные лазеры “ ,под. ред . У.Тсанга , М.,Радио и связь,1990
13. В.П.Грибковский “ Полупроводниковые лазеры “ , Минск , Университетское изд .,1988 г.
14. М.Борн,Э.Вольф “ Основы оптики “ , М.,Наука, ГРФМЛ, 1970 г.
15. О.М.Марченко “ Когерентность и статистические свойства света

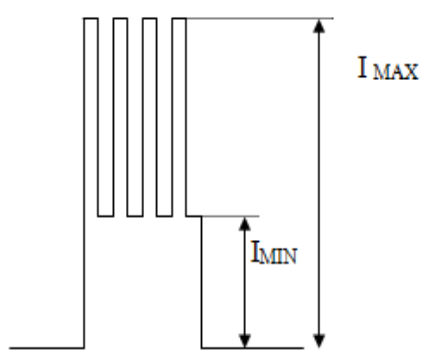
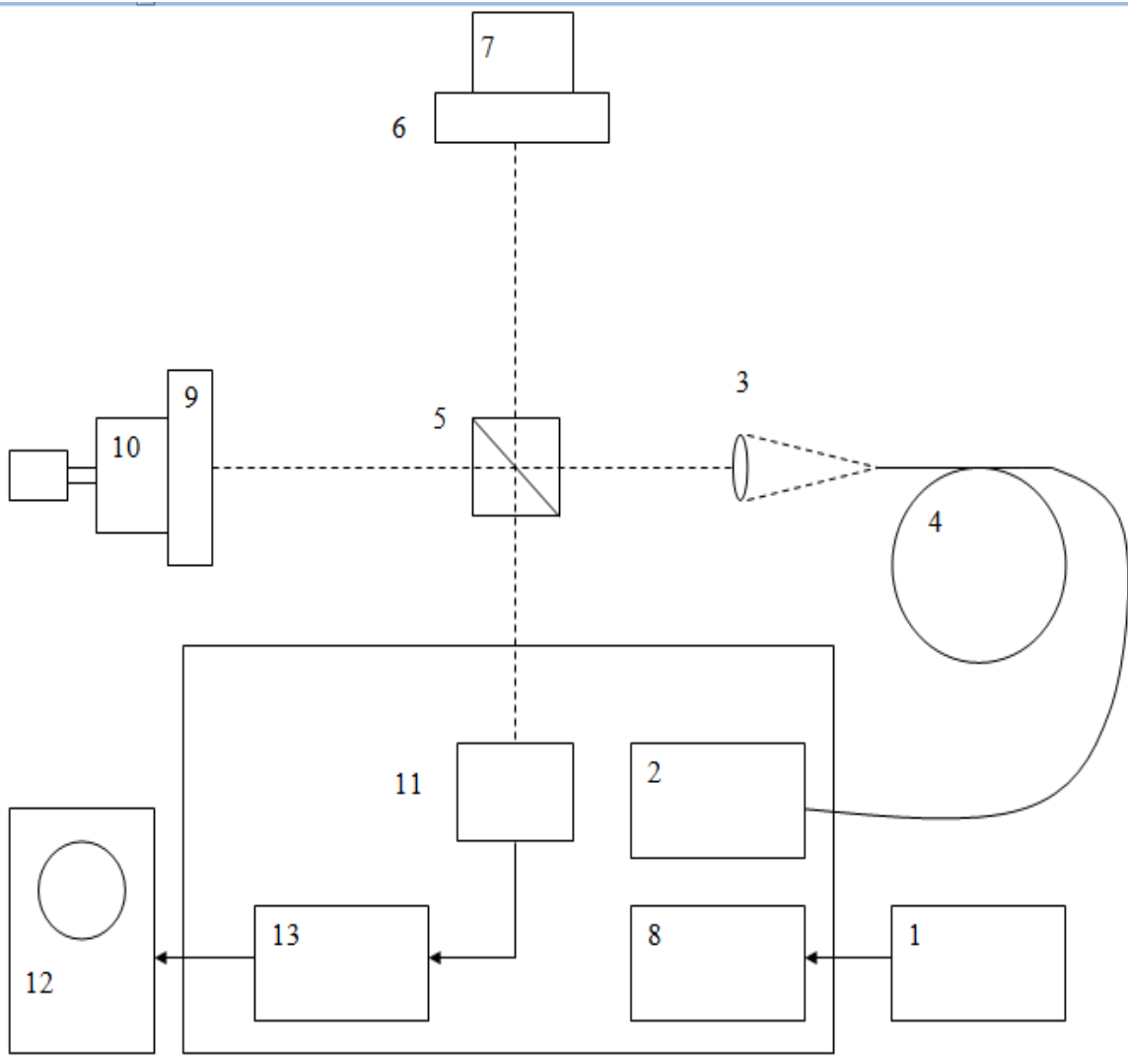


Рис.2

Рис.1