

Государственное высшее учебное заведение
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ОТЧЁТ
по лабораторной работе №80

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА НАРЕЗКИ ЛАЗЕРНОГО ДИСКА

Выполнил студент группы _____

Преподаватель кафедры физики

Отметка о защите _____

Лабораторная работа №80

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА НАРЕЗКИ ЛАЗЕРНОГО ДИСКА

Цель работы – определить длину волны излучения полупроводникового инжекционного лазера, рассчитать шаг нарезки лазерного диска.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, инжекционный полупроводниковый лазер с сетевым блоком питания, дифракционная решётка, фрагмент лазерного диска.

Общие положения

Большую часть лазерного диска занимает основа, созданная из прозрачного поликарбоната. При изготовлении основы методом штамповки на нее наносится информационный узор. В результате получается пластиковая пластина. С одной стороны она гладкая, а с другой на нее нанесено множество микроскопических углублений. Далее на основу напыляется отражающий металлический слой. Для этих целей чаще всего используется алюминий. Сверху диск покрывают защитным слоем тонкой пленки поликарбоната или специального лака. Записываемые и перезаписываемые компакт-диски имеют еще один дополнительный слой. У них основа не имеет информационного узора, но между основой и отражающим слоем расположен регистрирующий слой. Он может менять прозрачность под воздействием высокой температуры. При записи лазер разогревает заданные участки регистрирующего слоя, создавая информационный узор. Участки регистрирующего слоя, к которым было применено температурное воздействие, темнеют. В качестве материала для регистрирующего слоя используют сложные органические соединения (цианин, фталоцианин).

Как штампованные, так и записываемые или перезаписываемые компакт-диски, имеют одинаковую структуру хранения информации (рис. 1). Информация на диске записывается в виде спиральной дорожки из питов (pit (англ.) – углубление), выдавленных в поликарбонатной основе. Каждый пит имеет примерно 100 нм в глубину и 500 нм в ширину. Длина пита варьируется от 850 нм до 3,5 мкм. Промежутки между питами называются лендом (land (англ.) – пространство, основа). Шаг дорожек в спирали составляет 1,6 мкм.

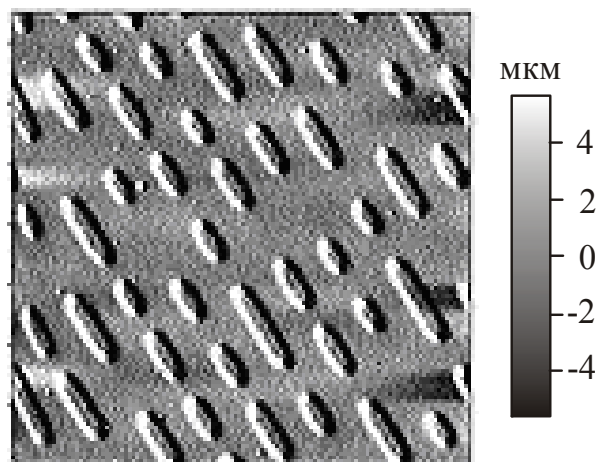


Рисунок 1

С точки зрения волновой оптики лазерный диск представляет собой одномерную штриховую отражательную дифракционную решётку.

При освещении решётки нормально падающим параллельным пучком монохроматического света максимумы дифракции наблюдаются при выполнении следующего условия:

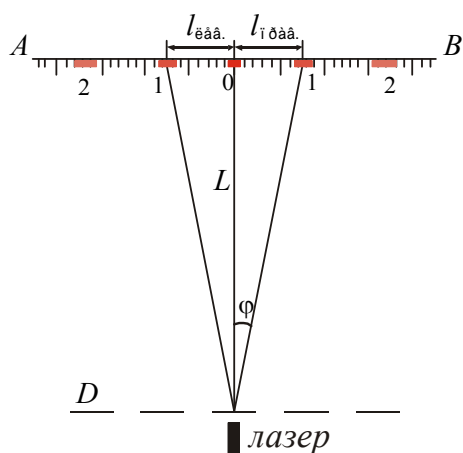
$$d \sin \varphi = m\lambda. \quad (1)$$

где d – период решётки (постоянная решётки), λ – длина волны, φ – угол дифракции, $m=0,1,2,3 \dots$ – порядок максимума.

Описание установки и методики эксперимента

Оптическая скамья представляет собой линейку с делениями. На этой линейке помещается экран со шкалой. Дифракционная решётка устанавливается в держателе на торце линейки. Блок питания лазера включается на 220 В, мощность излучения не превышает 1 мВт. Установка работает в двух режимах.

Первый режим соответствует работе со штриховой дифракционной решёткой. Для этого лазер с блоком питания размещается перед дифракционной решёткой. Если пропустить свет через дифракционную решётку, то кроме



изображения щели на шкале можно увидеть симметрично расположенные максимумы (рис. 2). Каждый максимум находится на определённом расстоянии l от центрального максимума. Это расстояние измеряется по шкале AB . Расстояние от решётки D до шкалы обозначим через L .

Синус угла дифракции можно определить, измерив расстояния L и l :

$$\sin \varphi = \sqrt{\frac{l^2}{l^2 + L^2}} \quad (2)$$

Рисунок 2

Сделав замену в (1), получим формулу для расчёта длины волны излучения полупроводникового лазера:

$$\lambda = \frac{d}{m} \sqrt{\frac{l^2}{l^2 + L^2}}. \quad (3)$$

Второй режим соответствует работе с фрагментом лазерного диска, который используется в качестве отражательной штриховой дифракционной решётки. Для этого оптическая скамья разворачивается на 180° и производится юстировка так, чтобы лазерный луч проходил через щель в экране и падал на фрагмент лазерного диска. Дорожки записи на диске в зоне падения луч должны быть ориентированы вертикально. Расстояние между держателем решётки и экраном нужно сократить со 150 мм до 45–50 мм, чтобы дифракционный спектр от фрагмента лазерного диска не выходил за пределы экрана. Шаг нарезки диска (постоянная отражательной решётки) рассчитывается по формуле:

$$d = m\lambda \cdot \sqrt{\frac{l^2 + L^2}{l^2}}. \quad (4)$$

Внимание! Направлять луч в глаза или сканировать им по лаборатории категорически запрещается, так как возможны ожоги сетчатки глаза.

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. Какова цель работы?
2. Какие величины Вы будете измерять непосредственно?
3. Запишите формулу, по которой Вы будете рассчитывать длину волны, Поясните смысл обозначений.
4. Запишите формулу, по которой рассчитывается шаг нарезки диска (постоянная отражательной решётки).

Выполнение работы

Задание 1. Определение длины волны излучения полупроводникового лазера

1. Записать значение постоянной решётки, указанное на решётке. Значение дано в мм. Закрепить дифракционную решётку в держателе на переднем торце линейки.
2. Лазер разместить перед решёткой. Включить лазер. Перемещая экран вдоль линейки (расстояние между решёткой и экраном установить порядка 100–150 мм), получить чёткое изображение дифракционной картины. Измерить расстояние L от решётки до экрана.
3. Измерить расстояние от центрального максимума до первого левого l' и первого правого l'' дифракционных максимумов (см. рис. 2).
4. Выполнить измерения для 2-го и 3-го максимумов.
5. Изменить расстояние между решёткой и экраном на несколько сантиметров. Повторить измерения согласно п. 2, 3, 4.

Задание 2. Определение шага нарезки лазерного диска

1. Заменить решётку фрагментом лазерного диска. Дорожки записи в зоне попадания лазерного луча должны быть ориентированы вертикально.
2. Развернуть оптическую скамью на 180° . Отрегулировать положение установки таким образом, чтобы лазерный луч проходил через щель в экране и падал на фрагмент лазерного диска.
3. Уменьшить расстояние L между держателем решётки и экраном до 50 мм. Получить чёткое изображение дифракционной картины. Измерить расстояние L от решётки до экрана.
4. Измерить расстояние от центрального максимума до первого левого l' и первого правого l'' дифракционных максимумов (см. рис. 2).
5. Выполнить измерения для 2-го максимума.
6. Уменьшить расстояние L между держателем решётки и экраном на 1-2 см. Повторить измерения согласно п. 4, 5.
7. Выключить лазер.

Оформление отчёта

1. Расчёты

Задание 1

1. Рассчитать среднее значение $l = \frac{l'+l''}{2}$ для каждого максимума.
2. Рассчитать длину волны по формуле (3) для каждого максимума.
3. Найти среднее значение длины волны.
4. Рассчитать абсолютную погрешность как для прямых измерений.
5. Найти относительную погрешность измерений. Результаты представить в стандартном виде:

$$\lambda = \lambda_{\text{ср}} \pm \Delta\lambda$$

Задание 2

1. Рассчитать среднее значение $l = \frac{l'+l''}{2}$ для каждого максимума.
2. Рассчитать шаг нарезки диска по формуле (4) для каждого максимума, используя найденное среднее значение длины волны.
3. Найти среднее значение шага нарезки диска.
4. Рассчитать абсолютную погрешность как для прямых измерений.
5. Найти относительную погрешность измерений. Результаты представить в стандартном виде:

$$d = d_{\text{ср}} \pm \Delta d$$

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. Какое явление изучалось в данной работе? В чём оно заключается?
2. Какой прибор Вы использовали для наблюдения этого явления? Что он собой представляет?
3. Запишите условие, при выполнении которого будут наблюдаться главные дифракционные максимумы. Поясните смысл обозначений.
4. Какой вид будет иметь дифракционная картина, если решётку освещать белым светом?
5. Сравните полученное экспериментально значение шага нарезки диска с реальным значением. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ
измерений к лабораторной работе № 80

Выполнил(а) _____

Группа _____

Задание 1

Постоянная дифракционной решётки $d =$ _____

№ п/п	Номер m максимума	L , мм	l' , мм	l'' , мм	l , мм	λ , нм
1						
2						
3						
4						
Среднее						

Задание 2

№ п/п	Номер m максимума	L , мм	l' , мм	l'' , мм	l , мм	d , мкм
1						
2						
3						
4						
Среднее						

Дата _____

Подпись преподавателя _____