



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Робототехника и мехатроника»

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ** к лабораторной работе

# **«Исследование устройства лазерного позиционирования узлов мехатронных систем и роботов»**

Авторы  
Мартынов В.В.,  
Круглова Т.Н.

Ростов-на-Дону, 2015



## Аннотация

Исследуются принцип работы и конструкция системы позиционирования считывающего лазерного луча в устройстве для хранения информации на оптическом диске; рассматривается, каким образом использование указанного принципа может быть использовано для прецизионного позиционирования рабочего органа мехатронного (робототехнического) устройства.

Для студентов дневной формы, обучающихся по направлению 221000 «Мехатроника и робототехника» подготовки бакалавров, профили «Мехатроника» и «Роботы и робототехнические системы».

## Авторы

к.т.н., доцент В.В. Мартынов

к.т.н., доцент Т.Н. Круглова





## Оглавление

Цель работы.....	4
1. Элементы теории.....	5
1.1. Лазерное позиционирование в мехатронной системе считывания оптической информации (на примере устройства CD-ROM) .....	5
1.2. Лазерное позиционирование рабочего органа промышленной мехатронной (робототехнической) системы ....	7
2. Описание лабораторного стенда .....	8
3. Требования техники безопасности при работе с лазерным излучением .....	9
4. Программа выполнения работ .....	10
5. Содержание отчета .....	12
6. Контрольные вопросы .....	13
Литература.....	14



## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Ознакомление с принципом работы и конструкцией системы слежения за дорожкой в устройстве считывания информации с оптического диска (на примере устройства CD-ROM) и принципом лазерного позиционирования в системе управления позиционированием рабочего органа в макете промышленной мехатронной (робототехнической) системы.

Экспериментальное определение дискриминационной характеристики и разрешающей способности по перемещению устройства лазерного позиционирования рабочего органа.



## 1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ

### 1.1. Лазерное позиционирование в мехатронной системе считывания оптической информации (на примере устройства CD-ROM)

В устройствах для считывания цифровой информации с оптического диска (CD, DVD и т. п.) процесс считывания выполняется с помощью оптической головки (рис. 1), в состав которой входят полупроводниковый лазер, оптическая формирующая система и многоплощадочный фотоприемник.

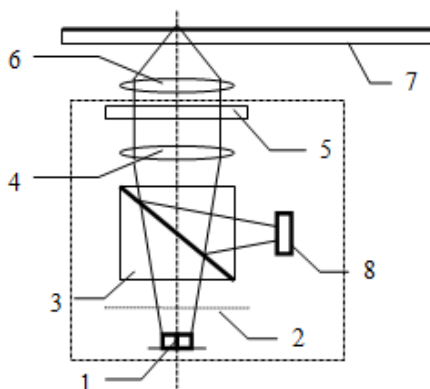


Рис.1. Упрощенная схема оптической головки:

- 1 - полупроводниковый лазер; 2 - дифракционная решетка;
- 3 - светоделительный кубик; 4 - коллиматор;
- 5 - четвертьволновая пластинка; 6 - микрообъектив;
- 7 - оптический диск; 8 - многоплощадочный фотоприемник.

Слежение за информационной дорожкой диска происходит следующим образом. Из множества лучей, на которые дифракционная решетка 2 расщепляет излучение полупроводникового лазера, центральный луч (нулевого порядка) используется для поддержания фокусировки и считывания информации, а два луча первого порядка используются для слежения за дорожкой. Коллиматор 4 формирует нужное сечение луча, а четвертьволновая пластинка 5 при каждом прохождении через нее луча поворачивает его плоскость поляризации на 45°. Диагональная плоскость светоделительного кубика 3,



являющаяся поляризованным зеркалом, беспрепятственно пропускает лучи от лазера к диску, но отражает их на фотоприемник на обратном пути. Информационная поверхность диска 7 покрыта светоотражающим слоем металла (чаще всего Al или Au). Отраженные от диска три луча (один нулевого и два первого порядка) попадают соответственно на центральные (A, B, C, D) и боковые (E и F) площадки фотоприемника (рис. 2). Разность электрических сигналов площадок E и F усиливается и используется для управления перемещением микрообъектива оптической головки.

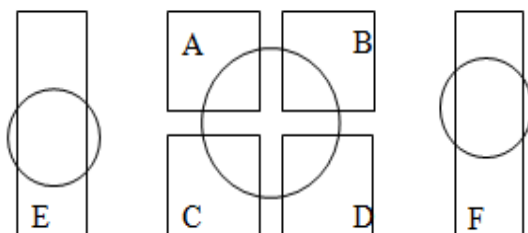


Рис.2. Расположение отраженных от диска световых пятен на площадках фотоприемника E и F, предназначенных для слежения за информационной дорожкой.

Информационные дорожки на компакт-диске расположены по спирали с шагом 1,6 мкм. Лучи, отраженные от дорожек, обладают меньшей яркостью, чем лучи, отраженные от промежутка между дорожками. Поэтому и электрические сигналы ( $U_E$  или  $U_F$ ) от фотоплощадок E и F могут иметь разный уровень.

Если считывающий луч находится точно на информационной дорожке, то площадки E и F засвечены одинаково (см. рис. 2) и разность ( $U_E - U_F$ ) равна нулю. При смещении луча к центру или краю диска одна из площадок засвечивается сильнее. Это вызывает появление сигнала рассогласования соответствующей полярности, который через систему авторегулирования воздействует на исполнительный механизм, стремящийся вернуть микрообъектив оптической головки в нейтральное положение (при котором центральный луч попадает прямо на считываемую дорожку). Зависимость напряжения рассогласования от величины смещения считывающего луча с дорожки называют дискриминационной



## Исследование устройства лазерного позиционирования узлов мехатронных систем и роботов

характеристикой (рис. 3). Почти линейный участок этой характеристики, расположенный между экстремумами, называют «зоной захвата». Описанный способ слежения за дорожкой позволяет удерживать считывающий луч на информационной дорожке диска с точностью  $\pm 0,1$  мкм в условиях ударов, вибраций, загрязнений диска и т.п. /1/.

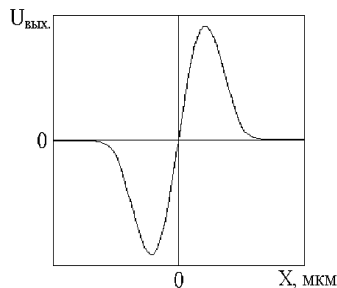


Рис. 3. Дискриминационная характеристика системы позиционирования.

### 1.2. Лазерное позиционирование рабочего органа промышленной мехатронной (робототехнической) системы

Для точного позиционирования рабочего органа (например, схвата промышленного робота), применяется лазерный целеуказатель, использующий аналогичный описанному выше способ слежения. Работает он следующим образом. Узкая вертикальная световая полоса, сформированная из лазерного пучка с помощью цилиндрической линзы, задает координату назначения схвата. Устройство управления (в памяти которого записаны координаты точки назначения) направляет схват в эту точку. Однако из-за большого количества случайных факторов (изменений температуры, влажности, напряжения питания, загрязнений и износа узлов трения и т.п.) схват приходит в заданную точку с некоторой ошибкой. В непосредственной близости от точки назначения (когда схват находится в «зоне захвата») включается система точного позиционирования, использующая сигнал рассогласования ( $U_E - U_F$ ), величина и знак которого определяются мгновенным положением рабочей точки на дискриминационной характеристике системы позиционирования (рис. 3). Используя этот сигнал рассогласования, система управления подводит схват к заданной точке с погрешностью  $\pm (2-5)$  мкм /2/. Этой же величиной измеряется и разрешающая способность системы позиционирования по перемещению.



## 2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторные работы выполняются на специальном стенде, собранном на базе оптической скамьи ОСК-2, которая представляет собой стальную балку специального сечения с расположенными на ней держателями оптических элементов. В основании оптической скамьи имеется шкала с миллиметровыми делениями для измерения расстояний между оптическими элементами. Элементы, закрепленные на оптической скамье, позволяют формировать световые пучки различного сечения и выполнять оптические измерения.

В работе используются: гелий-неоновый лазер ЛГН-207Б мощностью 3 мВт с длиной волны 0,62 мкм или полупроводниковый лазер с аналогичными параметрами; короткофокусная и длиннофокусная сферические линзы; короткофокусная цилиндрическая линза, оптическая головка CD-ROM, шестиплощадочный фотоприемник, источник питания, электронный усилитель-преобразователь сигнала с фотоприемника, цифровой вольтметр, микрометрический столик с цифровым отсчетом перемещений по двум координатам, микроскоп с делениями в поле зрения.





### **3. ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Несмотря на очень малую мощность, излучение используемого лазера может представлять опасность при попадании в глаз. В связи с этим необходимо соблюдать следующие требования: 1) во время работы лазер должен быть закреплен, а ось луча должна располагаться ниже уровня глаз; 2) не заглядывать в выходное отверстие лазера; 3) при размещении на пути луча предметов с зеркальной поверхностью следить, чтобы отраженный луч не попадал в глаза никому из находящихся в помещении людей.



## 4. ПРОГРАММА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

1. Ознакомиться с принципом измерения положения считывающего лазерного пятна на информационной поверхности компакт-диска в мехатронных системах считывания оптической информации с дискового носителя, с конструкцией реальной оптической головки оптического привода, а также с основанным на этом принципе методом позиционирования схвата промышленного робота;

2. Расположив микроскоп в непосредственной близости от шестиплощадочного фотоприемника, наблюдать увеличенное изображение фотодиодных площадок. С помощью делений в поле зрения микроскопа измерить размеры площадок и сделать эскиз фотоприемника.

3. С помощью цилиндрической линзы сформировать из лазерного луча узкую вертикальную световую полосу.

4. Подключить фотоплощадки Е и F соответственно к неинвертирующему и инвертирующему входам электронного усилителя-преобразователя, а выход последнего - к цифровому вольтметру.

5. Направив узкую вертикальную световую полосу на фотоприемник, перемещать микрометрический столик, чтобы световая полоса последовательно засвечивала сначала одну, а затем другую фотоплощадку. Записывать координаты  $X$  центра фотоприемника (по показаниям цифрового дисплея микрометрического столика) и соответствующие показания вольтметра  $U_{\text{вых}}$  в следующую таблицу.

$X$ , мкм	$U_{\text{вых}}$ , В			
	1 опыт	2 опыт	3 опыт	Средн. знач.



## Исследование устройства лазерного позиционирования узлов мехатронных систем и роботов

X, мкм	U <sub>вых</sub> , В			
	1 опыт	2 опыт	3 опыт	Средн. знач.

По результатам трех измерений построить на ЭВМ с помощью специализированного математического пакета усредненную дискриминационную характеристику, определить ширину «зоны захвата». Распечатать или срисовать с экрана полученную кривую. Оценить разрешающую способность измерительной системы по перемещению как наименьшее значение перемещения  $X$  вблизи точки  $(0, 0)$ , которое может быть надежно зафиксировано по цифровому вольтметру.



## **5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

Название работы, номер группы, фамилия и подпись студента, фамилия преподавателя, цель работы, типы используемых приборов и оборудования, параметры исследуемых оптических элементов, используемые оптические схемы, эскиз (с размерами) шестиплощадочного фотоприемника, результаты проведенных исследований в виде таблиц, графиков и т. п., краткие выводы по работе, дата выполнения работы.



## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при работе с лазерным излучением?
2. Какой вид имеет дискриминационная характеристика?
3. Что такое «зона захвата» на дискриминационной характеристике?
4. Как происходит слежение за дорожкой в оптическом приводе?
5. Как осуществляется лазерное позиционирование схвата робота?



## ЛИТЕРАТУРА

1. Оптические дисковые системы: Пер. С англ./ Г. Боухьюз и др. - М.: Радио и связь, 2005.
2. Карнаухов Н.Ф., Мартынов В.В. Прецизионное позиционирование схвата промышленного робота с помощью лазерного целеуказателя. «Проектирование технологических машин»: Сборник научных трудов. Выпуск 10./ Под ред. д.т.н. проф. А.В. Пуша. – М.: МГТУ «Станкин», 1998. – 40 с. с ил.