

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова
Кафедра микроэлектроники

Н. А. Рудь
А. С. Рудый
А. Н. Сергеев

Геометрическая оптика

Методические указания

Рекомендовано

*Научно-методическим советом университета для студентов,
обучающихся по специальностям Микроэлектроника и
полупроводниковые приборы, Физика и направлениям
Радиофизика, Электроника и наноэлектроника*

Ярославль 2010

УДК 535.31
ББК В 342
Р 83

*Рекомендовано
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного издания. План 2009/10 года*

Рецензент
кафедра микроэлектроники
Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова

Рудь, Н. А. Геометрическая оптика: метод. указания
Р 83 / Н. А. Рудь, А. С. Рудый, А. Н. Сергеев; Яросл. гос. ун-т
им. П. Г. Демидова. – Ярославль: ЯрГУ, 2010. – 52 с.

Приведены необходимые сведения об основных оптических приборах на основе сферической линзы, рассмотрены особенности оптических измерений, даны практические указания по выполнению четырех лабораторных работ в области геометрической оптики и необходимые сведения по обработке результатов измерений.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 010803.65 Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, 010701.65 Физика и направлениям 010800.62 Радиофизика, 210100.62 Электроника и нанoeлектроника (дисциплина «Оптика», блок ЕН), очной формы обучения.

УДК 535.31
ББК В 342

© Ярославский государственный
университет им. П. Г. Демидова,
2010

Методические указания по обработке результатов измерений

1. Теория погрешности измерения физической величины

1.1. Классификация погрешностей

При измерении любой физической величины неизбежно возникают погрешности, обуславливающие отклонение получаемого результата от истинного значения этой величины. Порой экспериментатор и не знает данного значения измеряемой величины, но произвести оценку интервала, в котором находится истинное значение измеряемой величины, необходимо. Для этой цели разработаны правила численной оценки величин погрешностей, однако ими не всегда умело пользуются экспериментаторы. Рассмотрим основные моменты обработки результатов измерений в лабораторном практикуме по оптике.

Итак, все погрешности измерений физической величины по характеру происхождения можно разделить на три типа: 1) грубые (промахи), связанные с недостаточной внимательностью экспериментатора; 2) систематические, значение которых одинаково во всех измерениях, проводящихся одним и тем же методом с помощью одних и тех же измерительных приборов; 3) случайные, имеют разные значения даже для измерений, выполненных одинаковым образом, одним и тем же экспериментатором (последнее особенно существенно при выполнении некоторых работ по оптике, где субъективные факторы – резкость изображения, аккомодация глаза, цвето- и световосприятие – играют большую роль).

Систематические погрешности по своему характеру можно подразделить на четыре группы: 1) погрешности, природа которых нам известна и их значение может быть точно определено; 2) погрешности известного происхождения, но неизвестной величины (так называемые приборные погрешности); 3) погрешности, о существовании которых мы не подозреваем, хотя они могут

быть очень значительными (обычно связаны с неверной методикой измерений; 4) погрешности, обусловленные объектом измерений (сечение не совсем круглого цилиндра и т. п.). Следует отметить, что не всегда экспериментатору удастся точно определить величину систематической погрешности, однако оценку сверху он обязан знать. В противном случае ставится под сомнение любой результат измерений.

Допустим, что мы учли все систематические погрешности и определили их общую величину. В этом случае результаты измерений физической величины не свободны от случайной погрешности, правила расчета которой приводятся ниже.

1.2. Случайные погрешности измерения физической величины

Под воздействием объективных и субъективных факторов значение измеряемой физической величины x изменяется случайным образом. Это отклонение от некоторой $x_{ист}$ подчиняется закономерности, которая описывается определенной функцией распределения случайной величины. Зная эту функцию распределения $f(x)$, мы можем оценить, с какой вероятностью наша физическая величина принимает то или иное значение. Во многих случаях мы не знаем точно функцию распределения измеряемой величины. Мы будем полагать, что все физические величины в лабораторных работах по оптике подчиняются распределению Гаусса:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-(x - x_{ист})^2 / 2\sigma^2\right], \quad (1)$$

где σ – дисперсия распределения случайной величины x , $x_{ист}$ – истинное значение этой величины. Знание σ и $x_{ист}$ позволяет определить вероятность, с которой величина x принимает значения в любом интервале. Однако, чтобы определить эти величины, необходимо провести большое количество измерений случайной величины x . В реальных условиях производится ограниченное количество измерений случайной величины, т. е. отдельная вы-

борка из n измерений x_1, x_2, \dots, x_n . Нам необходимо ответить на вопрос: в каком интервале значений x находится $x_{ист}$ при заданной вероятности этого события? Ниже приведен ответ на поставленный вопрос. Более подробно он освещен в рекомендованной литературе.

Для ответа на этот вопрос чаще всего используют средние квадратичные погрешности S_n , $\overline{S_n}$ и среднеарифметическое значение измеряемой величины \overline{x} , которые определяются по следующим формулам:

$$\overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2)$$

$$S_n^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \overline{x})^2}{(n-1)}, \quad (3)$$

$$\overline{S_n}^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \overline{x})^2}{n(n-1)}, \quad (4)$$

где S_n – среднеквадратичная погрешность отдельного измерения, которая при увеличении количества измерений в выборке стремится к генеральной дисперсии σ ; $\overline{S_n}$ – среднеквадратичная погрешность среднего значения, которая при увеличении количества измерений стремится к соответствующей генеральной дисперсии σ_x .

Зная генеральную дисперсию σ_x , можно определить доверительную вероятность или доверительный интервал для истинной величины $x_{ист}$ из следующих соотношений:

$$\Delta \overline{x} = \varepsilon \sigma_n = \frac{\varepsilon \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

где ε берется из таблиц расчета доверительного интервала и доверительной вероятности для нормального распределения.