

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКОВ И ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
к лабораторным работам 1, 2
для студентов

УДК 681.325

В указаниях к лабораторным работам 1 и 2, являющимся составной частью цикла лабораторных работ по курсу «Элементы оптоэлектроники», рассматриваются основные параметры и характеристики основных элементов оптоэлектроники — излучающих светодиодов и фотодиодов.

Методические указания предназначены для студентов специальности 0705-2-0 (специализация по оптоэлектронике).

Составители: доц. А. А. Плут,
доц. В. М. Гречишников,
доц. Б. В. Скворцов

Рецензенты: доц. М. А. Куликов,
асс. С. А. Матюнин

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОДИОДОВ

Ц е л ь р а б о т ы - изучить основные физические процессы, статические характеристики и параметры фотодиодов.

А п п а р а т у р а - лабораторный стенд.

Подготовка к работе

Выполнению работы должно предшествовать внимательное изучение рекомендуемой литературы.

1. Изучить материал по литературе: /1/, с. 54-78; /2/, с. 356-370; /3/, с. 343-348.

2. Ответить на контрольные вопросы:

- 1) Что называется внутренним фотоэффектом?
- 2) Расскажите о принципе действия фотодиода, его параметрах и характеристиках.
- 3) Что называется удельной спектральной и интегральной чувствительностью?
- 4) В каких режимах используются фотодиоды и в чем различие этих режимов?
- 5) Какие структуры могут иметь фотодиоды и каково различие их в свойствах?
- 6) Расскажите о преимуществах и недостатках фотодиодов.
- 7) Расскажите о работе фотодиода в фотодиодном режиме и нарисуйте его характеристики.
- 8) Расскажите о работе фотодиода в вентильном режиме и приведите его характеристики.
- 9) Расскажите об образовании фотоЭДС при освещении $p-n$ перехода.
- 10) Назовите основные параметры фотодиода в фотодиодном и вентильном режимах.

Исследуемые приборы

По указанию преподавателя исследуются фотодиоды ФД-1, ФД-2, ФД-3, ФД-23К и КЭДМ. Следует обратить внимание на значение некоторых справочных параметров, указанных ниже.

Таблица I.I

Тип фотодиода	Материал	Длина, мм	Диаметр, мм	Масса, г	Размер площадки, мм	Рабочее напряжение, В	Темновой ток, мкА	Интегральная чувствительность, мкА/лк	Долговечность, час
ФД-1	Ge	18,0	8,2	1,4	5	15	30	$1 \cdot 10^{-1}$	500
ФД-2	Ge	$2,2 \times 10 \times 15$	-	1,0	1,0	30	25	$1,5 \cdot 10^{-2}$	500
ФД-3	Ge	12	3,85	0,8	2	10	10	$3,7 \cdot 10^{-2}$	400
КФДМ	Si	12,5	3,87	1,5	2	20	1	$1,5 \cdot 10^{-2}$	5000
ФД-23К	Si	12,5	3,87	1,5	2	10	10	$0,7 \cdot 10^{-2}$	1000

Схема исследования

Схема для исследования показана на рис. I.I. Источник питания E_1 служит для питания светодиода. Его напряжение регулируется в пределах от 0 до 3 В. Ток, протекающий через светодиод, измеряется

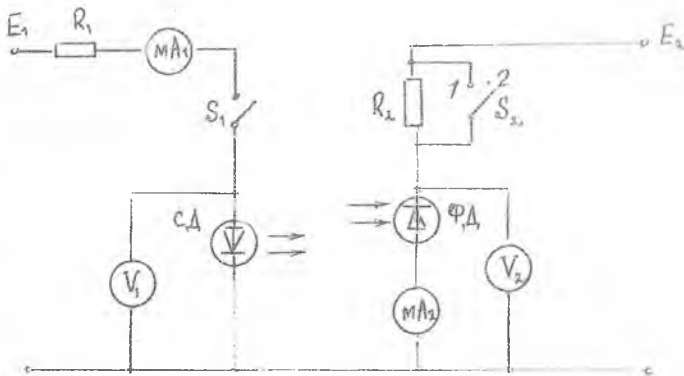


Рис. I.I. Электрическая схема лабораторного макета

миллиамперметром mA_1 , роль которого выполняет измерительный прибор ИП 1 с ценой деления 0,5 мА. Напряжение источника питания E_1 контролируется вольтметром V_1 , роль которого выполняет измерительный прибор ИП 2 с ценой деления 0,1 В. Напряжение смещения E_2 на фотодиоде устанавливается по вольтметру V_2 , роль которого выполняет ИП 3 с ценой деления 0,2 В. Ток через фотодиод контролируется микроамперметром mA_2 , роль которого выполняет ИП 4 с ценой деления 1 мкА.

Внимание! При измерении фотоЭДС ИП 4 выполняет роль милливольтметра с ценой деления 5 мВ. Выбор режима измерения производится автоматически в зависимости от положения переключателя 2.

Порядок выполнения работы

1. Поставить ручки регулировки напряжений E_1 и E_2 в крайнее левое положение.
2. Поставить переключатель 2 в положение I.
3. Поставить переключатели "Сеть" в положение "Вкл".
4. Снять семейство вольт-амперных характеристик фотодиода $J_{\varphi} = f(U_2) | \varphi = const$. Световой поток Φ пропорционален току светодиода J_1 , поэтому семейство ВАХ фотодиода снимается при различных постоянных значениях тока J_1 , величина которого регулируется изменением напряжения источника E_1 . Результаты эксперимента занести в табл. I.2.

Т а б л и ц а I.2

$J_1 = 0$		$J_1 = 5 \text{ мА}$		$J_1 = 20 \text{ мА}$		$J_1 = 30 \text{ мА}$	
U_2 , В	J_2 , мкА	U_2 , В	J_2 , мкА	U_2 , В	J_2 , мкА	U_2 , В	J_2 , мкА

5. Снять световые характеристики $J_{\varphi} = f(\varphi) | U_2 = const$ для двух значений напряжения U_2 , указанных преподавателем из ряда 0; 1; 2; 3; 4; 5 В. Результаты свести в табл. I.3.

Т а б л и ц а I.3

Напряже- ние	$\mathcal{I}_1 \equiv \varphi$	10 мА	15 мА	20 мА	25 мА	30 мА
$U_2 = 0$ В	\mathcal{I}_2 , мкА					
$U_2 = 2$ В	\mathcal{I}_2 , мкА					

6. В режиме холостого хода на выходе фотодиода измерить значения фотоЭДС E_{ϕ} в зависимости от светового потока. С этой целью отключить E_2 , установить значения тока \mathcal{I}_1 и измерить E_{ϕ} . Результаты эксперимента занести в табл. I.4.

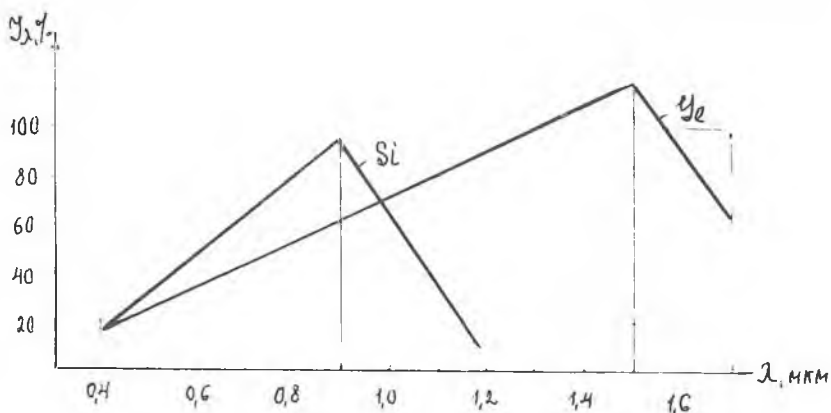
Т а б л и ц а I.4

\mathcal{I}_1 , мА	0	5 мА	10 мА	15 мА	20 мА	25 мА
E_{ϕ} , мВ						

7. Исследовать спектральную характеристику фотодиода (по указанию преподавателя). Усредненные характеристики относительной спектральной чувствительности германиевых и кремниевых фотодиодов показаны на рис. I.2. Для снятия реальной характеристики фотодиода подключить эталонный источник излучения, установить номинальное значение тока накала $\mathcal{I}_{НОМ} = 0,5$ А. Включить переключатель и установить напряжение U_2 равным 1; 2; 3 В (по указанию преподавателя). Последовательно заменяя светофильтры в цепи оптической связи, измерить величину фототока, а результаты занести в табл. I.5.

Т а б л и ц а I.5

\mathcal{I}_1 , мкА \ λ , мкм	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9
$U_2 = const 1$	\mathcal{I}_1	\mathcal{I}_2	\mathcal{I}_3	\mathcal{I}_4	\mathcal{I}_5	\mathcal{I}_6	\mathcal{I}_7	\mathcal{I}_8	\mathcal{I}_9
$U_2 = const 2$	\mathcal{I}_1	\mathcal{I}_2	\mathcal{I}_3	\mathcal{I}_4	\mathcal{I}_5	\mathcal{I}_6	\mathcal{I}_7	\mathcal{I}_8	\mathcal{I}_9



Р и с. 1.2. Усредненные характеристики относительной спектральной чувствительности германиевых и кремниевых фотодиодов

Длина волны максимума пропускания используемых светофильтров в зависимости от цвета светофильтра указана в табл.1.6.

Т а б л и ц а 1.6

Цвет светофильтра	Длина волны λ , мкм	Цвет светофильтра	Длина волны λ , мкм
Фиолетовый	0,4	Желто-зеленый	0,56
Синий	0,46	Желтый	0,58
Голубой	0,49	Оранжевый	0,6
Зеленый	0,53	Красный	0,7

Обработка результатов измерений

1. По данным измерений (табл.1.2-1.5) построить графики и сделать соответствующие выводы.

2. По световым характеристикам определить интегральную чувствительность фотодиода в вентильном режиме $S = \frac{\partial I_{кз}}{\partial \Phi}$. Коэффициент связи тока источника излучения и светового потока принять равным 0,125.

3. По спектральным характеристикам определить длину волны, соответствующую максимальной чувствительности фотодиода.

Содержание отчета

Отчет должен содержать: наименование и цель работы; схему исследований; таблицы результатов и графики; расчеты и выводы.

Библиографический список

1. Носов Ю.Р. Оптоэлектроника.-М.:Сов.радио, 1977.
2. Батушев В.А. Электронные приборы.-М.:Высшая школа, 1980.
3. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шипков А.Д. Полупроводниковые приборы.-М.:Высшая школа, 1981.

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТОДИОДОВ

Ц е л ь р а б о т ы - изучить основные физические процессы, параметры и характеристики светодиодов.

А п п а р а т у р а - лабораторный стенд.

Подготовка к работе

1. Изучить материал по литературе: /1/, с.7-41; /2/, с.322-330.

2. Ответить на контрольные вопросы:

1) Каким образом в светодиоде происходит непосредственное преобразование электрической энергии в световую?

2) Как должна быть выполнена структура и конструкция светодиода для получения наибольшего внешнего квантового выхода?

3) Какими параметрами характеризуются свойства светодиода?

4) Расскажите об особенностях применения светодиодов.

5) Как влияет температура на параметры и характеристики светодиода?

6) Что определяет характер кривой спектрального распределения мощности излучения светодиода?

7) Расскажите о способах формирования заданной диаграммы направленности излучения светодиода.

Исследуемые приборы

По указанию преподавателя исследуются светодиоды АЛ102, АЛ112, АЛ310, АЛ307 и АЛ107. Следует обратить внимание на значения некоторых справочных параметров, указанных в табл.2.1.

Схема исследования

Схема для исследования показана на рис.2.1. Источник питания E_I служит для питания светодиода. Его напряжение регулируется в пределах от 0 до 3 В. Ток, протекающий через светодиод, измеряется миллиамперметром mA_I , роль которого выполняет измерительный прибор ИПИ с ценой деления 0,5 мА. Напряжение источника питания E_I контролируется вольт-

Таблица 2.1

Тип светодиода	Сила света, мкд Яркость, кд/м ²	Постоянное прямое напряжение, В	Длина волны макс. излучения, мкм	Предельный прямой ток, мА	Обрат. имп. напряжение, В	Цвет свечения
АЛ102-А-Д	0,02-0,4 мкд	2,8-3,0	0,69 (кроме А-Д)	20	2	Красный, зеленый
АЛ112	150-1000 кд/м ²	2,0	0,68	12	-	Красный
АЛ310	0,25-1,2 мкд	2,0	0,67	12	-	Красный
АЛ307	0,15-1,5 мкд	2,0-2,5	0,06 0,56 0,7	20	2	Красный, зеленый, желтый, оранжевый
АЛ107	6-10 мВт	2,0	0,95	100	6	ИК-диапазоне

метром V_1 , роль которого выполняет измерительный прибор ИП 2 с ценой деления 0,1 В. Напряжение смещения E_2 на фотодиоде устанавливается по вольтметру V_2 , роль которого выполняет ИП 3 с ценой деления 0,2 В. Ток через фотодиод контролируется микроамперметром мкА₂, роль которого выполняет ИП 4 с ценой деления 1 мкА.

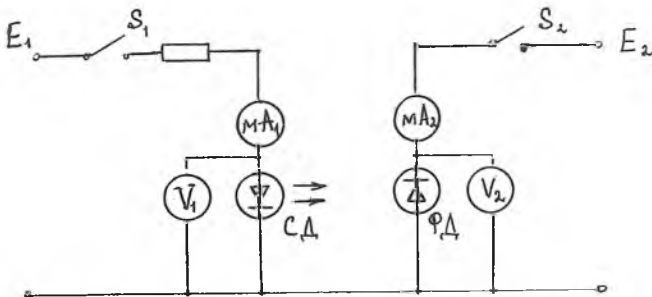


Рис. 2.1. Электрическая схема лабораторного макета

Порядок выполнения работы

1. Поставить ручки регулировки напряжений E_1 и E_2 в крайнее левое положение.
2. Поставить переключатели "Сеть" в положение "Вкл".
3. Снять вольт-амперную характеристику светодиода. Напряжение контролировать вольтметром V_1 (ИП2), а ток - миллиамперметром mA_1 (ИП1). Результаты занести в табл.2.2.

Т а б л и ц а 2.2

U_1 , В	0	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
I_1 , мА										

4. Снять зависимость силы света в относительных единицах от прямого тока. С этой целью установить по вольтметру V_2 напряжение смещения на фотодиоде, равное 2-3 В. Регулируя в пределах от 0 до $I_{ном}$ (см.табл.2.1) ток, протекающий через светодиод, по микроамперметру mA_2 (ИП 4) измеряют ток, пропорциональный силе света, измеряемого светодиодом. Результаты занести в табл.2.3.

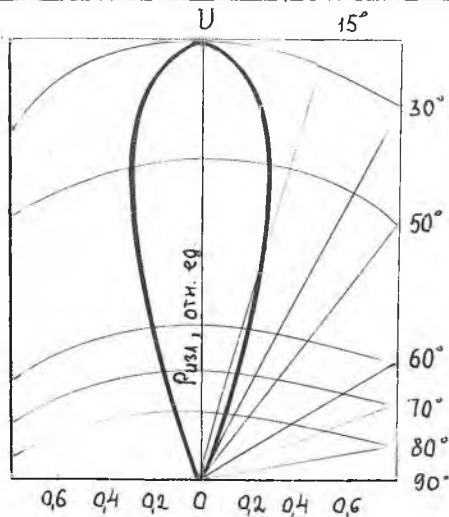
Т а б л и ц а 2.3

$I_{сд}$, мА	$0,1 I_{ном}$	$0,2 I_{ном}$	$0,4 I_{ном}$	$0,6 I_{ном}$	$0,8 I_{ном}$	$I_{ном}$
I_{-1} , мкА						

5. Исследовать диаграмму направленности излучения светодиода. Примерный вид диаграммы показан на рис.2.2. Для исследования диаграммы направленности излучения светодиода установить номинальное значение тока светодиода. Затем, последовательно перемещая микрометрическим винтом светодиод вдоль оси X, вращая его на угол α в горизонтальной плоскости и на угол β относительно своей оси, фиксировать значения тока, показываемого ИП 4. Результаты свести в табл.2.4.

Таблица 2.4

Линейные перемеще- ния, мм	$\beta = 0^\circ$							
	\mathcal{J}	$\alpha = 0$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$	$\alpha = 150^\circ$	$\alpha = 180^\circ$
$x = 0$	\mathcal{J}_1							
$x = 2$	\mathcal{J}_2							
$x = 4$	\mathcal{J}_3							
$x = 6$	\mathcal{J}_4							
$x = 8$	\mathcal{J}_5							
Линейные перемеще- ния, мм	$\beta = 45^\circ$							
	\mathcal{J}	$\alpha = 0$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 120^\circ$	$\alpha = 150^\circ$	$\alpha = 180^\circ$
$x = 0$	\mathcal{J}_1							
$x = 2$	\mathcal{J}_2							
$x = 4$	\mathcal{J}_3							
$x = 6$	\mathcal{J}_4							
$x = 8$	\mathcal{J}_5							



Р и с. 2.2. Диаграмма направленности излучения

Примечание. Для значений угла β в 90° и 135° заполнить аналогичные таблицы.

Обработка результатов измерений

1. По данным измерений (табл. 2.2–2.4) построить графики и сделать соответствующие выводы.

2. По диаграммам направленности излучения определить наибольший угол рассеяния мощности излучения.

Содержание отчета

Наименование и цель работы; схема исследований; таблицы результатов и графики; выводы по работе.

Библиографический список

1. Иванов В.И., Аксенов А.И., Юшин А.М. Полупроводниковые опто-электронные приборы.-М.:Энергоатомиздат, 1984.

2. Пасынков В.В., Чиркин Л.К., Шипилов А.Д. Полупроводниковые приборы.-М.:Высшая школа, 1981.

Составители: Александр Андреевич П л ю т,
Владимир Михайлович Г р е ч и ш н и к о в,
Борис Владимирович С к в о р ц о в

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНИКОВ
И ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Редактор Т.К. К р е т и н и н а
Техн.редактор Н.М. К а л е н ю к
Корректор О.Ю.Н е н а ш е в а

Подписано в печать 18.04.88. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.
Усл.п.л. 0,7. Уч.-изд.л. 0,6. Т.500 экз.
Заказ № 3599. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени академика С.П.Королева, г.Куйбышев, ул.Моло-
догвардейская, 151.

Типография им. В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического объединения,
443099, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.