

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

**М. Н. Преображенский  
Н. А. Рудь  
А. Н. Сергеев**

# **Изучение законов фотоэлектрических эффектов**

*Методические указания*

*Рекомендовано  
Научно-методическим советом университета для студентов,  
обучающихся по специальностям Микроэлектроника  
и полупроводниковые приборы, Радиофизика и электроника,  
Физика и направлению Электроника и нанoeлектроника*

Ярославль 2010

УДК 621.38.01  
ББК В 386.1я73  
П 72

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

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

**Преображенский, М. Н. Изучение законов фотоэлектрических  
П 72 эффектов:** метод. указания / М. Н. Преображенский, Н. А. Рудь,  
А. Н. Сергеев; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль:  
ЯрГУ, 2010. – 44 с.

В данных методических указаниях рассматриваются теоретические основы явления фотоэлектрического эффекта: дается краткая история открытия и изучения фотоэффекта, его законов, методики их подтверждения. Описаны устройство и применение фотоэлементов, работающих по принципу внешнего и внутреннего фотоэффекта.

Подробно излагается порядок выполнения лабораторной работы общего физического практикума «Изучение законов фотоэффекта».

Предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 010803.65 Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, 010801.65 Радиофизика и электроника, 010701.65 Физика и направлению 210100.62 Электроника и нанoeлектроника (дисциплины «Оптика», «Физика атомов и атомных явлений», блок ЕН), очной и очно-заочной форм обучения.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Программы «Развитие научного потенциала высшей школы (грант 2.1.1/466)».

УДК 621.38.01  
ББК В 386.1я73

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

# Теоретическая часть

## 1. Внешний фотоэлектрический эффект

### 1.1. Действие света

Взаимодействие света с веществом представляет собой упругое или неупругое рассеяние фотона с электронами вещества. Результатом этого рассеяния могут быть различные эффекты. Чаще всего имеет место неупругое взаимодействие фотона с электроном – *поглощение* света.

Поглощенная энергия фотонов в подавляющем числе случаев переходит в тепло, повышая температуру тела. Однако существуют эффекты, в которых часть энергии светового потока переходит в тепло, остальная часть испытывает иные превращения, вызывая те или иные *действия* света. Кроме этого, имеется эффект, при котором поглощенная энергия фотона не приводит к нагреву тела.

Эффект взаимодействия фотона с электроном, при котором энергия фотона полностью поглощается электроном, который потом покидает вещество, получил название *внешнего фотоэлектрического эффекта*, или *внешнего фотоэффекта*. Кроме *внешнего фотоэффекта*, имеет место и *внутренний фотоэффект*, при котором энергия фотона не достаточна для отрыва электрона из вещества, но достаточна, чтобы электрон стал квазисвободным и участвовал в переносе заряда по веществу, тем самым увеличивая его электропроводность. Для обоснования гипотезы фотонов основное значение имел внешний фотоэффект.

В представленной работе изучаются законы внешнего фотоэффекта и некоторые закономерности внутреннего фотоэффекта.

### 1.2. Открытие фотоэлектрического эффекта

Среди разнообразных явлений, в которых проявляется воздействие света на вещество, важное место занимает *внешний фотоэлектрический эффект*, т. е. испускание электронов веществом под действием света. Анализ этого явления привел к

представлению о световых квантах и сыграл чрезвычайно важную роль в развитии современных теоретических представлений о природе света. Вместе с тем внешний фотоэлектрический эффект используется в фотоэлементах, получивших исключительно широкое применение в разнообразнейших областях науки и техники и обещающих еще более богатые перспективы.

Открытие фотоэффекта следует отнести к 1887 г., когда Герц, экспериментально проверяя выводы теории Максвелла о существовании электромагнитных волн, обнаружил, что освещение ультрафиолетовым светом электродов искрового промежутка, находящегося под напряжением, облегчает проскакивание искры между ними (см. рис. 1.1).

Величина искрового промежутка  $F$  подбирается таким образом, что в схеме, состоящей из трансформатора  $T$  и конденсатора  $C$ , искра проскакивает с трудом (один-два раза в минуту). Если осветить электроды  $F$ , сделанные из чистого цинка, светом ртутной лампы  $Hg$ , то разряд конденсатора значительно облегчается: искра начинает проскакивать довольно часто, если, конечно, мощность трансформатора достаточна для быстрой зарядки конденсатора  $C$ . Поместив между лампой и электродами  $F$  стекло  $S$ , можно преградить доступ ультрафиолетовым лучам, и явление прекратится.

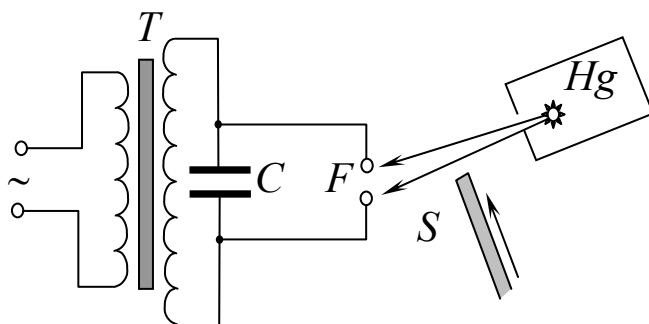


Рис. 1.1. Опыт Герца по обнаружению внешнего фотоэффекта

Систематические исследования Гальвакса, А. Г. Столетова и других (1888 г.) показали, что в опыте Герца происходит освобождение зарядов из электродов под действием света. Попадая в электрическое поле между электродами, заряды эти ускоряются, ионизуют окружающий газ и облегчают возникновение разряда.

А. Г. Столетов осуществил опыты по фотоэффекту, применяя впервые *небольшие* разности потенциалов между электродами. Схема опытов, примененная Столетовым, изображена на рис. 1.2. Электрическая цепь состояла из батареи элементов  $B$  и конденсатора  $C$ , положительно заряженная пластина которого была сделана в виде проволочной сетки. Свет проходил через ячейки проволочного электрода и падал на отрицательно заряженный электрод. Фототок регистрировался гальванометром  $G$ .

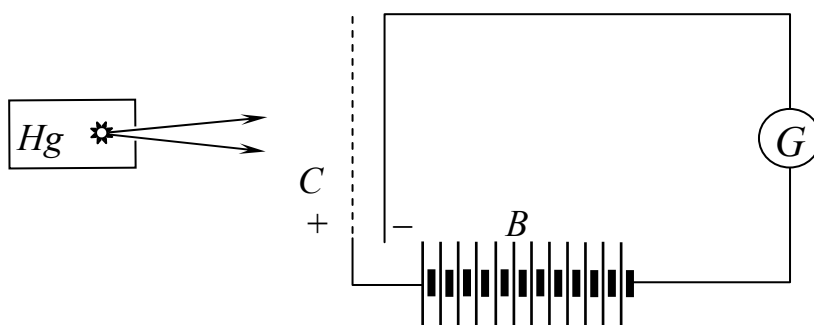


Рис. 1.2. Опыт Столетова по изучению внешнего фотоэффекта

Основными результатами исследований Столетова, сохранившими свое значение и до нашего времени, были следующие заключения.

1. Наиболее эффективно действуют ультрафиолетовые лучи, поглощаемые телом («чем спектр обильнее такими лучами, тем сильнее действие»).

2. Сила фототока пропорциональна создаваемой освещенности тела («разряжающее действие при прочих равных условиях пропорционально энергии активных лучей, падающих на разряжаемую поверхность»).

3. Под действием света освобождаются *отрицательные* заряды. («Действие лучей есть строго униполярное, положительный заряд лучами не уносится. По всей вероятности, кажущееся зарядение нейтральных тел лучами объясняется той же причиной»).

Если, например, цинковую пластинку, соединенную с электроскопом и заряженную отрицательно, осветить ультрафиолетовым светом, то электроскоп быстро разряжается, но та же пластинка, заряженная положительно, сохраняет свой заряд, несмотря на освещение. При тщательном наблюдении (электроскоп