**Содержание**

[Введение](#_Toc153808465) 3

[1. Фотоэффект](#_Toc153808466) 6

[2. Устройство фотоэлектронных приборов](#_Toc153808467) 11

[3. Применение фотоэлектронных приборов 1](#_Toc153808468)6

[Заключение](#_Toc153808469) 24

[Список использованной литературы 2](#_Toc153808470)5

**Введение**

В общем случае термин “ФОТОЭФФЕКТ” означает любые изменения, которые происходят с веществом при поглощении им электромагнитного излучения. Это могут быть, например, изменения строения и свойств молекул и кристаллов (фотохимический эффект), увеличение скорости химических реакций (фотокаталитический эффект), изменение характеристик движения носителей электрического заряда в веществе (фотоэлектрический эффект) и другие явления. Исторически, однако, сложилось так, что под фотоэффектом подразумевают главным образом фотоэлектрические явления, которые можно разделить на два основных вида:

1) внешний фотоэффект, или фотоэлектронная эмиссия, кото­рая представляет собой испускание освещенным телом свободных электронов в вакуум; свободные электроны могут собираться на анод, фокусироваться или ускоряться электрическим полем. Фото­электронная эмиссия используется в вакуумных и газонаполненных фотоэлементах с внешним фотоэффектом и в более сложных ваку­умных приборах, в которых фотоэмиттер служит источником сво­бодных электронов;

2) внутренний фотоэффект, заключающийся в переходе элект­ронов в объеме освещенного полупроводника в возбужденное со­стояние (т. е. на более высокие энергетические уровни) без измене­ния нейтральности твердого тела, т. е. без выхода электронов за его пределы. Внутренний фотоэффект проявляется, например, в ви­де изменения концентрации электронов проводимости в полупро­воднике при его освещении, т. е. в изменении связанных с этим электрических свойств полупроводникового материала. Внутренний фотоэффект используется в большом классе полупроводниковых приемников излучения — в фоторезисторах, фотодиодах, солнечных батареях и других приборах.

История развития учения о фотоэлектричестве и создании фо­тоэлектронных приборов насчитывает более 150 лет. Еще в 1839 г. А. Беккерель впервые обнаружил образование фотоЭДС на кон­тактах разнородных материалов. К 1873 г. относятся первые сооб­щения о зависимости сопротивления селена от освещения. В 1875 г. был построен первый селеновый фотоэлемент, использующий это свойство, а в 1876 г. — первый селеновый фотоэлемент с запираю­щим слоем.

Внешний фотоэффект был открыт в 1887г. Г. Герцем, который установил, что электрический разряд между двумя проводниками происходит значительно сильнее, когда металлические электроды освещаются светом, богатым ультрафиолетом (например, светом от искры другого разряд­ника). Сам термин фотоэлектрические явления впервые был использован итальянским ученым Аугусто Риги, который в 1888 г. обнаружил, что проводящая пластинка, освещенная пучком ультрафиолетовых лучей, заряжается положительно. В том же 1888 году в России А. Г. Столето­вым были выполнены фундаментальные работы по исследованию фотоэмиссии и сформулированы основные законы внешнего фотоэффекта. Ф. Ленард и Дж. Дж. Томсон в 1889 г. доказали, что при фотоэффекте испускаются электроны. В 1889 г. Эльстер и Гейтель построили пер­вый вакуумный фотоэлемент с фотокатодом из сплава натрия и калия.

Открытие и исследование внешнего фотоэффекта сыграло важную роль в экспериментальном обосновании квантовой теории. Только на основе гипотезы о квантовании энергии электромагнитного поля, проявляющемся в процессах испускания и поглощения све­та, А. Эйнштейну в 1905 г. удалось объяснить основные законо­мерности фотоэффекта, за что в 1921 г. ему была присуждена Нобелевская премия.

Основными законами внешнего фотоэффекта (справедливыми для любого материала фотоэмиттера) являются следующие экспе­риментально установленные соотношения:

1. Величина фототока в режиме насыщения прямо пропорцио­нальна интенсивности падающего света, если спектральный состав излучения неизменен (закон Столетова)..

2. Для каждого вещества существует длинноволновая *(крас­ная)* граница спектра излучения λо, за которой (при λ *>* λо)фото­эмиссии не происходит. Эту наибольшую длину волны λо (или наи­меньшую энергию кванта hνо ) излучения, еще вызывающего фото­эффект, называют также *длинноволновым порогом фотоэффекта,* а соответствующую ей наименьшую частоту νо= λо /с *порогавой частотой* (с – скорость света).

3. Максимальная начальная кинетическая энергия фотоэлект­ронов линейно возрастает с частотой падающего света и не зави­сит от его интенсивности *(закон Эйнштейна).*

Несмотря на то, что внутренний фотоэффект был открыт значи­тельно раньше внешнего, теоретические представления об этом явлении были сформулированы значительно позже. Понимание механизма внутреннего фотоэффекта оказалось возможным только на основе представлений квантовой механики, получившей бурное развитие в 20х – 30х годах прошлого столетия. Применение квантово-механической теории строения атомов для объяснения строения и свойств веществ привело к созданию зонной теории твердого тела и общей теории полупроводников. Именно на основе последней в сороковых годах началось интенсивное развитие теории внутреннего фотоэффекта, приведшей к разработке большого числа новых полу­проводниковых фотоэлектронных приборов.

В настоящее время фотоэлектронные приборы широко приме­няют во многих областях науки и техники.

**Фотоэффект**

В экспериментах использовался стеклянный вакуумный баллон с двумя металлическими электродами, поверхность которых была тщательно очищена. К электродам прикладывалось некоторое напряжение U, полярность которого можно было изменять с помощью двойного ключа. Один из электродов (катод K) через кварцевое окошко освещался монохроматическим светом некоторой длины волны λ, и при неизменном световом потоке снималась зависимость силы фототока I от приложенного напряжения. На рис. 2 изображены типичные кривые такой зависимости, полученные при двух значениях интенсивности светового потока, падающего на катод.

|  |
| --- |
| http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter5/section/paragraph2/images/5-2-2.gif |
| Рисунок 2.  Зависимость силы фототока от приложенного напряжения. Кривая 2 соответствует большей интенсивности светового потока. Iн1 и Iн2 – токи насыщения, Uз – запирающий потенциал. |

Кривые показывают, что при достаточно больших положительных напряжениях на аноде A фототок достигает насыщения, так как все электроны, вырванные светом из катода, достигают анода. Тщательные измерения показали, что ток насыщения Iн прямо пропорционален интенсивности падающего света. Когда напряжение на аноде отрицательно, электрическое поле между катодом и анодом тормозит электроны. Анода могут достичь только те электроны, кинетическая энергия которых превышает |eU|. Если напряжение на аноде меньше, чем –Uз, фототок прекращается. Измеряя Uз, можно определить максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/javagifs/63135289367520-1.gif | |  |

К удивлению ученых, величина Uз оказалась не зависящей от интенсивности падающего светового потока. Тщательные измерения показали, что запирающий потенциал линейно возрастает с увеличением частоты ν света (рис. 3).

|  |
| --- |
| http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter5/section/paragraph2/images/5-2-3.gif |
| Рисунок 3.  Зависимость запирающего потенциала Uз от частоты ν падающего света. |

Многочисленными экспериментаторами были установлены следующие основные закономерности фотоэффекта:

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с увеличением частоты света ν и не зависит от его интенсивности.
2. Для каждого вещества существует так называемая красная граница фотоэффекта, т. е. наименьшая частота νmin, при которой еще возможен внешний фотоэффект.
3. Число фотоэлектронов, вырываемых светом из катода за 1 с, прямо пропорционально интенсивности света.
4. Фотоэффект практически безынерционен, фототок возникает мгновенно после начала освещения катода при условии, что частота света ν > νmin.

Все эти закономерности фотоэффекта в корне противоречили представлениям классической физики о взаимодействии света с веществом. Согласно волновым представлениям электрон при взаимодействии с электромагнитной световой волной должен был бы постепенно накапливать энергию, и потребовалось бы значительное время, зависящее от интенсивности света, чтобы электрон накопил достаточно энергии для того, чтобы вылететь из катода. Как показывают расчеты, это время должно было бы исчисляться минутами или часами. Однако, опыт показывает, что фотоэлектроны появляются немедленно после начала освещения катода. В этой модели невозможно было также понять существование красной границы фотоэффекта. Волновая теория света не могла объяснить независимость энергии фотоэлектронов от интенсивности светового потока, пропорциональность максимальной кинетической энергии частоте света.

Таким образом, электромагнитная теория света оказалась неспособной объяснить эти закономерности.

Выход был найден [А. Эйнштейном](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/scientist/einstein.html) в 1905 г. Теоретическое объяснение наблюдаемых закономерностей фотоэффекта было дано Эйнштейном на основе гипотезы [М. Планка](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/scientist/planck.html) о том, что свет излучается и поглощается определенными порциями, причем энергия каждой такой порции определяется формулой E = hν, где h – [постоянная Планка](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter5/section/paragraph1/theory.html#13) Эйнштейн сделал следующий шаг в развитии квантовых представлений. Он пришел к выводу, что и свет имеет прерывистую дискретную структуру. Электромагнитная волна состоит из отдельных порций – квантов, впоследствии названных фотонами. При взаимодействии с веществом фотон целиком передает всю свою энергию hν одному электрону. Часть этой энергии электрон может рассеять при столкновениях с атомами вещества. Кроме того, часть энергии электрона затрачивается на преодоление потенциального барьера на границе металл–вакуум. Для этого электрон должен совершить [работу выхода](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph12/theory.html#4) A, зависящую от свойств материала катода. Наибольшая кинетическая энергия, которую может иметь вылетевший из катода фотоэлектрон, определяется законом сохранения энергии:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/javagifs/63135289367598-2.gif | |  |

Эту формулу принято называть уравнением Эйнштейна для фотоэффекта.

С помощью уравнения Эйнштейна можно объяснить все закономерности внешнего фотоэффекта. Из уравнения Эйнштейна следуют линейная зависимость максимальной кинетической энергии от частоты и независимость от интенсивности света, существование красной границы, безынерционность фотоэффекта. Общее число фотоэлектронов, покидающих за 1 с поверхность катода, должно быть пропорционально числу фотонов, падающих за то же время на поверхность. Из этого следует, что ток насыщения должен быть прямо пропорционален интенсивности светового потока.

Как следует из уравнения Эйнштейна, тангенс угла наклона прямой, выражающей зависимость запирающего потенциала Uз от частоты ν (рис. 5.2.3), равен отношению постоянной Планка h к заряду электрона e:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/javagifs/63135289367629-3.gif |  |

Это позволяет экспериментально определить значение постоянной Планка. Такие измерения были выполнены Р. Милликеном (1914 г.) и дали хорошее согласие со значением, найденным Планком. Эти измерения позволили также определить работу выхода A:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/javagifs/63135289367645-4.gif |  |

где c – скорость света, λкр – длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта. У большинства металлов работа выхода A составляет несколько электрон-вольт (1 эВ = 1,602·10–19 Дж). В квантовой физике часто используется электрон-вольт в качестве энергетической единицы измерения. Значение [постоянной Планка](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter5/section/paragraph1/theory.html#13), выраженное в электрон–вольтах в секунду, равно

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | h = 4,136·10–15 эВ·с. |  |

Среди металлов наименьшей работой выхода обладают щелочные металлы. Например, у натрия A = 1,9 эВ, что соответствует красной границе фотоэффекта λкр ≈ 680 нм. Поэтому соединения щелочных металлов используют для создания катодов в фотоэлементах, предназначенных для регистрации видимого света.

Итак, законы фотоэффекта свидетельствуют, что свет при испускании и поглощении ведет себя подобно потоку частиц, получивших название фотонов или световых квантов.

Энергия фотонов равна

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | E = hν. | |  |

Фотон движется в вакууме со скоростью c. Фотон не имеет массы, m = 0. Из общего [соотношения](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter4/section/paragraph5/theory.html) специальной теории относительности, [связывающего энергию, импульс и массу любой частицы](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter4/section/paragraph5/theory.html),

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | E2 = m2c4 + p2c2, |  |

следует, что фотон обладает импульсом

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/javagifs/63135289367707-5.gif | |  |

Таким образом, учение о свете, совершив виток длительностью в два столетия, вновь возвратилось к представлениям о световых частицах – корпускулах.

Но это не был механический возврат к корпускулярной теории Ньютона. В начале XX века стало ясно, что свет обладает двойственной природой. При распространении света проявляются его волновые свойства ([интерференция](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter3/section/paragraph7/theory.html#1), [дифракция](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter3/section/paragraph8/theory.html#1), [поляризация](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter3/section/paragraph11/theory.html#6)), а при взаимодействии с веществом – корпускулярные (фотоэффект). Эта двойственная природа света получила название корпускулярно-волнового дуализма. Позже двойственная природа была открыта у электронов и других элементарных частиц. Классическая физика не может дать наглядной модели сочетания волновых и корпускулярных свойств у микрообъектов. Движением микрообъектов управляют не законы классической механики Ньютона, а законы квантовой механики. Теория излучения [абсолютно черного тела](http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter5/section/paragraph1/theory.html#6), развитая М. Планком , и квантовая теория фотоэлектрического эффекта Эйнштейна лежат в основании этой современной науки.

**Устройство фотоэлектронных приборов**

К фотоэлектронным приборам относятся фотоэлементы, фотоумножители, а также полупроводниковые устройства различного вида.

Фотоэлемент, действие которого основано на *фотоэлектронной эмис­сии* (внешнем фотоэффекте), представляет собой электроваку­умный прибор с двумя электродами — фотокатодом и ано­дом (коллектором электронов), помещёнными в вакуумированный либо газонаполненный стеклянный баллон. Фо­токатодом служит фоточувствительный слой, который наносится либо непосредственно на участок стеклянного баллона, либо на поверхность металлической пластинки, смонтированной внутри баллона; анод имеет вид метал­лического кольца или сетки (рис. 4). Для улуч­шения характеристик фотоэлемента катод и анод обычно располагают плос­копараллельно с зазором 0,3—3 мм. Материалами для фотокатода обычно служат щелочные или щелочноземельные металлы, а также некоторые их соединения, обладающие малой величиной работы выхода электронов. Для таких материалов *длинноволновый порог фотоэффекта* лежит в видимой области спектра. Наибольшее распространение среди фотоэлементов с внешним фотоэффектом получили вакуумные фотоэлементы с сурьмяно-цезиевым, много­щелочным и кислородно-серебряно-цезиевым фотокатода­ми.

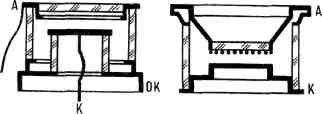


Рис. 4. Типичные конструкции вакуумных фотоэлементов: А - вы­вод анода; К – вывод фотокатода; ОК - вывод металличе­ского охранного кольца (устанавливается для исключения попада­ния токов утечки на нагрузку).

В газонаполненных фотоэлементах в результате ионизации газа и воз­никновения несамостоятельного лавинного разряда фототок уси­ливается (например, коэффициент усиления при заполнении фотоэлемента аргоном состав­ляет 6 – 8 ). Применение газонаполненных фотоэлементов ограничено из-за не­достаточной стабильности приборов и нелинейности их световой характеристики — зависимости фототока от па­дающего светового потока.

Для получения сигнала от фотоэлемента его необходимо включить в электрическую цепь, состоящую из источника напряжения и сопротивления нагрузки (рис. 5). Световой поток, падающий на фотокатод, вызывает фотоэлектронную эмиссию с по­верхности катода; при замыкании цепи в ней протекает фототок, пропорциональный световому потоку*.*

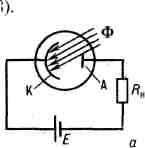


Рис. 5. Схема включения фотоэлемента с внешнимфото­эффектом: К — фотокатод; А — анод; Ф — световой поток; Е—источник постоянного тока, служащий для создания в про­странстве между катодом и анодом электрического поля, ускоряющего фото­электроны; Rн— нагрузка.

Фотоэлементы широко применяются в различных приборах и системах для регистрации световых потоков, однако их недостатком является низкая чувствительность. Это обусловлено тем, что в фотоэлементах через сопротивление нагрузки проходит непосредственно фототок, величина которого ограничена числом квантов света, попавших на фотокатод. В то же время в некоторых областях науки и техники, например в спектральном анализе или при астрономических наблюдениях удаленных слабосветящихся объектов, необходимо регистрировать очень слабые потоки света. Для этих целей были разработаны специальные фотоэлектронные приборы, которые называются фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), или просто фотоумножителями.

В фотоумножителях для усиления слабых фотоэлектронных потоков исполь­зовано явление вторичной электронной эмиссии. Они содержа­т кроме фотокатода и анода дополнительно один или несколько электродов, являющихся эмиттерами вторичных электронов. Эмиттеры вторичных электронов называют динодами, а систему электродов, обеспечи­вающую умножение электронов — динодной системой. Принципи­альная схема ФЭУ показана на рис. 3, общий вид одного из типов прибора – на рис.6.



Рис. 6. Принципиальная схема ФЭУ с делителем напря­жения: *ФК —* фотокатод; *I* — фокусирующий электрод; Д — диафрагма; *Э*1*. .* . .*Э5* — диноды; А — анод; RД — сопротивление делителя напряже­ния; RН — нагрузочное сопротивление в цепи анода; Са — емкость анода.

Падающее на фотокатод излучение вызывает фотоэлектронную эмиссию. Число элект­ронов, эмитируемых в единицу времени фотокатодом,пропор­ционально интенсивности излучения*.* Электроны покидают фото­катод под различными углами к его поверхности и с различными начальными скоростями. Для того чтобы собрать их на первый динод *Э1,* необходима фокусирующая электронно-оптиче­ская система. Она состоит из ряда электродов (I, Д), образующих электростатические линзы. Пространство между фотокатодом и первым динодом называют входной камерой ФЭУ. Во входной камере осуществляется фокусировка и ускорение фотоэлектронов, направляемых па первый динод. Фотоэлектроны, падая на первый динод, вызывают вторичную электронную эмиссию. Количество вторичных электронов, покида­ющих первый динод, в несколько раз больше, чем число фотоэлектронов, и зависит от материала динода и ускоряющего напряжения между катодом и первым динодом (т. е. от энергии первичных электронов). Вторичные электроны направляются на второй динод, умноженный поток электронов со второго динода — на третий и т. д. Напряжение на электроды ФЭУ подается таким образом, чтобы между каждой парой динодов создавалось электрическое поле, ускоряющее электроны от предыдущего динода к последующему. Получаемое таким образом усиление фототока может достигать нескольких тысяч, т.е. один квант света, попавший на фотокатод ФЭУ, приводит к прохождению через сопротивление нагрузки нескольких тысяч электронов.

Фотоэлемент, действие которого основано на внутреннем фотоэффекте, представляет собой полупроводниковый прибор с выпрям­ляющим полупроводниковым переходом (р – п - переходом) или контактом ме­талл— полупроводник (рис. 7).

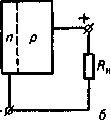


Рис. 7. Схема фотоэлемента с внутренним фото­эффектом: *р и п* — области полупроводника с дырочной и электронной проводимостями. Пунктирной линией обозначен р-n - пе­реход.

При поглощении оптического излучения в таком фотоэлементе увеличивается число свободных носителей заряда внутри полупроводника, которые пространственно разделяются электрическим полем перехода (контакта). Избы­ток носителей заряда, возникающий по обе стороны от потенциального барьера, создаёт в полупроводниковом фотоэлементе разность потенциалов, т.е. фотоэдс. Поэтому полупроводниковый фотоэлемент может работать без внешнего источника напряжения. При замыкании внешней цепи фотоэлемента через сопротивление нагрузки начинает протекать электрический ток. В качестве материала для полупроводникового фотоэлемента наиболее часто применяют Se, GaAs, CdS, Ge и Si.

Полупроводниковые фотоэлементы используют как приёмники оптического излучения, а также для прямого преобразования энергии солнечного излуче­ния в электрическую энергию в солнечных батареях. Коэффициент преобразования солнечного из­лучения (отношение электрической мощности, развива­емой в нагрузке, к падающей световой мощности) в таких батареях достигает 22%.

**Применение фотоэлектронных приборов**

К основным областям примене­ния фотоэлектронных приборов могут быть отнесены следующие:

1. Объективная фотометрия, различного рода световые, цвето­вые, спектральные измерения (спектроскопия и спектрофотометрия), а также измерение весьма слабых излучений (в астрофизи­ке, в биологии и других областях научного исследования).

2. Фотоэлектрический контроль и управление производственны­ми процессами, автоматика, транспорт, бытовая техника.

3. Электронные счетные, запоминающие и записывающие уст­ройства.

4. Регистрация и измерение инфракрасного излучения, сигнали­зация и локация в видимых и инфракрасных лучах, техника ночного видения.

5. Системы оптической связи на лазерах.

6. Преобразование энергии солнечного излучения непосред­ственно в электрическую энергию (солнечные батареи, широко применяющиеся для питания аппаратуры искусственных спутников Земли и других устройств).

7. Оптоэлектроника.

Этот обширный (но все же неполный) список областей науки и техники, использующих фотоэлектронные приборы, показывает, какое большое значение приобрела фото­электроника в современной жизни. Рассмотреть все применения фотоэлектроники данном реферате невозможно, поэтому ниже будут описаны только несколько наиболее важных областей.

**3.1. Спектральный анализ**

Спектральный анализ – это совокупность методов определения элементного и молекулярного состава и строения вещества по их спектрам. С его помощью определяют как основные компоненты, составляющие 50 – 60 % вещества анализируемых объектов, так и незначительные примеси в них (до 10-5 – 10-8 % и менее). Спектральный анализ является наиболее распространенным аналитическим методом – с его помощью выполняется свыше 30 % всех анализов. В их числе контроль состава сплавов в металлургии, автомобильной и авиационной промышленности, анализ материалов и продуктов их переработки в химической промышленности, биохимические анализы в медицине (т.е. практически во всех поликлиниках, больницах и медицинских центрах), экологические анализы (контроль загрязнений воздуха, воды и почвы) и др. Особо важное значение спектральный анализ имеет при поисках полезных ископаемых.

Наиболее простым методом спектрального анализа является фотометрический (абсорбционный), основанный на избирательном поглощении света анализируемым веществом. При взаимодействии со световой энергией в атомах поглощаю­щего вещества происходит переход электронов на более удален­ные от ядра энергетические уровни. Электронные переходы, вызванные поглощением строго определенных квантов световой энергии, характеризуются появлением столь же строго опреде­ленных полос поглощения в электронных спектрах поглощаю­щих атомов или молекул. Таким образом, каждое вещество об­ладает способностью поглощать лучистую энергию в виде кван­тов энергии, соответствующих определенным длинам волн. Ли­нии или полосы поглощения располагаются в ультрафиолетовой (200—400 нм), видимой (400—700 нм) или инфракрасной обла­стях спектра (>700 нм).

Первоначально фотометрический анализ был основан на визуальной оценке интенсивности окраски исследуемого образца; метод получил название *колориметрия* (от греческого *колор* — цвет). В простейшем случае при колориметрировании исследуемый образец (прозрачное стекло, кристалл или окра­шенный раствор) рассматривается на фоне белого экрана и его окраска сравнивается с окраской эталонного образца. Этот метод имеет чисто качественный характер и только в отдельных случаях позволяет приближенно оценить концентрацию вещества в исследуемом растворе, если есть возможность приготовить набор эталонных растворов этого же вещества.

С появлением фотоэлектронных приборов были разработаны приборы для количественного измерения светопоглощения растворов — *фотоэлектроколориметры* — и метод стал называться фотоколо­риметрическим или фотометрическим. В фотометрах из сплошного спектра излучения источника света (обычно – лампа накаливания – I ) с помощью светофильтра ( II ) выбирают участок, соответствующий области, в которой поглощает окрашенный раствор ( III ). Светофильтры для фотометрирования выбирают так, чтобы максимум поглощения раствора соответствовал максимуму пропускания (минимуму поглоще­ния) светофильтра. Фотометрическое определение получается тем точнее, чем более узкий участок спектра удается выделить светофильтром Свет, прошедший через раствор, падает на фотоэлемент ( IV ), фототок которого измеряется прибором ( V ). Чем выше поглощение раствора (чем сильнее он окрашен), тем меньше света попадет на фотоэлемент и тем слабее будет фототок. Если фотометр проградуировать соответствующим образом, то с его помощью можно проводить количественные измерения концентрацией окрашенного вещества в растворе.

Фотометры являются наиболее простыми из спектральных приборов. Тем не менее, они широко используются там, где требуется проведение большого числа однотипных анализов по стандартной методике, например биохимических анализов крови в больницах и поликлиниках. Для этих целей выпускают специализированные фотометры, которые позволяют делать много анализов за короткий промежуток времени.

Для более сложных анализов, требующих измерений не только степени поглощения света веществом, но и зависимости этого поглощения от длины волны излучения, используются приборы, называемые спектрофотометрами. В этих приборах излучение источника света с помощью какого-либо диспергирующего элемента (призма, дифракционная решетка и др.) разворачивается в спектр по длинам волн. В фокальной плоскости прибора устанавливается щель, через которую проходит излучение в узкой спектральной области. Такое устройство называется монохроматором.

Его функция аналогична функции светофильтра в фотометре, однако оно дает большую степень монохроматизации излучения источника света, что существенно повышает точность измерений поглощения. Кроме того, устройство монохроматора позволяет проектировать на выходную щель различные участки спектра излучения источника и таким образом освещать исследуемый образец светом с различными длинами волн. Интенсивность прошедшего через образец излучения измеряется с помощью фотоэлектронного прибора, сигнал которого передается в компьютер для дальнейшей обработки. Зависимость поглощения вещества от длины волны излучения называется спектром поглощения, который является индивидуальной характеристикой, своего рода паспортом данного вещества.

Чаще всего для регистрации сигнала в спектрофотометрах применяют фотоумножители, потому что они обладают наибольшей чувствительностью и позволяют измерять слабые световые потоки. Недостатком ФЭУ при использовании их в спектрофотометрах является то, что в каждый данный момент времени они могут регистрировать излучение только в одной узкой спектральной области. Для получения полного спектра в монохроматоре, как отмечено выше, предусмотрено устройство сканирования, т.е. последовательного прохождения различных участков спектра мимо выходной щели. В большинстве случаев сканирование осуществляется механическим способом – путем поворота диспергирующего элемента спектрометра. В зависимости от условий измерения сканирование спектра может потребовать от одной до нескольких десятков минут времени, что снижает оперативность работы прибора.

**3.2. Регистрация изображений**

Достижения в области полупроводниковой электроники привели к созданию полупроводниковых фотоэлементов размером всего несколько микрон. На площади 1 мм2 можно разместить несколько десятков тысяч таких фотоэлементов (фотодиодов).

Создание матриц фотоэлектронных элементов произвело революцию во многих областях, связанных с получением, обработкой и хранением информации, в том числе различных изображений. Особенно наглядно это видно по той стремительности, с какой завоевывает мир цифровая фотография. Продажи обычных фотоаппаратов и фотоматериалов на основе светочувствительных солей серебра снижаются на десятки процентов в год даже у таких известных мировых производителей, как фирма Кодак.

Цифровой фотоаппарат отличается от обычного тем, что на месте фотопленки в нем размещена матрица фотодиодов, содержащая до десяти миллионов элементов. С помощью специальной схемы управления сигнал от каждого фотоэлемента передается в запоминающее устройство, также находящееся в корпусе фотоаппарата. Устройство памяти позволяет, в зависимости от его емкости, накапливать до нескольких сотен фотоснимков. Полученные снимки можно рассматривать на экране компьютера или перевести в бумажную форму, распечатав на фотопринтере.

Матрицы фотоэлементов нашли применение и в других областях, например, в спектроскопии. Как отмечалось выше, недостатком обычных спектрофотометров является относительно большое время получения спектров исследуемого вещества, что связано с принятым в них принципом последовательного сканирования спектра.

Для преодоления этого недостатка были разработаны новые схемы спектрофотометров с использованием полупроводниковых фотоэлементов, объединенных в линейки или матрицы. Такая линейка размещается вместо выходной щели в фокальной плоскости монохроматора, на которую проектируется спектр излучения, прошедшего через исследуемый объект. Каждый фотодиод регистрирует маленький участок спектра, пространственно совпадающий с размером его чувствительной площадки. Сигналы от всех фотодиодов считываются в компьютер за очень малый промежуток времени, так что регистрация всего спектра происходит практически одномоментно.

**3.3. Солнечные батареи**

Как отмечалось ранее, на основе полупроводниковых фотоэлементов были разработаны устройства преобразования энергии солнечного излуче­ния в электрическую энергию - солнечные батареи, представляющих собой набор из нескольких солнечных элементов, объединенных в общую электрическую цепь. Наибольшее применение получили конструкции солнечных элементов*,* представляющие собой плоскую (базовую) полупроводниковую пластину с тонким фронтальным слоем полупроводника, имеющего тип проводимости, противоположный типу проводимости базовой области. Под действием света в полупроводнике генерируются допол­нительные носители заряда, которые перемещаются под дейст­вием электрического поля *р-*n - перехода и создают на внешних выводах *фотоэдс.*

Энергетические характеристики солнечных батарей определяются ма­териалом фотоэлемента, конструктивными особеннос­тями, количеством элементов в батарее. Распространёнными материалами для солнечных элементов являются Si, GaAs, CdS, CdTe, причем наиболее высокий кпд получен у элементов на основе Si (17% при освещении в зем­ных условиях) и элементов на основе GaAs (22%). Число элементов в батарее может достигать нескольких сотен тысяч, пло­щадь панели — тысяч м2, ток солнечной батареи — сотен ампер, напряже­ние — сотен вольт, генерируемая мощность — несколько де­сятков и сотен кВт.

Достоинствами солнечных батарей являются их простота, надёжность и дол­говечность, малая масса и миниатюрность, генери­рование энергии без загрязнения окружающей среды; основной недостаток — высокая стоимость. Они применяются на космических летательных аппаратах, где занимают доми­нирующее положение среди других источников автоном­ного энергопитания. Солнечные батареи обеспечивают электропитание большого количества научной аппаратуры, в том числе телевизионной камеры для стереосъемки поверхности планеты с разрешением до 10 метров, нескольких спектрометров для регистрации излучения в различных диапазонах спектра, анализатора плазмы и нейтрального газа, аппаратуры дл радиопросвечивания атмосферы и пр.

В земных условиях солнечные батареи исполь­зуют для питания устройств автоматики, переносных радиостанций, приёмников, для катодной анти­коррозионной защиты нефте- и газопроводов и др. Необходимо отметить значительный рост интереса во всем мире к использованию экологически чистых, возобновляемых источников энергии, к которым относится излучение Солнца. Этот интерес во многих странах связан как с ростом цен на традиционные энергоносители, так и с угрозой антропогенного загрязнения окру­жающей среды, в том числе энер­гетическими объектами.

В последние годы внимание к новым источникам энергии резко возросло и в России. Несмотря на то что страна обладает колоссаль­ными запасами нефти, газа и угля, затраты на их добычу и транспор­тировку неуклонно растут. Большая часть территории с населением около 20 млн. человек не имеет централизованных систем элект­ро- и теплоснабжения. В условиях быстрого роста тарифов (в некото­рых регионах России за последние 4 года - в 3-5 раз) многие потреби­тели предпочитают использовать собственные, в том числе нетра­диционные автономные источники энергии. Появляются новые облас­ти их эффективного практическо­го применения.

Бытует мнение, что солнечная энергия может эффективно исполь­зоваться только в южных странах, а Россия после распада Советского Союза стала считаться северной страной, где солнечного излуче­ния недостаточно и использовать его нецелесообразно.

Последние исследования и раз­работки специалистов Института высоких температур Российской академии наук (ИВТ РАН) доказывают несостоятельность такой точки зрения. В Лаборатории возобновляемых источников энергии и энерго­сбережения ИВТ РАН завершена разработка Атласа распределения ресурсов солнечной энергии по территории России.

Оказалось, что в сегодняшних границах России наиболее солнечными являются не районы Северного Кавказа, как предполагают многие, а регионы Приморья и юга Сибири (от 4.5 до 5-0 кВт-ч/м2 день). Интересно, что Северный Кавказ, включая извест­ные российские черноморские курорты (Сочи и др.). по средне­годовому поступлению солнечной радиации относятся к той же зоне, что и большая часть Сибири, вклю­чая Якутию (4.0-4,5 кВт-ч/м2день). Более 60%территории России, в том числе и многие северные районы, характеризуются средне­годовым поступлением от 3-5 до 4,5 кВт-ч/м2день. Таким образом, солнечные батареи, при условии существенного снижения их стоимости, могут найти широкое применение в малой энергетике на большей части территории нашей страны.

Новые направления техническо­го развития влекут за собой разработку фотоэлектронных прибо­ров новых типов, усовершенствование их параметров и методов изготовления. Так, развитие ядерной физики стимулировало раз­работку большого числа новых фотоумножителей с отличными от прежних параметрами. Создание космических летательных аппаратов потребовало новых приемников ультрафиолето­вого излучения и фотоэлектрических источников питания — солнеч­ных батарей. Опто­электроника требует весьма малогабаритных фотоэлектронных приемников с малой инерционностью и высокой чувствительностью. Многие проблемы биофизики, биологии, медицины решаются с по­мощью специальных фотоэлектронных устройств. Задача полной автоматизации производственных процессов не может быть реше­на без широкого развития фотоэлектронной техники, требующей глубокого изучения теоретических принципов работы фотоэлект­ронных устройств и высокого уровня технологии.

**Заключение**

Фотоэффект - испускание электронов телами под действием света, который был открыт в 1887 г. Герценом. В 1888 Гальвакс показал, что при облучении ультрафиолетовым светом электрически нейтральной металлической пластинки последняя приобретает положительный заряд. В этом же году Столетев создал первый фотоэлемент и применил его на практике, потом он установил прямую пропорциональность силы фототока интенсивности падающего света. В 1899 Дж. Дж. Томпсон и Ф. Ленард доказали, что при фотоэффекте свет выбивает из вещества электроны.

Фотоэффект широко используется в технике. На явлении фотоэффекта основано действие фотоэлементов. Комбинация фотоэлемента с реле позволяет конструировать множество ”видящих” автоматов , которые вовремя включают и выключают маяки , уличное освещение, автоматически открывают двери , сортируют детали, останавливают мощный пресс, когда рука человека оказывается в опасной зоне . С помощью фотоэлементов осуществляется воспроизведение звука , записанного на киноплёнке.

Число областей науки и техники, в которых нашли применение приборы на основе фотоэлектрического эффекта, весьма значительно и продолжает увеличиваться. В данном реферате, ввиду ограниченности его объема, рассмотрены лишь некоторые из них. Но даже этот краткий обзор показывает, какое большое значение приобрела фото­электроника в современной жизни.

Новые направления техническо­го развития влекут за собой разработку фотоэлектронных прибо­ров новых типов, усовершенствование их параметров и методов изготовления. Так, развитие ядерной физики стимулировало раз­работку большого числа новых фотоумножителей с отличными от прежних параметрами. Устройства считывания информации с лазерных дисков требуют весьма малогабаритных фотоэлектронных приемников с малой инерционностью и высокой чувствительностью. Многие проблемы биофизики, биологии, медицины решаются с по­мощью специальных фотоэлектронных устройств.

**Список использованной литературы**

1. Льоци М. История физики. М. “Мир”, 1970.
2. Физическая энциклопедия, в 5и томах, т. 5, М. “Б.Рос.энцикл.”, 1998.
3. Соболева Н.А., Меламид А.Е., Фотоэлектронные приборы. Учебное пособие для студентов вузов. М. изд. “Высшая школа”, 1974.
4. Булатов М.И., Калинкин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Ленинград, изд. “Химия”, 1986.
5. Попель О., Прошкина И. Солнечная Россия. Журн. “В мире науки” № 1, 2005, стр. 14 – 17.