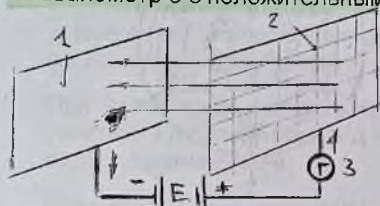


Тема: Фотоэлектронные приборы.

опре²⁶
2ч
шоль!

1. Фотоэлектронные явления.
2. Законы фотоэффекта.
4. Фотоэлементы внешним фотоэффектом.
3. Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом. Фоторезисторы.
5. Солнечные фотоэлементы., фотодиоды, фототранзисторы.

1. Открытие явления фотоэффекта и его первое практическое применение принадлежит А. Г. Столетову. Прибор, на котором он производил свои опыты, состоял из хорошо отполированной цинковой пластинки 1, соединённой с отрицательным полюсом батареи, и металлической сетки 2, помещённой вблизи пластинки и соединённой через чувствительный гальванометр 3 с положительным полюсом батареи.



- 1 - ЦИНК. ПЛАСТ (ФОТОКАТОД)
- 2 - МЕТАЛ. СЕТКА (АНОД)
- 3 - ИЗМ. ПРИБОР (ГАЛЬВАНОМЕТР)

При сильном освещении цинковой пластинки гальванометр показывал наличие тока в цепи, несмотря на то, что м/д сеткой и пластинкой имелся воздушный зазор. Это происходило потому, что падающие на цинковую пластинку лучи отдавали свою энергию электронам, отчего скорость их движения увеличивалась, и они вылетали из металла наружу. Под действием напряжения, приложенного извне между сплошной цинковой пластинкой — фотокатодом и сетчатым электродом — анодом, вылетевшие из металла электроны двигались к аноду, и гальванометр регистрировал в цепи наличие эл. тока (фототока). Это явление в 1888 году получило название фотоэффекта.

2. Закон фотоэффекта это величина фототока которая прямо пропорциональна лучистому потоку, падающему на поверхность фотокатода.

$I_{\varphi} = s \Phi$, где I_{φ} фототок, мкА; Φ — световой поток, падающий на фотокатод, лм; s — коэффициент пропорциональности, называемый чувствительностью фотоэлемента, мкА / лм.

В дальнейшем было установлено, что максимальная энергия фотоэлектронов возрастает линейно с частотой падающего света. Это второй закон фотоэффекта или закон Эйнштейна. Как известно, энергия кванта $W = h \nu$, где h — постоянная Планка; ν — частота эл. магнитного излучения.

Эта энергия при поглощении её электроном расходуется на совершение работы выхода $e\psi$ и на сообщение электрону начальной скорости V_0 .

$$W = h\nu = e\psi + m_0 V_0^2 / 2, \text{ где } m_0 \text{ -- масса электрона.}$$

Частота света $\nu_{кр}$ при которой энергия фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла, равна нулю ($V=0$) соответствует $\nu_{кр} = e\psi / h$.

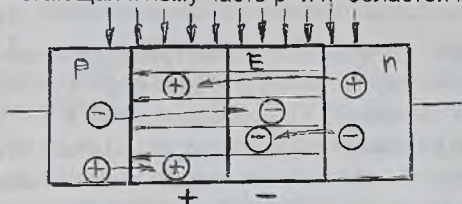
Лучистый поток с частотой $\nu < \nu_{кр}$, каким бы он сильным не был, не вызывает фотоэмиссии электронов, так как энергия кванта в этом случае недостаточна для совершения работы выхода электрона, т.е. $e\psi > h\nu$. По этому частота $\nu_{кр}$ была названа критической частотой, или «красной границей» фотоэффекта.

Критическая длина волны $\lambda_{кр} = c / \nu_{кр}$, где c – скорость распространения эл. магнитных волн ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

③ Внутренний фотоэффект. Явлением фотопроводимости называется увеличение электропроводности п/проводника под воздействием эл. магнитного излучения.

При освещении электронно-дырочного перехода и примыкающих к нему участков п/проводников м/д ними возникает э.д.с. Этот эффект называется фотогальваническим.

Рассмотрим р-п структуру, у которой р-п-переход и непосредственно прилегающая к нему часть р- и п-областей подвергаются действию света.



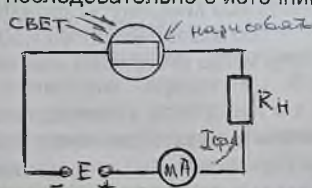
Поток падающих на п/проводник фотонов создает в нем некоторое кол-во подвижных носителей зарядов – электронов и дырок. Часть из них диффундируя к переходу, достигает его границы, не успев рекомбинировать. На границе электронно-дырочные пары разделяются эл. полем перехода. Неосновные носители, для которых поле р-п-перехода является ускоряющим, выбрасываются этим полем за переход: дырки в р-, а электроны в п-область. Основные носители зарядов задерживаются полем перехода в своей области. В результате происходит накопление некомпенсированных зарядов и на р-п-переходе создается добавочная разность потенциалов, называемая фотоэлектродвижущей силой (фото э.д.с.)

Величина фото э.д.с. зависит от интенсивности светового потока и обычно составляет десятые доли вольта. Если цепь р-п-структуры при этом

замкнута, то в ней под действием фото э.д.с. создаётся электрический ток, сила которого зависит от величины светового потока и сопротивления нагрузки.

Фоторезисторы изготавливают на основе сульфида кадмия, селенида кадмия, сернистого свинца. Конструктивно светочувствительные элементы помещаются в пластмассовый или металлический корпус, а в отдельных случаях без корпуса.]

3) Фоторезистор включается в цепь последовательно с источником напряжения и сопротивлением нагрузки.]



241

Если фоторезистор находится в темноте, то через него течёт т е м н ы й т о к]

$I_T = E / R_T + R_H$, где E — э.д.с. источника питания; R_T — величина эл.сопротивления фоторезистора в темноте, называемая т е м н о в ы м сопротивлением; R_H — сопротивление нагрузки.

При освещении фоторезистора энергия фотонов расходуется на перевод электронов в зону проводимости. Количество свободных эл.-дырочных пар возрастает, сопротивление фоторезистора падает и через него течёт с в е т о в о й т о к]

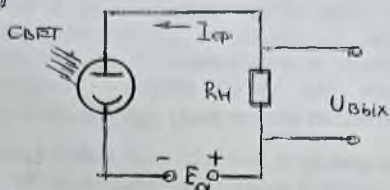
$I_C = E / R_C + R_H$ [Разность между световым и темновым током даёт значение тока I_{ϕ} , получившего название п е р в и ч н о г о фототока проводимости] $I_{\phi} = I_C - I_T$.

Когда лучистый поток мал, первичный фототок изменяется прямо пропорционально величине лучистого потока, падающего на фоторезистор. По мере возрастания лучистого потока увеличивается число электронов проводимости, они двигаясь внутри вещества и сталкиваясь с атомами, ионизируют их и создают дополнительный поток эл.зарядов получившего название в т о р и ч н о г о фототока проводимости. Увеличение числа ионизированных атомов тормозит движение электронов проводимости. В результате этого изменения фототока запаздывают во времени относительно светового потока.

4) Фотоэлементами с внешним фотоэффектом называются электронные приборы, работа которых основана на явлении фотоэлектронной эмиссии с катода. Конструктивно представляет собой стеклянный баллон внутри которого помещены фотокатод и анод. Внутренняя поверхность баллона покрывается тонким слоем металла (обычно щелочноземельного), который занимает примерно 50% всей внутренней поверхности баллона. Этот слой

является фотокатодом. Против катода оставляют прозрачный участок стекла окно², чтобы через него на катод мог падать световой поток. Аноду³ придают форму рамки и располагают его так, чтобы он не препятствовал попаданию света на катод.

- 1 БАЛЛОН
- 2 ОКНО
- 3 АНОД



В схеме включения в цепи анода находится источник постоянного напряжения E_0 (150...200В) и сопротивление нагрузки R_H . При освещении фотоэлемента его катод начинает эмитировать электроны и в анодной цепи возникает фототок I_Φ , величина которого пропорциональна интенсивности светового потока Φ . $I = s \Phi$.

При изменении величины светового потока пропорционально изменяется и фототок, и величина выходного напряжения

$U_{\text{ВЫХ}} = I_\Phi R_H = s R_H \Phi$ воспроизводит изменения светового потока. Таким образом, в фотоэлементе осуществляется управление выходным напряжением с помощью света.

Важнейшими характеристиками фотоэлементов являются:

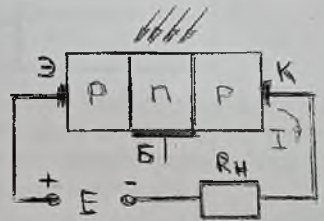
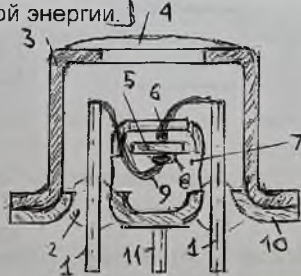
1. Световая $I_\Phi = f(\Phi)$ при $U_0 = \text{const}$, зависимость величины фототока от величины светового потока, падающего на катод при постоянном спектральном составе света и неизменной величине анодного напряжения.
2. Вольт – амперная $I_\Phi = \Psi(U_0)$ при $\Phi = \text{const}$, зависимость фототока от величины приложенного к фотоэлементу напряжения U_0 при постоянном световом потоке.
3. Спектральная, выражающая зависимость чувствительности фотоэлемента к световым потокам разной длины волны.
5. Фотодиод представляет собой p/проводниковый диод, обратный ток которого зависит от освещённости p-n-перехода. Фотодиод более чувствителен по сравнению с фотоэлементами и фоторезисторами.

Схема включения фотодиода такова, напряжение источника питания приложено к фотодиоду в обратном направлении. Когда диод не освещён в цепи проходит небольшой обратный (темновой) ток.

При освещении фотодиода появляется дополнительное число электронов и дырок, вследствие чего увеличивается переход неосновных носителей заряда: электронов из р- области в n-область и дырок в обратном направлении. Это приводит к увеличению тока в цепи. При правильно подобранном сопротивлении нагрузки R_H и напряжения источника питания E этот ток будет зависеть только от освещённости прибора, а падение напряжения на сопротивлении нагрузки будет как полезный сигнал, воздействующий на другие эл-ты схемы.

Фототранзистор представляет собой трёхслойный п/проводниковый прибор с двумя р—п —переходами, обладающий свойством усиления фототока при воздействии лучистой энергии.

- 1 проводники
- 2 изоляторы
- 3 корпус
- 4 отверстие зав. стекла
- 5 герман. пластина
- 6 коллектор
- 7 кристаллодержатель
- 8 эмиттер
- 9 выводы
- 10 ножка
- 11 базовый вывод



Прибор состоит из германиевой пластины 5, в которую с обеих сторон соосновлены виски индия, образующие коллектор 6 и эмиттер 8. Пластина германия припаяна оловянным кольцом к кристаллодержателю 7, который, в свою очередь приварен к ножке 10. Коллектор и эмиттер при помощи тонких выводов 9 соединены с проводниками 1, изолированными от ножки стеклянными изоляторами 2. Базовый вывод 11 приварен к ножке. Весь фототранзистор помещён в герметичный корпус 3, в котором имеется круглое отверстие закрытое стеклом 4.

Схема включения приведена на рис. При таком включении вывод базы фототранзистора остаётся свободным, т.е. ток базы $I_B = 0$. При освещении о базы в ней появляются свободные электроны и дырки. Для базы фототранзистора типа р-п-р-перехода дырки являются неосновными носителями зарядов. Поэтому они втягиваются полем коллекторного перехода в коллектор, увеличивая ток в его цепи. Оставшиеся в базе основные носители заряда — электроны — создают пространственный заряд, снижающий высоту барьера эмиттерного перехода. При этом облегчается переход дырок из эмиттера в базу, а затем в коллектор, что приводит к ещё большему росту коллекторного тока, проходящего через нагрузочное сопротивление. Таким образом даже при малом световом потоке, падающем на базу, ток коллектора оказывается достаточно большим, что свидетельствует о достаточно высокой чувствительности фототранзистора.