

УДК: 1535.015

ББК 22.3

**Основа современной оптоэлектроники и солнечной энергетики:
фоточувствительные фотоприборы**

Бондина Вера Петровна,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры физики и технических дисциплин, ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия.

Треничева Александра Алексеевна,

студент 5 курса направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), Профиль: Физика. Информатика, факультета физико-математического и технологического образования, группы ФИ-13, ФГБОУ ВО "Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова", г. Ульяновск, Россия.

Аннотация

Сегодня трудно указать область человеческой деятельности, где успехи изучения фоточувствительных приборов не дали бы мощный эффект. Оптоэлектронные технологии являются базовыми для систем связи и телекоммуникаций, записи, хранения и обработки информации, микроэлектроники, они вошли в отраслевые стандарты обработки материалов и диагностики изделий во многих отраслях машиностроения, стали определяющими для разработки специальных систем управления движением, нарастающими темпами осваиваются в медицине, открывая новые возможности диагностики лечения заболеваний, в светотехнике, экономическом мониторинге и др. В оптических информационных системах перечисленные процессы реализуются путём взаимодействия световых пучков со средой. Это взаимодействие осуществляется с помощью соответствующих материалов,

обладающих свойствами которые могут изменяться под воздействием света, механического воздействия, а также под действием электрического и магнитного полей. Данная статья направлена на изучение оптоэлектроники, по средствам экспериментальных данных, способствующих более аргументированному анализу данного физического процесса.

Ключевые слова

Оптоэлектроника, солнечная энергетика, фоточувствительные фотоприборы, оптическое излучение и электроны вещества.

Оптоэлектроника - бурно развивающаяся область науки и техники. Многие ее достижения вошли в быт: индикаторы, дисплеи, лазерные видеопроигрыватели. Разрабатывается твердотельное телевидение и современная вычислительная техник. Сегодня трудно указать область человеческой деятельности, где эти технологии не дали бы мощный эффект - от фундаментальных научных исследований до шоу-бизнеса. По значению для технического прогресса, для модернизации экономики реализация возможностей современной оптоэлектроники аналогична электрификации в начале прошлого века.

Актуальность заключается в том, что на современном этапе развитие оптоэлектроники связано с изучением эффектов взаимодействия между оптическим излучением и электронами вещества, и охватывает проблемы создания оптоэлектронных приборов, в которых эти эффекты используются для генерации, передачи, хранения и отображения информации, и таким образом перед оптоэлектроникой встает важная задача - миниатюризация элементной базы, интеграция элементов и функций, ориентация на специальные технологии и материалы. [4]

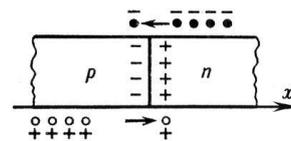
Что же такое оптоэлектроника и почему она так популярна в современной научной сфере?

Идеи оптоэлектроники возникли ещё в 1955, но известные в то время средства для взаимного преобразования электрических и оптических сигналов и для осуществления оптической связи не обеспечивали необходимых эффективности, быстродействия, мощности светового потока, возможности микроминиатюризации. Оптоэлектроника начала интенсивно развиваться лишь с 1963—1965, после того как появились лазеры, полупроводниковые светоизлучающие диоды и волоконная оптика.[2] Основными элементами оптоэлектроники стали: источники света (лазеры, светодиоды), оптические среды (активные и пассивные) и фотоприёмники. Эти элементы применяются как в виде различных комбинаций, так и в виде автономных устройств и узлов с самостоятельными частными задачами. Существует 2 пути развития оптоэлектроники: оптический, основу которого составляет когерентный луч лазера (когерентная оптоэлектроника), и электрооптический, основанный на фотоэлектрическом преобразовании оптического сигнала (оптроника). Сущность оптроники состоит в замене электрических связей в цепях оптическими. С когерентной оптоэлектроникой связаны новые принципы и методы построения больших систем вычислительной техники, оптические связи, запоминания и обработки информации, не имеющих аналогов в традиционной радиоэлектронике.

Оптоэлектроника – направление электроники, охватывающее вопросы использования оптических и электрических методов обработки, хранения и передачи информации, отличительной чертой которого является использование для обработки информации оптического излучения (электромагнитное излучение в видимой диапазоне с длиной волны 0,4-0,8 мкм, в инфракрасном - 0,8-10³ мкм и в ультрафиолетовом 10³-0,4 мкм.). Главным достоинством оптоэлектронных приборов является преимущества оптической связи, так как частота колебаний в оптическом диапазоне (10¹³- 10¹⁵Гц) больше, чем в радиодиапазоне, что обеспечивает быструю передачу информации и емкостный канал связи, при этом, не стоит забывать, что играет важную роль и малая

длина волны, обеспечивающая высокую плотность информационной записи в оптических постоянных записывающих устройствах. Оптоэлектроника не только выручила в потребности скоростной передачи, регистрации и обработки информации, но и позволила в быстрых темпах параллельно обрабатывать полный образ объекта.

Оптоэлектронный прибор – это элемент или узел применяемой в оптоэлектронике аппаратуры, разделенных на группы по выполняемым функциям. Одной из групп, интересующих нас с вами, станет именно группа источников света – это приборы с непосредственным преобразованием энергии электронов. Типичными представителями этой группы стали светодиод, полупроводниковый и газовый лазер. Источники – основа любой оптоэлектронной системы, они не только определяют ее функциональные возможности, эксплуатационные характеристики, но и свойства остальных элементов – фотоприемников, пассивных оптоэлектронных элементов[3].

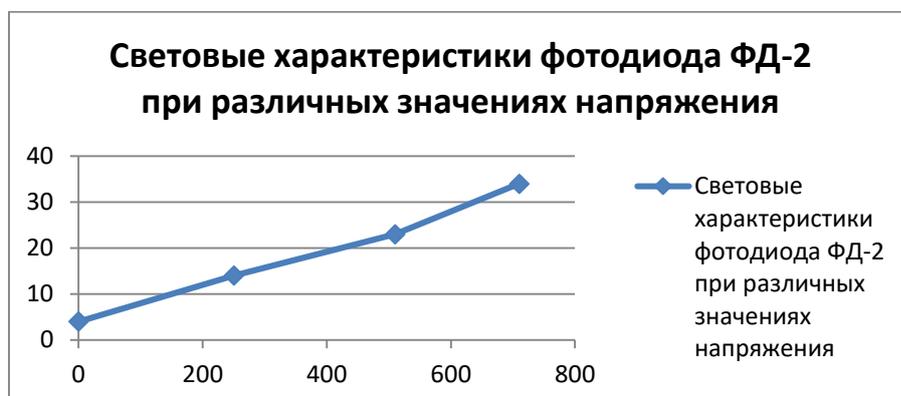
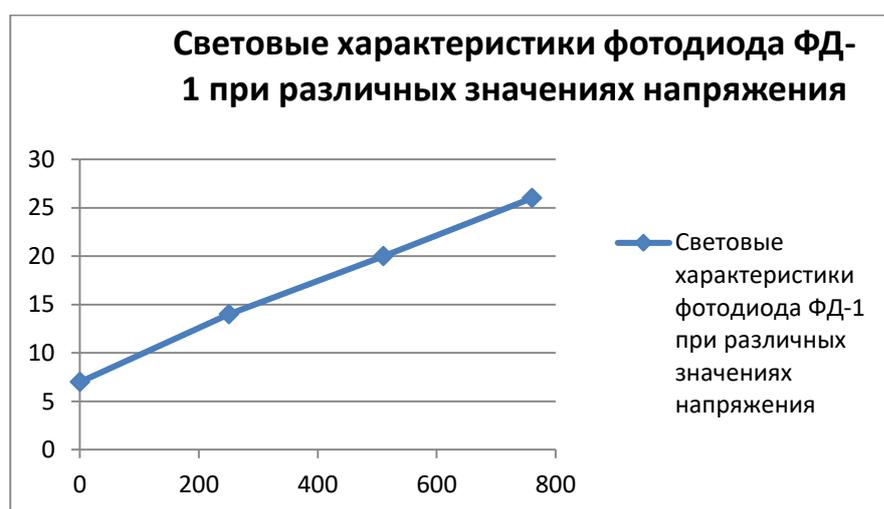


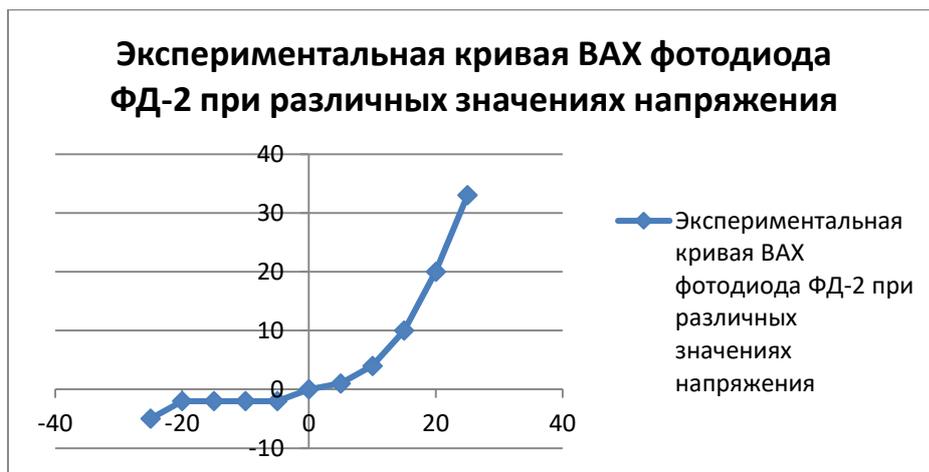
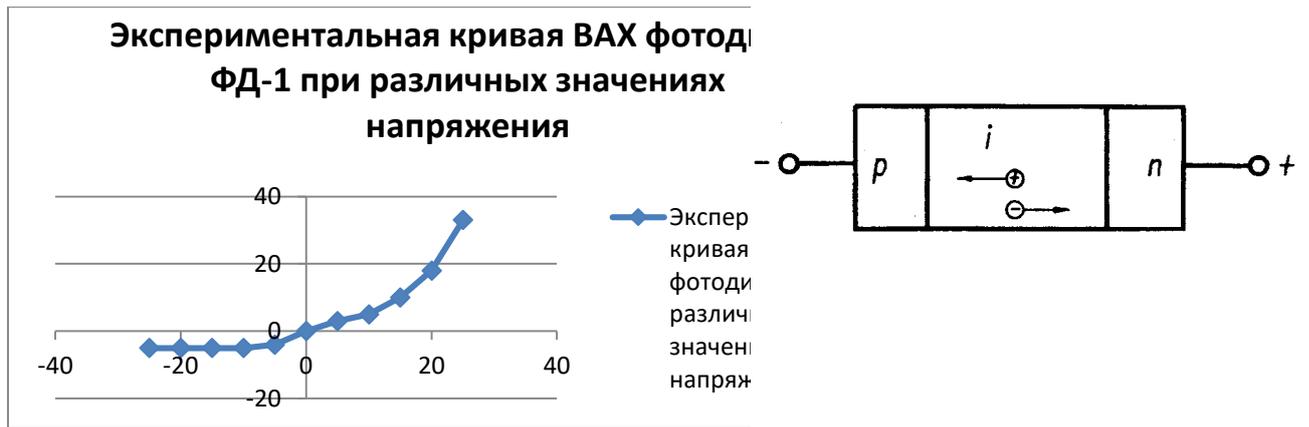
Фотоприемные приборы преобразуют свет в электрический ток, например, такие как фотодиод и фототранзистор, работают на основе использования контактных явлений в полупроводниках.

Источник излучения должен обладать основными параметрами, следующих из функционального назначения: интенсивность излучения, характеризующая мощностью излучения P , сила света I . Спектральные свойства источников, определяемые длиной волны λ_{max} (мкм), шириной спектральной полосы $\Delta\lambda$ (нм).

Сам светодиод (СИД) представляет собой p-n переход, при котором происходит переход тока через диодную структуру сопровождающуюся оптическим излучением[3]. Если генерация света происходит в результате инжекции неосновных носителей, то СИД называется инжекционным. При этом инжекция электронов в p область и дырок в n область происходит при прямом смещении p-n перехода. Неосновные носители заряда рекомбинируют с

основными, поэтому толщина n- и p- областей должна быть больше диффузных длин неосновных носителей заряда. Поток излучения СИД зависит от напряжения, тем резче, тем ниже температура, следовательно, необходимо стабильное рабочее напряжение. Перспектива развития инжекционных излучающих диодов – использование в качестве излучающих элементов сверхмалых структур с квантовыми ямами и точками. Уменьшение размеров активных зон до 10 нм приведет к изменению зонной диаграммы, уменьшению рассеяния излучения и расширению возможностей инжекционных излучающих диодов. В целях выявления оптимальных режимов работы был проведен эксперимент, исследующий основные характеристики фотодиодов марки ФД-1 и ФД-2.





Лазеры-прибор, генерирующий оптическое когерентное излучение на основе эффекта вынужденного излучения. Лазеры обычно классифицируются по виду активной среды – газовые, жидкостные, твердотельные.

Фотоприемник – приемник оптического излучения- прибор, в котором под действием оптического излучения происходят изменения, позволяющие обнаружить и измерить характеристики излучения, основанные, в основном, на явлении фотоэффекта. Процесс взаимодействия света с веществом, без изменения энергии фотона, включает в себя отражение, преломление, рассеяние, пропускание света и другие; с изменением энергии – различные виды поглощения, при котором часть энергии излучения поглощается в веществе и увеличивается энергия электронов в нем. Внутренний фотоэффект в полупроводниках характеризуется квантовым выходом, т.е. числом неравновесных носителей, создаваемых каждым поглощенным фотоном.

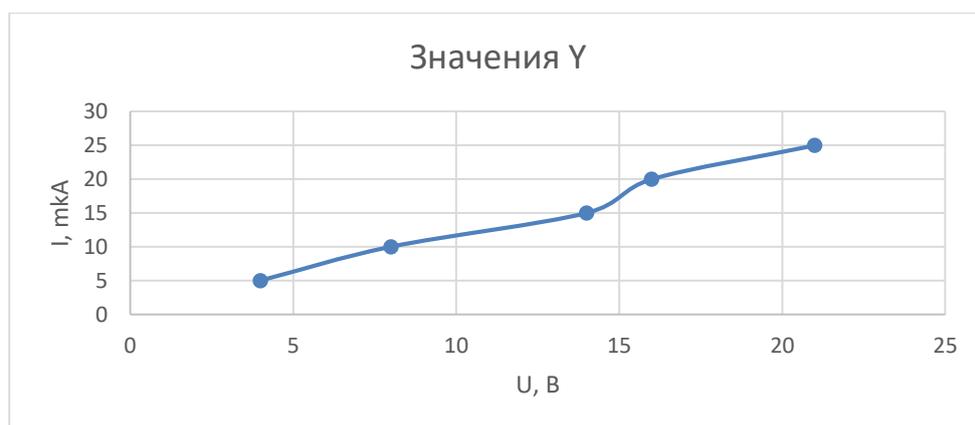
Чувствительность фотоприемника зависит от скорости генерации G , которая зависит от величины квантового выхода и определяется тем, на сколько сильно изменяются его электрические характеристики при облучении светом, т.е. зависит от квантового выхода и коэффициента излучения.

Наиболее чувствительными являются р-і-п фотодиоды, представляющие собой наиболее типичные фотоприемники с большим слоем собственной проводимости- оптимальное сочетание чувствительности и обеспечивают быстродействия в них обуславливается малым влиянием процессов диффузии носителей. [3]

Фоторезистор – фотоэлектрический полупроводниковый приемник излучения, принцип действия которого основан на эффекте фотопроводимости: эффект заключается в том, что при освещении однородного полупроводника его электропроводность увеличивается.

Фототранзистор – фоточувствительный полупроводниковый приемник излучения, по структуре подобный транзистору и обеспечивающий внутреннее усиление сигнала. Можно представить его как фотодиод и транзистор, при этом фотодиод и коллекторный переход транзистора конструктивно объединены вследствие чего фототок суммируется с коллекторным током.

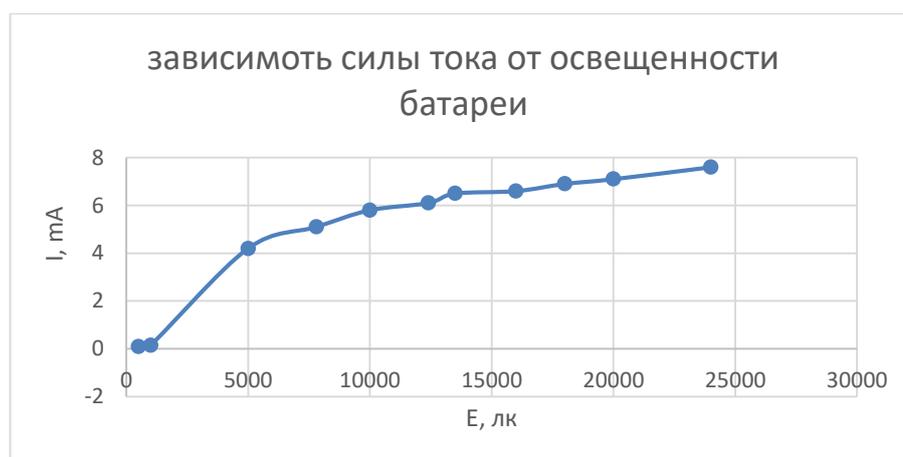
Вольт-амперную характеристику фоторезистора ФСК-1 получали в темноте при различных значениях освещённости поверхности светочувствительного слоя фоторезистора.



При изменении напряжения, приложенного к фоторезистору находили зависимость силы тока. Получили линейную зависимость ВАХ характеристик у исследуемого фототранзистора.

В настоящее время в мире актуальная проблема поиска альтернативных источников энергии, что вызвало широкое развитие солнечной энергетики.[4] Солнечные батареи – фотодиоды, оптимизированные для прямого преобразования излучения солнца в электрическую энергию. Особенность солнечного преобразования заключается в том, что его спектральная область лежит в пределах длин волн 0,22-3мкм, как следствие максимальная отдаваемая в нагрузку электрическая мощность.

Результат измерения зависимости силы тока от освещенности батареи БСК-1 при $R=270$ Ом. БСК -2, фоточувствительны элемент.



Оптроны – взаимосвязанные пары излучатель-приемник и соответствующая схемотехника – предложены в 1955 году Лебнером[2]. Представляет собой прибор в котором излучатель и приемник оптически и конструктивно связаны. Элементарный оптрон включает в себя 1 источник и 1 приемник, поэтому носит элементарное название оптопара. Главная особенность оптрона заключается в двойном преобразовании энергии, обычно электрической в оптическую и обратно электрическим входом и выходом.

Оптроны не только имеет высокий уровень помехозащищенности и однонаправленности передачи сигнала, широкую частотную полосу пропускания, но и совместимость с другими приборами микроэлектроники, что вывело электронику на новый уровень.

Оптоэлектроника является одним из актуальных направления современной электроники. Оптоэлектронные приборы характеризуются исключительной функциональной широтой, они успешно используются в сфере информационных систем для работы с информацией. Оптоэлектроника достигла стадии промышленной зрелости. Как актуальное научно-техническое направление характеризуют следующие черты:

- увеличение емкости оптического канала за счет гальванической развязки оптрона;
- неразрывностью оптических и электронных процессов благодаря основным физическим методам и средствам;
- миниатюризация элементов, применение сверхчистых материалов – концепция технической основы;
- генерация информации путем преобразования внешних воздействий в соответствующие электрические и оптические сигналы- функциональное назначение оптоэлектроники.

Проведенные нами исследования дают возможность познакомить студентов физмата и старшеклассников с актуальными проблемами оптоэлектроники и солнечной энергетики не только на теоритической основе, но и используя практические исследования, что способствует увеличению числа талантливых изобретателей и руководителей, необходимых для успешного развития отечественной науки в России. Ключевой проблемой дальнейшего прогресса направления оптоэлектроники является проблема изготовления новых фотоприемников с улучшенными параметрами и

характеристиками. Ведется поиск новых полупроводниковых соединений, на основе которых можно изготовить фотоэлектрические приборы с высоким коэффициентом полезного действия, высокой чувствительностью и инерционностью. Но при этом современная полупроводниковая электроника далеко продвинулась в вопросе выработки энергии. Солнечные батареи используются повсеместно, но остается важной проблемой в разработке солнечных батарей эффективное преобразование энергии солнца. Повышать КПД солнечных батарей позволяет современная технология, основанная на пористом кремнии, получаемого при анодной электрохимической обработке монокристаллического кремния в растворах на основе плавиковой кислоты HF[4]. Обнаружение явления фотолюминесценции и сдвиг в коротковолновую область спектра пористого кремния значительно расширяет область применения различных оптических устройств.

Список литературы:

1. Актуальные вопросы преподавания технических дисциплин, выпуск 2. Под ред. Шубович В.Г., Самохина С.С. Научное издание. Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им.И.Н.Ульянова», 2017-147с.
2. Гонда С., Сэко Д. Оптоэлектроника в вопросах и ответах: Пер. с япон.- Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989-184с.:ил.
3. Самохвалов М.К. Элементы и устройства оптоэлектроники: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям 654300 и 551100 №Проектирование и технология электронных средств»- Ульяновск; УлГТУ, 2003-126с.
4. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие/ В.В. Старостин -3-е изд.-М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012-431с