

и его связь с системой образования, обеспечивает преемственность научных кадров. Положительная оценка происходящей информатизации соответствует универсальным общезначимым критериям справедливости.

Вместе с тем, растёт моральная ответственность как всего научного сообщества, так и работников в сфере высшего технического образования. Инновационные технологии порождают новые вызовы и угрозы, способные нарушить устоявшиеся общепринятые принципы справедливости, требующие адекватного ответа в той же информационной области. В первую очередь, сами учёные должны понимать, что в информационную эпоху их труды становятся значительно более оперативно достоянием широкой общественности, чем ранее; преодолеваются границы узкой корпоративности. В том числе, их берут в качестве образца студенты технических вузов, с ещё не сложившимися критическим мышлением и собственными методическими навыками. Поэтому неизмеримо возрастает требование научной достоверности; учёный должен осознавать, что любая его поспешная неосторожная фраза может быть совершенно некритически вырвана из контекста и растиражирована, в погоне за «научной сенсацией», средствами массовой информации, подхвачена разнообразными «уфологами», «экстрасенсами», «палеоконтактёрами» и т.п. Так возникают разного рода «альтернативные теории» в области истории, эволюционной биологии, космологии и т.д., которые предлагаются как равноценная замена «устаревших» концепций, общепринятых в науке. В результате в неокрепшем сознании студента технического вуза скапливается большое количество сомнительных сведений, а базовые знания в области, к примеру, исторической и геологической периодизации, ньютоновской механики, дарвинизма и т.п., необходимые для каждого образованного человека, выпадают из круга мировоззрения.

Между тем, именно такого рода информация составляет общепринятую основу научного дискурса, с которой обязан ознакомиться всякий выпускник вуза, независимо от основной специализации. Это и есть одна из задач преподавания курса философии и других гуманитарных дисциплин в учебной программе технического университета. Что касается разного рода «целителей», «предсказателей» и т.д., - то это всего лишь непроверенные маргинальные гипотезы, возникающие на периферии, «скользящие по поверхности» подлинной науки. Говорить и спорить об этом можно (в конце концов, всякая новаторская теория, типа квантовой механики или эйнштейновского релятивизма, при своём возникновении на какое-то время способна вызвать недоверие научной общественности), однако только при условии твёрдых знаний в области базовых положений науки. Справедливость требует не ставить на один уровень непроверенные фантазии и устоявшиеся научные истины, тем более не производить их взаимную некритическую замену в сознании массового респондента, как это зачастую происходит. Каждый учёный должен быть очень осторожен в своих крайних предположениях, поскольку в информационную эпоху его читают не только компетентные коллеги, чётко понимающие, о чём идёт речь, но и широкие массы учащихся самых разных специальностей. Последние, оставаясь дилетантами в той или иной конкретной сфере, тем не менее, испытывают естественную тягу ко всему новому, необычному, способному поразить воображение своей оригинальностью.

При этом следует иметь в виду, что проблема справедливости в её приложении к научной деятельности, парадоксально пересекается с неперемнным условием и требованием научной новизны. В информационном обществе любые такого рода нарушения неизбежно становятся достоянием гласности и способны дискредитировать как отдельного учёного, так и целую отрасль знания, если там не говорится ничего нового, а только бесконечно переписываются общеизвестные «догмы». Разумеется, всякий научный деятель имеет полное право более углублённо прорабатывать уже ранее высказанную идею (и не только свою собственную, но и чужую; именно так возникают научные школы и направления). Однако даже по чисто внешним параметрам, каждая новая публикация должна содержать самостоятельный и оригинальный авторский текст (не заменяемый, а только подкрепляемый соответствующими цитатами и сносками, оформленными надлежащим образом). Не говоря уже о прямом плагиате чужих текстов, широкие возможности которого тоже предоставляет недобросовестное использование передовых информационных технологий, недопустимо даже собственный авторский текст многократно переиздавать под разными названиями. Между тем, такое иногда практикуется, когда учёному «для отчёта» требуются новые публикации (в надежде, что «на самом деле эти статьи никто не читает»). Не говоря уже о гуманитарном знании, подобные негативные примеры, к сожалению, иногда встречаются даже применительно к техническим специальностям, где даже в патентной деятельности под новыми названиями могут проявиться старые разработки ещё советского периода. Когда это связано с получением научных грантов и финансовой отчётностью, дело доходит до откровенного криминала. Надо признать, что в последнее время именно информационные технологии позволяют эффективно бороться с такого рода злоупотреблениями: программа «Антиплагиат» и другие аналогичные разработки позволяют привести научную деятельность в соответствие с критериями справедливости.

Разумеется, подготавливая новые публикации, учёный не может каждый раз совершать фундаментальное открытие; более того, любую новаторскую идею необходимо углублённо проработать, информируя общественность о полученных результатах на страницах разных журнальных статей, сборников тезисов конференций, монографий и т.п. Однако это не должен быть один и тот же текст под разными названиями; даже по чисто формальным признакам средства языка поистине безграничны для того, чтобы облечь оригинальную мысль во всё новые формы. Именно в этом состоит научная педантичность и добросовестность: учёный всякий раз пишет оригинальный текст, находит иные слова и стилистические обороты, добавляет к уже известному материалу новые сведения. Он не прибегает к механическому компьютерному тиражированию, по справедливости полу-

чает научное признание среди своих коллег и соответствующие материальные средства на продолжение исследований.

Такого рода добросовестное творческое отношение к научной работе должно формироваться уже на студенческой скамье, в том числе в инженерно-технических вузах. Внедрение универсальных образовательных стандартов кредитно-рейтинговой системы ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System – Европейской системы перевода и накопления кредитов) призвано интенсифицировать учебный процесс в соответствии с требованиями справедливости.

На это же направлено действие той же программы «Антиплагиат» при подготовке студентами учебных докладов и рефератов. Как правило, в системе высшего технического образования философско-гуманитарные дисциплины преподаются на младших курсах, когда ещё только закладывается добросовестное отношение к учёбе и, в последующем, к работе (как инженерной, так и научной). Разумеется, главной целью является приобщение будущего специалиста высшей квалификации ко всему объёму мировой духовной культуры: любой образованный человек должен знать наиболее выдающихся философов прошлого и современности; работы которые они написали; основное содержание этих трудов, приписываемые им крылатые выражения и афоризмы. Он должен уметь классифицировать персоналии по школам и направлениям, самостоятельно осмысливать поставленные проблемы, приводить примеры, связанные со своей основной специализацией. Однако помимо чисто информационной задачи, преподавание философии призвано воспитывать внутреннюю дисциплину, добросовестное отношение к творческому труду. При подготовке к занятиям, студент осознанно прорабатывает рекомендованную основную учебную литературу, читает (и впоследствии свободно цитирует) дополнительную литературу из списка первоисточников классиков философской мысли. В дальнейшем он формулирует собственную точку зрения по поводу прочитанного, связно её излагает и аргументирует на семинарских занятиях, либо в форме устного сообщения (в случае необходимости – отвечая на возникшие вопросы, системно и упорядоченно, с ведением «научной» дискуссии), либо на основе докладов и рефератов. За это он получает положительную оценку от преподавателя непосредственно на занятиях, успешно сдаёт зачёты и экзамены, набирает необходимое количество баллов и «кредитов» в рамках учебного «рейтинга». Информационные технологии помогают ему интенсифицировать процесс получения новых знаний и умений, но не заменяют их. Только в подобном случае во всём этом будет присутствовать принцип справедливости, когда за добросовестно и честно выполненное учебное задание следует высокая полученная оценка.

В дальнейшем, на старших курсах, когда студент переходит к изучению основной специальности, сдаёт курсовые и дипломные работы, готовится к получению степени бакалавра, - заранее сложившийся конструктивный стиль учебной работы приносит достойные плоды. Это находит продолжение в трудовой деятельности на производстве, через высокое качество произведенной продукции, гарантию её соответствия мировым стандартам.

Если студент проявляет склонность к научно-исследовательской деятельности – он продолжает образование в магистратуре и аспирантуре, занимается преподаванием, защищает диссертацию и т.д. Таким образом, происходит «обратная связь» науки и системы образования, обеспечивается взаимодействие творческой мысли с «производством», создаются новаторские инновационные разработки. Новейшие информационные технологии при добросовестном использовании позволяют существенно интенсифицировать указанные процессы. Электронные образовательные ресурсы являются основными предпосылками, содействующими формированию инновационной среды в высшей школе, на производстве и в сфере научной деятельности. Проблема справедливости с их помощью находит положительное решение, позволяющее избежать рисков и угроз технократического развития.

С.С. Нефедов, С.М. Барайшук, Т.М. Ткаченко
S.S. Nefedov, S.M. Baraishuk, T.M. Tkachenko

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Республика Беларусь
Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

МЕТОДИКА ПОСТАНОВКИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ОТ ОСВЕЩЕННОСТИ
LABORATORY WORK STATEMENT METHOD FOR STUDYING THE DEPENDENCE OF ELECTROTECHNICAL CHARACTERISTICS OF SEMICONDUCTOR COMPONENTS ON LIGHTING

Аннотация

Описывается методика постановки и проведения лабораторной работы по дисциплине «Электротехнические и конструкционные материалы» с использованием универсального электромонтажного комплекса отечественного производства. Лабораторная работа посвящена изучению зависимости электротехнических характеристик полупроводниковых компонентов от освещенности. Работа интегрирована в другие дисциплины, изучаемые студентами энергетических специальностей.

Abstract

The technique of setting and conducting laboratory work in the discipline "Electrical and Construction Materials" using a universal electrical installation complex of domestic production is described. The laboratory work is devoted to the study of the dependence of the electrical characteristics of semiconductor components on illumination. The work is integrated into other disciplines studied by students of energy specialties.

Ключевые слова

Лабораторное занятие, материаловедение, универсальный стенд, фотоэффект, фоторезистор, фотодиод, фототранзистор, фотоэлемент.

Key words

Laboratory lesson, materials science, universal stand, photoelectric effect, photoresistor, photodiode, phototransistor, photocell.

В связи с переходом белорусского образования на стандарты европейской системы обучения, происходит значительное сокращение аудиторного времени на изучение дисциплин в пользу самостоятельной работы. В этой связи, специальными кафедрами технических ВУЗов пересматриваются лабораторные практикумы дисциплин в сторону интенсификации обучения и организации интегрированных занятий с дисциплинами: «Физика», «Теоретические основы электротехники», «Монтаж и обслуживание электрооборудования» и др. [1-2]. В рамках этого процесса на кафедре практической подготовки студентов БГАТУ был полностью обновлен курс «Электротехнические и конструкционные материалы» (ЭТКМ). При этом особое внимание было уделено процессу выполнения лабораторных работ, которые наглядно демонстрируют возможности междисциплинарной интеграции: в ходе подготовки и выполнения работ студенты приобретают теоретические знания и практические навыки по нескольким дисциплинам одновременно. Использование при подготовке разработанного на кафедре электронного учебно-методического комплекса [3] и дистанционного курса в системе Moodle позволяет облегчить студентам процесс подготовки к выполнению лабораторных работ, подготовку отчетов и углубить понимание полученных результатов, а также упростить контроль готовности к лабораторным работам и контроль знаний и навыков, полученных при выполнении лабораторных работ.

Лабораторный практикум ориентирован на изучение поведения электротехнических материалов в условиях различных внешних воздействий. Поскольку сегодняшнюю технику трудно представить без использования полупроводниковых материалов, одним из основных разделов является изучение свойств полупроводников и простейших полупроводниковых приборов. Необходимо сохранить объем материала и актуализировать его в соответствии с современными тенденциями даже с учетом ограничения времени в новых стандартах обучения в целом. В этой связи постановка комплексной лабораторной работы по изучению влияния освещенности на электротехнические характеристики полупроводниковых компонентов является весьма актуальной.

Методика проведения лабораторной работы «Изучение зависимости электротехнических характеристик полупроводниковых компонентов от освещенности» разработана на основе анализа уже известных лабораторных работ по данной теме [4–6]. Однако в методику внесены правки, учитывающие специфику инженерных специальностей аграрных и технических ВУЗов.

В работе изучается зависимость электротехнических характеристик фоторезистора, фотодиода, фототранзистора и солнечного элемента от освещенности. Общие сведения о фоторезисторах и методика изучения их характеристик рассматривались ранее в курсе ЭТКМ [3]. При подготовке к лабораторному занятию студентам необходимо изучить общие сведения о полупроводниках и полупроводниковых компонентах, приведенные в разработанных методических указаниях, освоить методику монтажа электрических схем и проведения измерений.

Основой лабораторной установки для изучения зависимости электротехнических характеристик полупроводниковых компонентов от освещенности стал универсальный стенд НТЦ–08.47.1 "Электромонтажный комплекс" [7], модернизированный в соответствии с решаемыми задачами (рисунок 1).

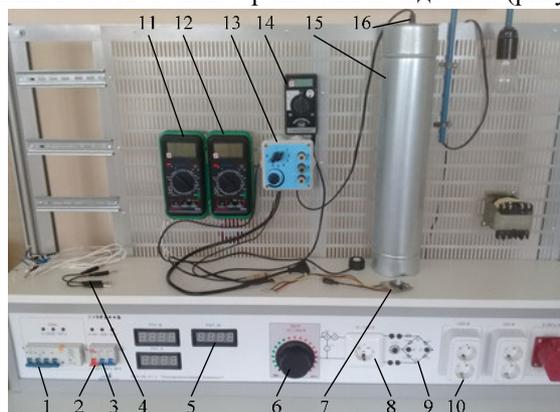


Рисунок 1 – Внешний вид доработанного лабораторного стенда для изучения зависимости электротехнических характеристик полупроводниковых компонент от освещенности

Подача питания на лабораторный стенд осуществляется с помощью четырехполюсного автоматического выключателя 1 ($QF1$). С помощью однополюсных автоматических выключателей 2 ($QF2$) и 3 ($QF3$) осуществляется подача питания на розетку 8 ($\sim 0\div 250$ В) через автотрансформатор 6 (ЛАТР $\sim 0\div 250$ В) и розетку 10 (~ 220 В) соответственно. Соединение элементов установки осуществляется с помощью измерительных проводов 4. Диодный мост 9 ($VD1\dots VD4$) используется для получения выпрямленного постоянного напряжения. С помощью мультиметров Mastech MY64 11 (M1) и 12 (M2) производятся измерения электрических параметров полупроводниковых компонентов. Блок управления 13 (БУ) предназначен для выбора режима работы лабораторной установки. Основная часть установки представляет собой металлическую трубу 15. В верхней части трубы установлен источник света 16, в нижней части – плата с исследуемыми полупроводниковыми компонентами 7. Плата подключается к блоку управления, внешний вид платы и блока представлен на рисунке 2. Применение такой конструкции позволяет минимизировать влияние на результаты измерений естественной освещенности. Изменение мощности P источника света, который подключается к розетке 8, осуществляется с помощью автотрансформатора 6 и контролируется ваттметром 5 ($PW1$). Значение освещенности E в плоскости расположения исследуемых компонентов измеряется с помощью люксметра 14.

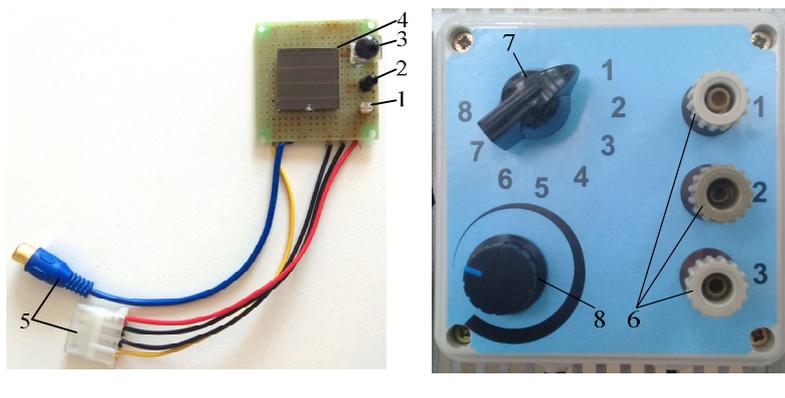


Рисунок 2 – Плата с исследуемыми полупроводниковыми компонентами (а) и блок управления (б): 1 – фоторезистор; 2 – фотодиод; 3 – фототранзистор; 4 – фотоэлемент; 5 – разъемы для подключения к блоку управления; 6 – зажимы для подключения мультиметров M1 и M2; 7 – переключатель; 8 – потенциометр

Внутри блока управления зажимы 6 («1», «2» и «3») через переключатель 7 подсоединены к полупроводниковым компонентам, потенциометру 8 и нагрузочному резистору R_H . Для измерения электротехнических характеристик полупроводниковых компонентов к зажимам 6 с помощью измерительных проводов подключаются мультиметры M1 и M2.

В лабораторной работе студенты выполняют четыре задания, в каждом из которых исследуется один полупроводниковый прибор. При подготовке к работе студентам необходимо изучить методические указания и собрать схему в соответствии с выполняемым заданием.

При выполнении первого задания студенты экспериментальным путем получают калибровочный график зависимости напряжения холостого хода фотоэлемента от освещенности $U_{фэ} = f(E)$. Принципиальная схема для исследования фотоэлемента представлена на рисунке 3.

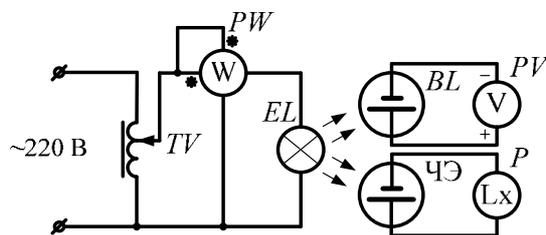


Рисунок 3 – Принципиальная схема для снятия характеристик фотоэлемента: TV – лабораторный автотрансформатор; PW – ваттметр; EL – источник света (лампа накаливания); BL – фотоэлемент; PV – вольтметр; P – люксметр; ЧЭ – чувствительный элемент люксметра

В соответствии со схемой студенты устанавливают значения мощности источника света P от 0 до 60 Вт с шагом 5 Вт и измеряют значения напряжения холостого хода фотоэлемента $U_{фэ}$ (фотоЭДС), а также значения освещенности E в плоскости расположения полупроводниковых компонентов с помощью люксметра. Полученные данные студенты используют для построения калибровочного графика зависимости напряжения фотоэлемента от освещенности $U_{фэ} = f(E)$, на основании анализа экспериментального графика студенты формулируют выводы по первому заданию. В последующих заданиях этот график используется при выполнении остальных упражнений.

Во втором задании изучается зависимость электротехнических характеристик фоторезистора от освещенности. Принципиальная схема для исследования фоторезистора представлена на рисунке 4.

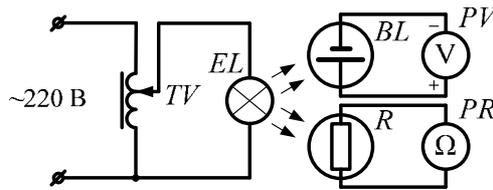


Рисунок 4 – Принципиальная схема для снятия характеристик фоторезисторов: *TV* – лабораторный автотрансформатор; *EL* – источник света (лампа накаливания); *R* – фоторезистор; *PR* – омметр; *BL* – солнечный элемент; *PV* – вольтметр

При исследовании фоторезистора студенты устанавливают значения напряжения фотоэлемента $U_{фэ}$ от 0 до 1,8 В с шагом 0,2 В и измеряют значения сопротивления фоторезистора. Для устанавливаемых значений напряжения $U_{фэ}$ используя калибровочный график $U_{фэ}=f(E)$ определяются значения освещенности E и строится световая характеристика фоторезистора $R=f(E)$. Анализируется экспериментальный и теоретический график зависимости сопротивления фоторезистора от освещенности.

В третьем задании изучается зависимость электротехнических характеристик фотодиода от освещенности в двух режимах.

Фотодиод представляет собой полупроводниковый диод, обратный ток которого зависит от воздействующего на него оптического излучения. Фотодиоды состоят из двух примесных полупроводников с различными типами электропроводности, на границе между которыми создается *p-n*-переход.

Как известно [6], если к выводам фотодиода с освещенным *p-n*-переходом подключить амперметр, то можно измерять значение протекающего фототока $I_{ф}$, возникновение которого обусловлено направленным движением свободных носителей под действием внутреннего электрического поля перехода. Образование электронно-дырочных пар будет поддерживаться за счет энергии светового излучения. При близком к нулевому сопротивлению контактов ток будет максимальным (током короткого замыкания $I_{кз}$), и будет существенно уменьшаться при, не равном нулю сопротивлении на контактах. При этом величина фототока $I_{ф}$ пропорциональна световому потоку, и имеет практически линейную зависимость $I_{ф}=f(\Phi)$. Описанная выше работа фотодиода называется фотогенераторным режимом. Схема для исследования фотогенераторного режима работы фотодиода представлена на рисунке 5.

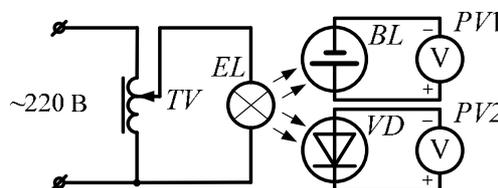


Рисунок 5 – Принципиальные схемы для снятия характеристик фотодиода в режиме фотогенератора: *TV* – лабораторный автотрансформатор; *EL* – источник света (лампа накаливания); *VD* – фотодиод; *PV1*, *PV2* – вольтметры; *BL* – фотоэлемент

При исследовании фотодиода в режиме фотогенератора поочередно устанавливают значения напряжения фотоэлемента $U_{фэ}$ (вольтметр *PV1*) от 0 до 1,8 В с шагом 0,3 В и измеряют значения напряжения холостого хода фотодиода $U_{хх}$ (вольтметр *PV2*). Для устанавливаемых значений напряжения $U_{фэ}$ по калибровочному графику зависимости $U_{фэ}=f(E)$ определяются значения освещенности E и строится график зависимости $U_{хх}=f(E)$ для фотодиода в фотогенераторном режиме.

Во второй части задания студенты исследуют фотодиод, работающий в режиме фотопреобразователя. При подключении источника питания к неосвещенному фотодиоду ($\Phi=0$), его вольтамперные характеристики будут иметь вид, как у обычного полупроводникового диода (рисунок 6).

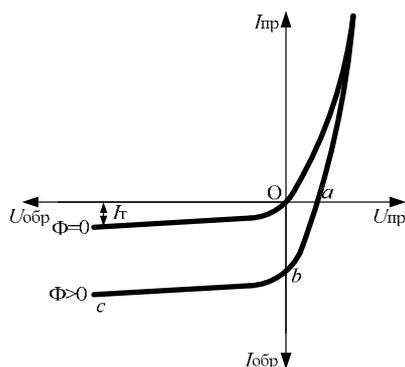


Рисунок 6 – Вольтамперные характеристики фотодиода

При подаче на неосвещенный фотодиод обратного напряжения $U_{обр}$ можно установить значение темного тока I_T . Как известно [6], при освещении фотодиода ($\Phi > 0$) существенно изменяется лишь обратная ветвь вольтамперной характеристики, прямые же ветви практически совпадают при сравнительно больших напряжениях. Отрезок Oa на рисунке 6 – напряжение холостого хода U_{0x} освещенного фотодиода (так называемое фотоЭДС), отрезок Ob соответствует току короткого замыкания фотодиода $I_{кз}$. Участок ab – работа фотодиода в режиме фотогенератора.

При приложении обратного напряжения $U_{обр}$ к освещенному фотодиоду через него будет протекать обратный ток $I_{обр}$ (участок bc на рисунке 6), равный сумме темного тока I_T и фототока I_{Φ} , величина которого пропорциональна световому потоку Φ и почти не зависит от сопротивления нагрузки и приложенного напряжения. С ростом освещенности обратная ветвь ВАХ фотодиода будет параллельно смещаться вниз. Данный режим работы фотодиода (при обратном смещении $p-n$ -перехода) называется фотодиодным (фотопреобразовательным).

Фотодиоды, работающие в фотодиодном режиме, используются как датчики освещенности. Принципиальная схема для исследования такой работы представлена на рисунке 7.

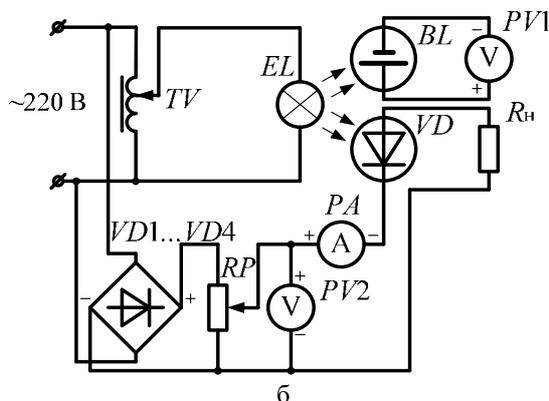


Рисунок 7 – Принципиальная схема для снятия характеристик фотодиода в режиме фотопреобразователя: TV – лабораторный автотрансформатор; EL – источник света (лампа накаливания); VD – фотодиод; $VD1...VD4$ – диодный мост; RP – потенциометр; R_n – нагрузочный резистор; PA – амперметр; $PV1, PV2$ – вольтметры; BL – фотоэлемент

Для исследования фотодиода в режиме фотопреобразователя при напряжении на выходе диодного моста (вольтметр $PV2$) равном нулю (U_0) поочередно устанавливаются значения напряжения фотоэлемента $U_{\Phi\Phi}$ (вольтметр $PV1$) от 0 до 1,8 В с шагом 0,3 В и измеряются значения фототока I_{Φ} . Аналогичные измерения производятся при значениях постоянного напряжения на выходе диодного моста 10 В (U_1) и 20 В (U_2). Для устанавливаемых значений напряжения $U_{\Phi\Phi}$ по калибровочному графику зависимости $U_{\Phi\Phi} = f(E)$ определяются значения освещенности E и в одной системе координат строятся графики зависимости $I_{\Phi} = f(E)$ при напряжениях источника питания U_0, U_1, U_2 для фотодиода в фотопреобразовательном режиме.

В четвертом задании изучается зависимость характеристик фототранзистора от освещенности. Так как он представляет собой структуру, содержащую $p-n$ -переходы, то управление током в нем, может быть осуществлено не только при изменении соответствующих напряжений, но и путем освещения области базы. Транзистор, для которого предусмотрен такой режим работы, называется фототранзистором.

Фототранзистор служит для преобразования оптических сигналов в электрические с одновременным усилением фототока и представляет собой монокристаллическую полупроводниковую пластину, в которой со-

зданы 3 области, называемые, как и в обычном транзисторе, эмиттером, коллектором и базой. В отличие от обычного транзистора база не имеет вывода, и управление ей осуществляется по средством светового пучка. Пластина помещается в корпус прозрачным входным окном в области базы и включается в цепь аналогично биполярному транзистору, по схеме с общим эмиттером и нулевым током базы [6].

Высокие надёжность, чувствительность и временная стабильность параметров фототранзистора, а также его малые габариты и относительная простота конструкции позволяют широко использовать фототранзистор в системах автоматики - в качестве датчиков освещённости, элементов гальванической развязки и т.д. Принципиальная схема для исследования фототранзистора представлена на рисунке 8.

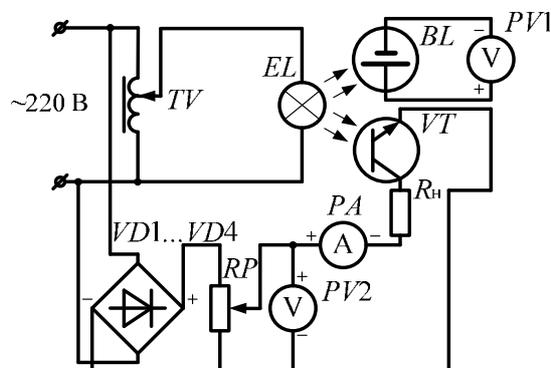


Рисунок 8 – Принципиальная схема для снятия характеристик фототранзистора: *TV* – лабораторный автотрансформатор; *EL* – источник света (лампа накаливания); *VT* – фототранзистор; *VD1... VD4* – диодный мост; *RP* – потенциометр; *Rн* – нагрузочный резистор; *PA* – амперметр; *PV1, PV2* – вольтметры; *BL* – солнечный элемент

При исследовании фототранзистора студенты при мощности источника света равной нулю ($U_{фэ0} \approx 0$) по вольтметру *PV2* устанавливают значения напряжения $U_{кэ}$ от 0 до 10 В с шагом 2 В (6 измерений) и измеряют значения тока коллектора I_k . Аналогичные измерения производятся для значений напряжения фотоэлемента 0,5 В ($U_{фэ1}$) и 1 В ($U_{фэ2}$). Для устанавливаемых значений напряжения $U_{фэ}$ по калибровочному графику зависимости $U_{фэ} = f(E)$ определяются значения освещённости E и в одной системе координат для фототранзистора строятся графики зависимости $I_k = f(U_{кэ})$ при значениях напряжения фотоэлемента $U_{фэ0}$, $U_{фэ1}$, $U_{фэ2}$. На основании анализа полученных экспериментальных и теоретических графиков студенты формулируют выводы с объяснением полученных зависимостей.

Использование универсальных лабораторных стендов при выполнении данной работы позволяет изучать зависимость свойств от освещённости нескольких полупроводниковых компонент одновременно. Работа насыщается разнообразным содержанием, так как возможна реализация целой матрицы вопросов, варьируется либо номер полупроводниковой компоненты, либо изучаемая электротехническая характеристика, либо освещённость. Для менее подготовленных студентов задания можно сократить до индивидуальных, при этом возможность заимствования результатов студентами друг у друга исключается, а последовательность проведения работы в целом не меняется.

Представленная лабораторная работа позволит студентам глубже понять основную особенность полупроводниковых материалов, а именно – сильную зависимость свойств полупроводников от внешних факторов, в данной работе – от освещённости. Выполнение лабораторной работы поможет студентам развить навыки работы с измерительным оборудованием, проводить расчеты и выделять закономерности в экспериментально наблюдаемых изменениях свойств, то есть безусловно послужит формированию профессиональных компетенций инженера-энергетика.

Как и разработанные на кафедре ранее [7-8], данная лабораторная работа базируется на универсальном электромонтажном комплексе белорусского производства [9], то есть постановка работ на кафедре выполняется в русле импортозамещения. Кроме того, использование стенда дает широкие возможности доработки существующих и постановки новых работ с минимальными изменениями в комплектации базового стенда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шершнёва В. А. Междисциплинарная интеграция и компетентностный подход Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2008. № 10. Ч.1. С. 201-202. ISSN 1993-5552.
2. Шестакова Л.А. Междисциплинарная интеграция как методологическая основа современного образовательного процесса // Вестник МГУ. 2013. Серия 3: Педагогика. Психология. Образовательные ресурсы и технологии. 1(2). Стр.47 –52.
3. Электротехнические и конструкционные материалы/ Учебно –методический комплекс по учебной дисциплине / Минсксельхозпрод РБ, УО "БГАТУ", АЭФ, Кафедра ППС; сост.: Т. М. Ткаченко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017.
4. Привалов Е.Е. Электроматериаловедение. Лабораторный практикум. Тесты. Методическое пособие. – Ставрополь: АГРУС, 2012. – 81с.
5. Герасимович А.Н. и др. Электротехнические материалы. Лабораторные работы (Практикум) Минск: БНТУ, 2004. – 97 стр. А.Н. Герасимович, А.Г. Губанович, П.И. Климкович, А.С. Красько, И.А. Прима, С.П. Ржевская.

6. Физика твердого тела. Лабораторный практикум: пособие / С.Н. Анкуда, М.Ф. Прудник, В.В. Шаталова. – Минск: БГУИР, 2018. – 140 с.: ил.

7. С.М. Барайшук, Т.М. Ткаченко, А.П. Михальцов, М.В. Янко. Методика постановки лабораторной работы по изучению зависимости электрических свойств полупроводниковых материалов от освещенности // Весці Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Смольска. Сер. 3, Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка, 2018. – №6(96). С. 50-55.

8. С.М. Барайшук, Т.М. Ткаченко, А.П. Михальцов, М.В. Янко. Особенности постановки лабораторной работы по изучению электрических свойств проводниковых и полупроводниковых материалов на базе универсального электромонтажного комплекса // Весці БДПУ. Серыя 3 – 2017. – № 4. – С.23-28.

9. УП "НТП "Центр". [Электронный ресурс] : офиц. сайт. Могилев, 2007. URL: http://ntpcentr.com/ru/catalog/08_00/08_47_1/ (дата обращения: 18.03.2019).

Р.А. Порфирьева
R.A. Porfireva

Камский строительный колледж имени Е.Н.Батенчука
Kama construction college named after Batenchuck, Russia, Naberezhnye Chelny

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН ПРИ ОБУЧЕНИИ ТЕХНИКОВ-СТРОИТЕЛЕЙ **THE USE OF PHYSICAL QUANTITIES IN THE TRAINING OF CONSTRUCTION TECHNICIANS**

Аннотация

Проектирование здания или сооружения в целом представляет собой сложную деятельность по созданию строительного объекта и состоящую из множества действий. В частности, она включает в себя физические величины при расчетах прочности, деформации и т.д.

Abstract

Designing a building or structure as a whole is a complex activity to create a building object and consists of many actions. In particular, it includes physical quantities in the calculations of strength, deformation, etc.

Ключевые слова

Физические величины, проектирование зданий, нормативно-техническая документация, инженер-строитель, профессионально значимые ситуации.

Key words

Physical quantities, building design, regulatory and technical documentation, civil engineer, professionally significant situations.

Проектирование здания или сооружения в целом представляет собой сложную деятельность по созданию строительного объекта и состоящую из множества действий. В частности, она включает в себя: определение климатических особенностей района возведения проектируемого здания или сооружения; выполнение расчетов металлических конструкций с учетом различных нагрузок и воздействий; формирование конструктивной системы и расчетной схемы здания или сооружения и их отдельных элементов; расчет значений прочностных, деформационных и других физико-механических характеристик материалов и грунтов; расчет и подбор сечения несущих элементов конструкций; проверка на соответствие проектной документации требованиям действующей нормативно-технической документации и специальным техническим условиям и др. Как видно, отдельные действия невозможно выполнить без знаний курса физики.

При выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ студенты также используют физические знания. Например, при выполнении курсовой работы по дисциплине «Архитектура» необходимо выполнить светотехнический расчет заданного помещения. Выполнение подобного расчета опирается на знания курса физики, и в первую очередь, раздела «Основы фотометрии», включающий такие понятия как световой поток, яркость, светимость, освещенность. В процессе выполнения дипломного проекта студент под руководством преподавателя выпускающих кафедр решает сложные инженерные задачи. Анализ учебных пособий по дипломному проектированию для студентов направления «Строительство», профиль «Промышленное и гражданское строительство» показал, что дипломный проект включает следующие обязательные части (разделы): архитектурно-строительный, расчетно-конструктивный, производственно-технологический, календарный план, строительный генеральный план и экономическую часть. Каждый из разделов содержит обоснование выбора используемых методов расчета конструкций, материалов и технологий. Например, архитектурно-строительный раздел содержит данные о климатических условиях района строительства, теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, расчет на теплопроводность, паропроницаемость, звукопроводимость, светотехнический расчет и т.д. Поэтому физика лежит в основе расчета механических, теплофизических и световых характеристик строительных объектов.

Следующее направление в подготовке будущих инженеров-строителей к проектной деятельности является использование «сквозного» проектирования в организации образовательного процесса. При такой ор-