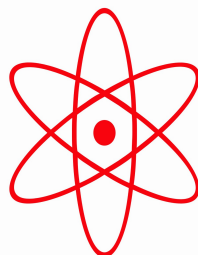


ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ
«ТУЛАНАУЧПРИБОР»



**ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ. ИЗУЧЕНИЕ
ВНУТРЕННЕГО ФОТОЭФФЕКТА С ПОМОЩЬЮ
ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ФОТОДИОДА И ФОТОРЕЗИСТОРА.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС (С
ВЫВОДОМ ИНФОРМАЦИИ НА ДИСПЛЕЙ ПЭВМ)**

ФКЛ-17RVD

ПАСПОРТ.

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.

2009 г.

1. Назначение.

Установка учебная лабораторная ФКЛ-17RVD предназначена для изучения явления фотопроводимости полупроводников. Проводится измерение основных характеристик приёмников оптического излучения: исследование вольт-амперных характеристик фотодиода в стационарном режиме при различных освещённостях; определение ширины запрещенной зоны полупроводника из измерений спектральных характеристик фотопроводимости фоторезистора.

Лабораторный модуль предназначен для постановки лабораторных работ по курсу «Квантовая физика» в физическом практикуме ВУЗов. Все элементы модуля выполнены в едином настроенном блоке и в процессе эксплуатации не требуют вмешательства пользователя.

2. Технические условия и комплектующие.

Напряжение питания	~220 В
Мощность	не более 100 Вт
Частота тока питания	50 Гц
Условия эксплуатации	температура 15-40 °С при нормальном атмосферном давлении и влажности не более 70 %

Для работы лабораторной установки с компьютером необходим компьютер с установленной ОС Linux + эмулятор рабочей среды VirtualBox либо ОС Windows XP с наличием свободных COM порта и USB порта

3. Устройство и принцип работы

3.1 Аппаратная часть. Приборы и оборудование.

Лабораторная работа выполняется на комбинированном лабораторном комплексе ФКЛ-17RVD, имеющим сопряжение с ПК. Эксперимент состоит из двух частей. При помощи интерактивного меню и многофункциональных кнопок «РЕЖИМ РАБОТЫ» имеется возможность выбрать необходимый опыт.

Учебная установка конструктивно состоит из БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ, имеющего выход к СОМ порту компьютера, и УСТРОЙСТВА ОСВЕТИТЕЛЬНОГО (ОСВЕТИТЕЛЯ), подключаемого к БЛОКУ УПРАВЛЕНИЯ специальным 25-pin LPT проводом. ОСВЕТИТЕЛЬ совмещается вплотную с БЛОКОМ УПРАВЛЕНИЯ, при этом соответствующие выходы излучения ОСВЕТИТЕЛЯ должны соосно совмещаться со входами-приемниками БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ.

В первой части работы измеряются семейства вольт-амперных характеристик (ВАХ) фотодиода (ФД) при различных уровнях облучения. Необходимость измерения ВАХ в широких пределах напряжения, прикладываемого к ФД обусловлена тем, что ФД является существенно нелинейным элементом электрической цепи, управляемым оптическим излучением.

На основе проведенных измерений вычисляются основные фотоэлектрические характеристики и параметры ФД

- ток насыщения при различных освещенностях;
- интегральная токовая чувствительность ФД;

Источник излучения в первой части работы — лампа накаливания с регулируемой мощностью излучения. Параметры излучения оцениваются в энергетических единицах (Люксах) по показаниям люксметра, входящего в состав комбинированного цифрового измерительного прибора. Измерителями фотосигнала тока и напряжения, прикладываемого к ФД служат чувствительный цифровой микроамперметр и вольтметр, также входящие в состав измерительного блока.

Упрощенная блок-схема опыта приведена на рис. 1.

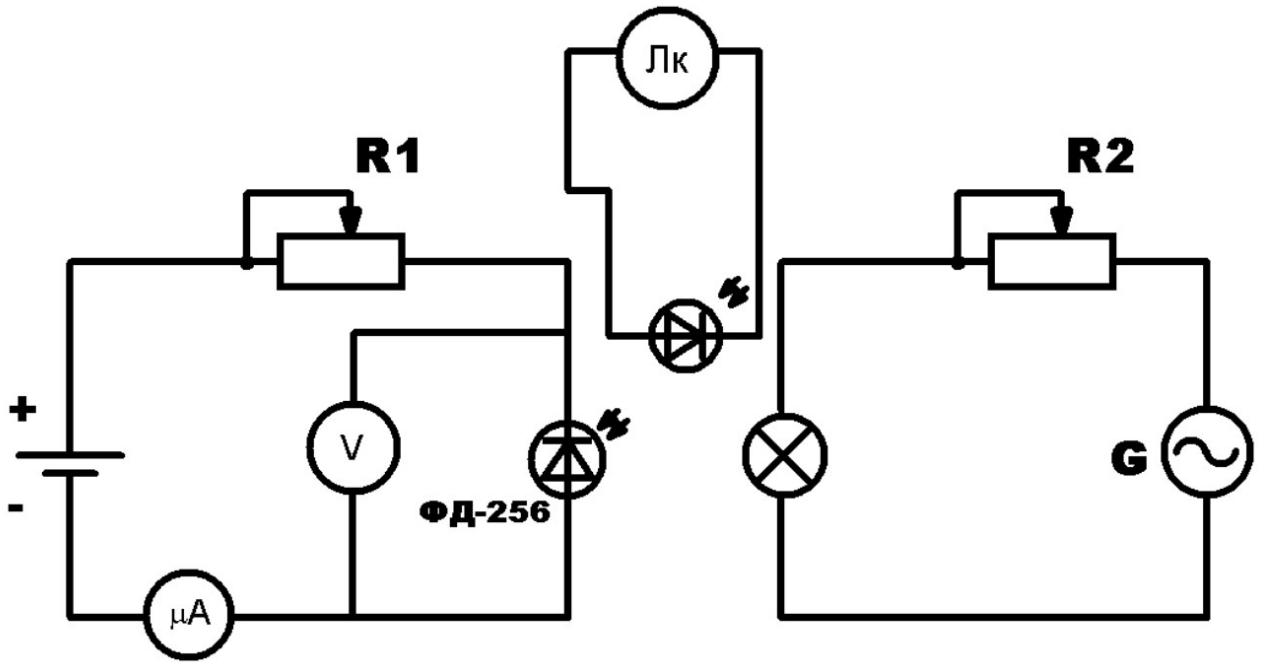


Рис. 1. Блок-схема опыта для изучения работы фотодиода.

Напряжение смещения на фотодиод ФД-256 подается от стабилизированного источника питания и регулируется с помощью многофункциональных кнопок «Установка U_F » (переменный резистор R1 на рис. 1; для каждого режима работы учебной установки данные кнопки выполняют свои определенные функции).

Фотодиод освещается белым светом от лампы накаливания, мощность которой регулируется переменным резистором «ОСВЕЩЕННОСТЬ» (R2 на схеме рис. 1), расположенным на боковой панели осветителя и измеряется измерительным фотодиодом, находящимся рядом с исследуемым образцом.

Во второй части работы снимается спектральная характеристика полупроводникового фоторезистора. В работе используется фоторезистор СФ2-1 либо ФСК-Г1, изготовленный из сернистого кадмия. Освещенный фоторезистор представляет собой обычный резистор, сопротивление которого определяется интенсивностью излучения, поэтому его вольт-амперная характеристика линейна.

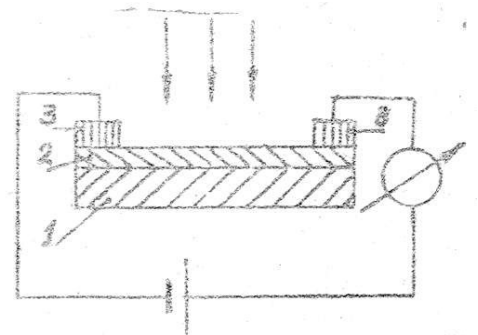


Рис. 2. Схематическое устройство фоторезистора,

Схематическое устройство фоторезистора, используемого в работе дано на рис.2. На изолирующую подложку 1 помещается тонкий слой полупроводника 2 (фоточувствительный слой). По краям этого слоя нанесены металлические электроды (контакты) 3. Для предохранения фоточувствительного слоя его покрывают тонкой пленкой лака, прозрачной в области спектральной чувствительности материала. Прибор заключен в закрытый корпус с окном для света. Электроды 3 соединены с клеммами, через которые прибор включается в электрическую цепь последовательно с источником питания.

Для получения монохроматического света во второй части работы используется, как и в первом опыте, оптический блок ОСВЕТИТЕЛЬ, а схема опыта практически полностью повторяет схему рис. 1 с той лишь разницей, что вместо лампы накаливания подключены светодиоды, вместо фотодиода ФД-256 подключается фотосопротивление ФСК-Г1, регулировка напряжения питания фоторезистора не предусмотрена и поддерживается постоянной и равной 5 Вольтам. В качестве источника монохроматического излучения применяется светоизлучающий модуль, содержащий 5 узкополосных источников (светодиодов с узкой спектральной характеристикой, имеющей ярко выраженный максимум при определенной длине волны), длины волн которых отображаются на LCD ЖКД дисплее. Для постановки опыта необходимо измерять фототок через фотосопротивление для разных длин волн при одинаковом значении освещенности падающего на фоторезистор света. Для регулировки мощности излучения светодиодов и поддержания равенства освещенности на разных длинах волн во втором опыте используются многофункциональные кнопки «ОСВЕЩЕННОСТЬ ФОТОРЕЗИСТОРА». Освещенность образца измеряется чувствительным встроенным люксометром. Для переключения между светодиодами служит кнопка «УСТАНОВКА ДЛИНЫ ВОЛНЫ». Текущее значение установленной длины волны, измеренное значение фототока через фоторезистор и освещённость образца отображаются на ЖКД LCD дисплее.

Весь ход эксперимента, измеряемые и установленные значения параметров опыта при подключении лабораторного комплекса к компьютеру дублируется в специальной программе LabVisual для ФКЛ-17.

3.2 Программная часть.

Подготовка к работе.

Для сопряжения работы учебной установки с персональным компьютером используется специально разработанный протокол передачи данных LabVisual, разделяющий байты управления и байты данных. Для визуализации принятых данных служит программа-оболочка LabVisual для ФКЛ-17. Установка подключается к СОМ порту компьютера при помощи специального соединительного кабеля.

Программа LabVisual может успешно работать как на компьютерах под управлением ОС Windows 98-XP так и на компьютерах под управлением ОС Linux при помощи эмулятора окружения VirtualBox. В комплекте с лабораторной установкой поставляется ПЭВМ под управлением ОС Linux с предустановленным дистрибутивом Ubuntu и установленным и настроенным программным обеспечением. Для входа в компьютер под обычным пользователем следует использовать:

ЛОГИН (login) pankov
ПАРОЛЬ (password) pankov

для выполнения административных задач (установка, настройка ПО, добавление пользователей) в ОС Linux по умолчанию используется суперпользователь root с паролем (в данной настроенной ПЭВМ пароль pankov):

ЛОГИН (login) root
ПАРОЛЬ (password) pankov

После входа в графическую среду окружения Linux следует запустить программу эмулятор VirtualBox щелкнув мышью по символьной ссылке, расположенной на рабочем столе, либо набрав в консоли VirtualBox и нажав ENTER (вызов консоли клавиша F12) рис. 3 а), б).

После запуска появляется главное окно эмулятора VirtualBox (рис. 4) в котором из списка доступных сред для эмуляции следует выбрать Lab_Visual.

После загрузки программной среды (~ 1 мин.) автоматически запустится программа оболочка LabVisual для работы с экспериментальной установкой. Если программа не запустилась автоматически, на виртуальном рабочем столе эмулятора VirtualBox следует дважды щелкнуть правой кнопкой мыши на ярлык LabVisual. При этом должно открыться главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой (рис. 5).

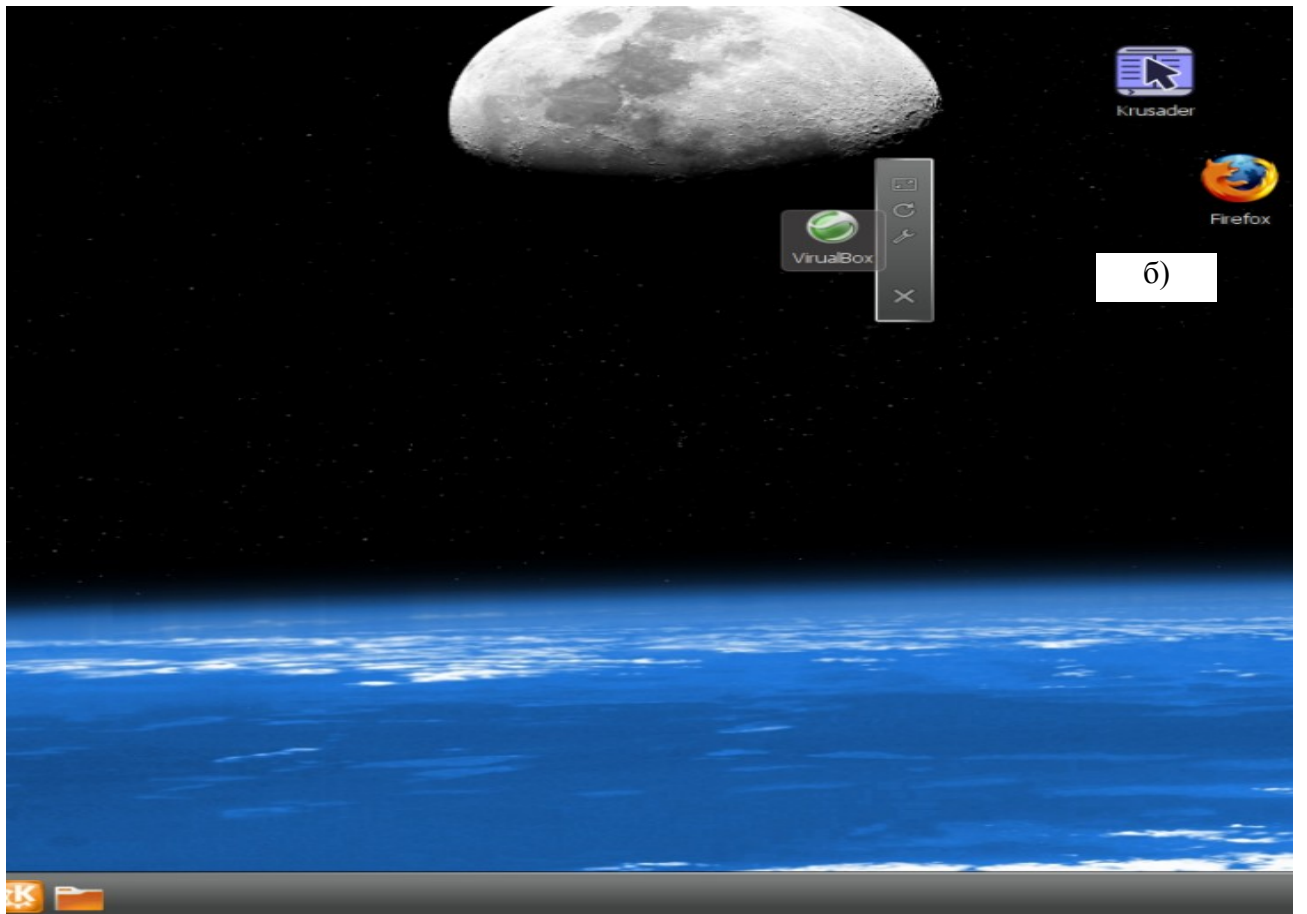
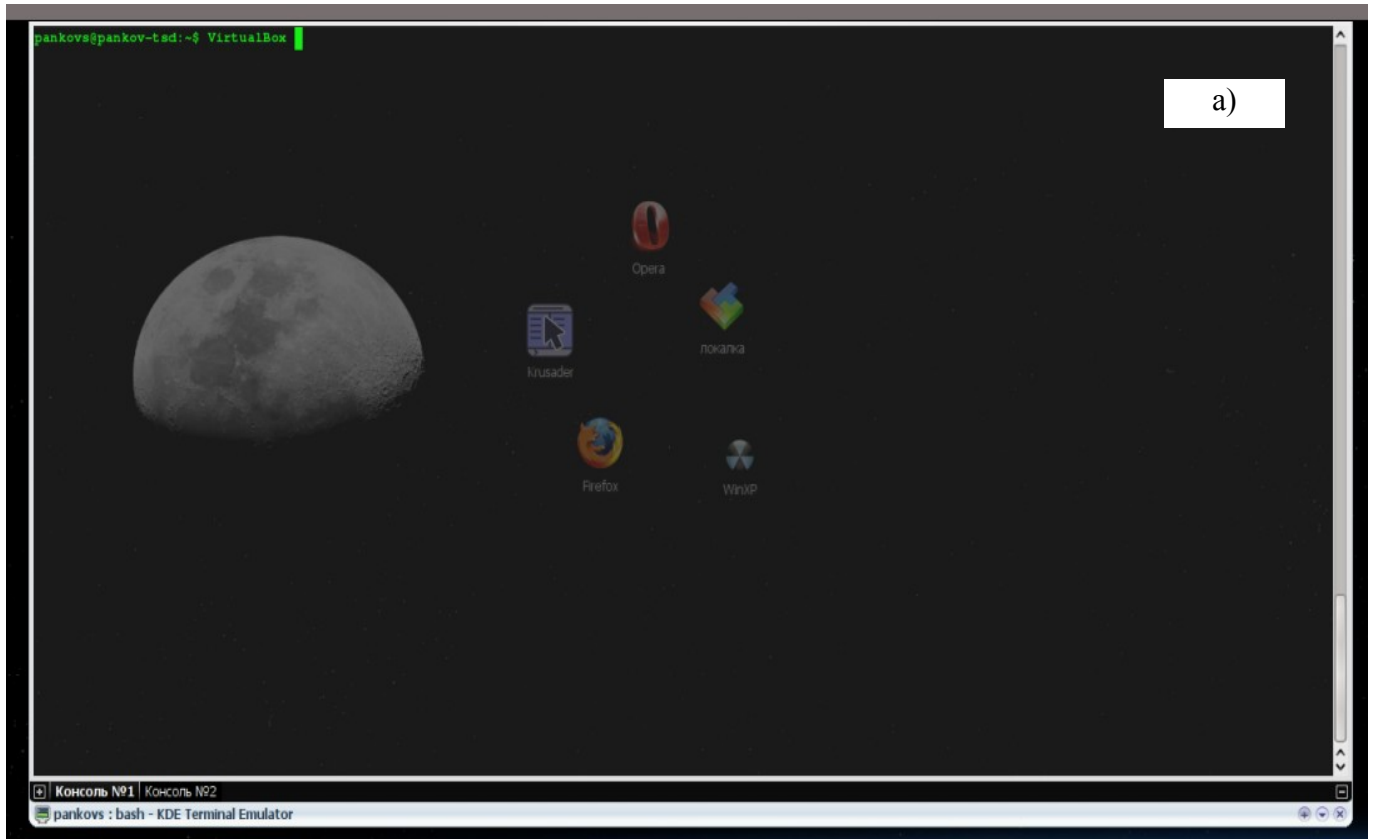


Рис. 3. Запуск программы VirtualBox из консоли - а) и с помощью ярлыка на рабочем столе - б)

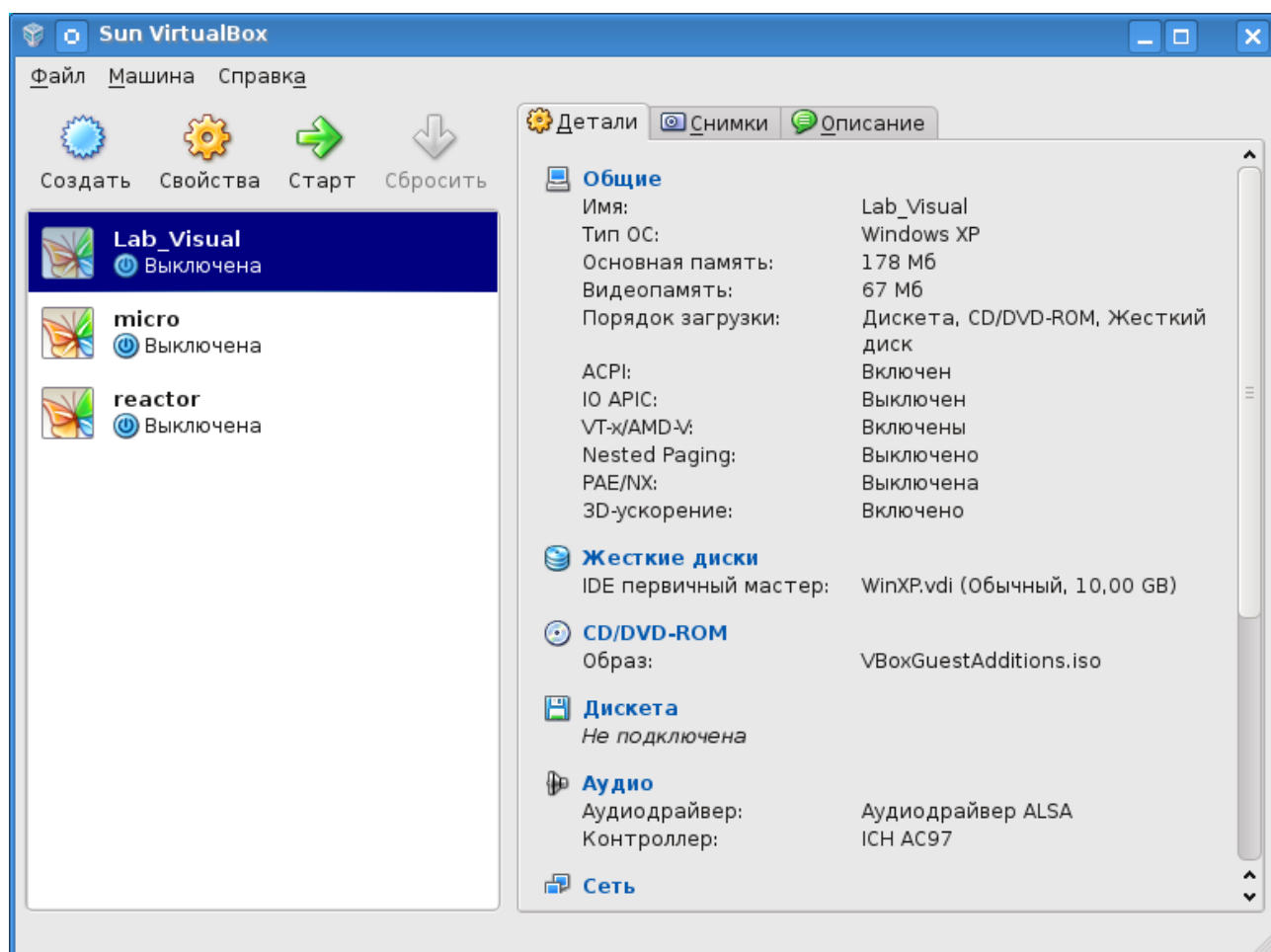



Рис. 4. Главное окно эмулятора программной среды VirtualBox.

Выключить компьютер, можно нажав на кнопку , находящуюся в крайнем нижнем левом углу экрана. Из доступных действий выбрать «ВЫХОД»--> «ВЫКЛЮЧИТЬ КОМПЬЮТЕР».

Подключение к лабораторному комплексу осуществляется нажатием кнопки **ПОДКЛЮЧИТЬ** в главном окне программы LabVisual рис. 5. При этом весь ход эксперимента (режимы работы, текущий опыт, измеренные и установленные значения параметров) выводятся в главное окно программы. По умолчанию для связи установки с компьютером используется порт COM1, однако в программе имеется возможность выбрать другой СОМ порт для работы. Для тестирования связи программы с учебной установкой можно использовать тестовый переключатель «**ПРИНЯТЫЕ БАЙТЫ**» в главном окне программы, при его нажатии должно появиться текстовое поле и, если связь есть, то в поле должен отображаться непрерывный поток байтов данных (символов и цифр). Во время проведения эксперимента тестовый переключатель «**ПРИНЯТЫЕ БАЙТЫ**» рекомендуется держать выключенным, во избежание сбоев в приеме данных. Для отключения от учебной установки следует использовать кнопку **ОТКЛЮЧИТЬ** окна программы LabVisual. Для закрытия программы LabVisual служит кнопка **ВЫЙТИ**. По окончании работы с программой следует закрыть эмулятор VirtualBox. В предлагаемом при закрытии меню рекомендуется выбирать «**ВЫКЛЮЧИТЬ МАШИНУ**» либо «**СОХРАНИТЬ СОСТОЯНИЕ МАШИНЫ**».

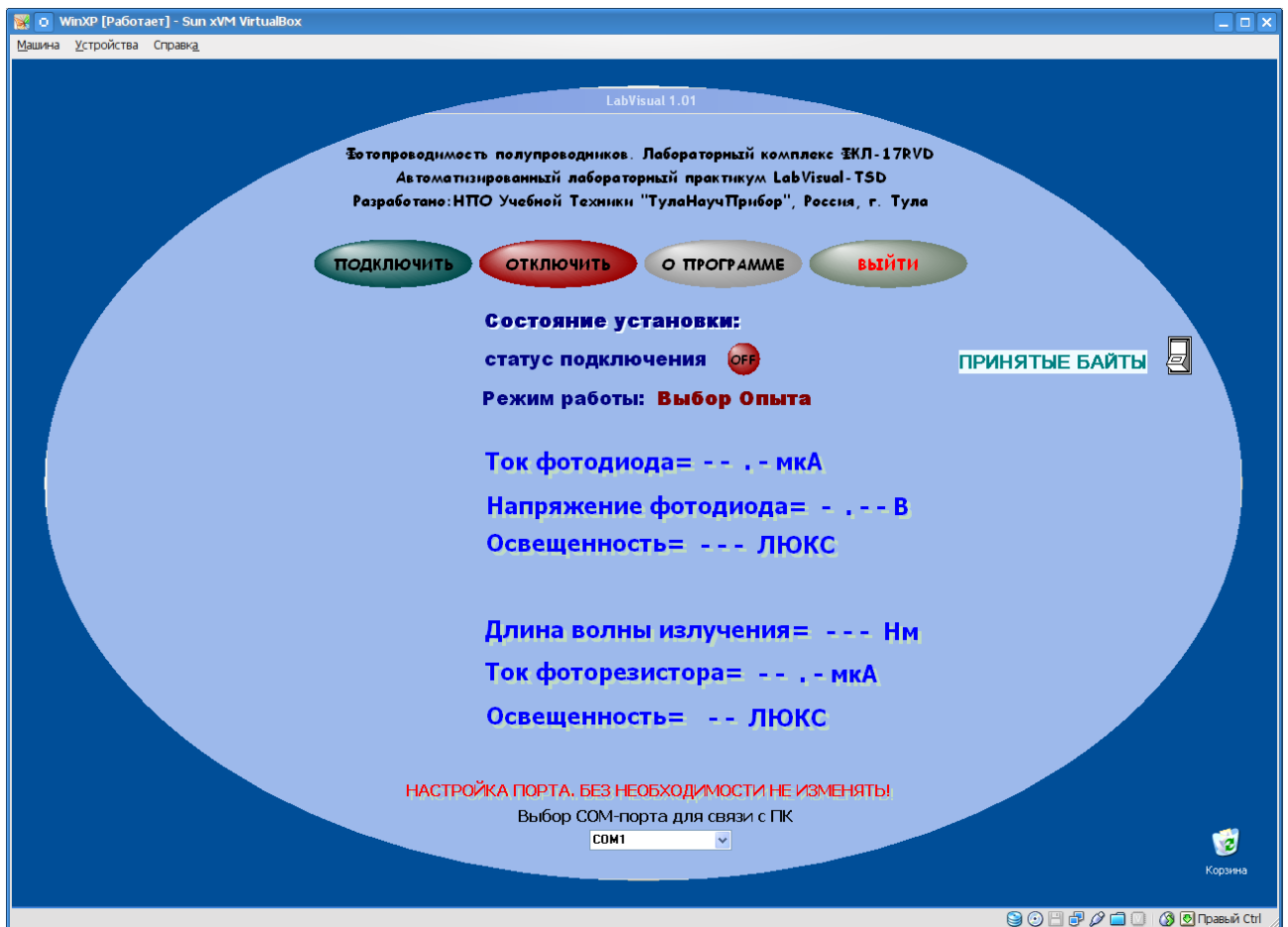


Рис. 5. Главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой ФКЛ-17.

3.3 Установка и настройка программного обеспечения.

ПЭВМ поставляется в комплекте с установкой с настроенным программным обеспечением (ПО), пользователю как правило не требуется вмешиваться в работу устройств и ПО. ОС семейства Linux являются мощными, удобными и защищенными от сбоев ОС, однако при возникновении ошибок и нестандартных ситуации может возникнуть необходимость в переустановке ОС Linux.

Далее приведен порядок действий по установке и настройке ПО для работы с установкой на базе ОС Linux дистрибутива Kubuntu. Установка самой ОС не рассматривается. Для работы с ОС Windows достаточно запустить исполняемый бинарный файл программы в любом каталоге на жестком диске.

После установки ОС Ubuntu на компьютер необходимо установить и настроить программный комплекс LabVisual для работы. Для этого в среде ОС Linux необходимо установить эмулятор программного кода VirtualBox.

В ОС Kubuntu необходимые приложения как правило устанавливаются несколькими способами:

1. Установка из специальных хранилищ ПО в интернете либо из хранилища на локальном диске. Данные сервера ПО называются репозитории. Список репозиторияев, доступных в данной системе можно посмотреть в файле `/etc/apt/sources.list`. Для визуального перемещения по каталогам, просмотра и запуска файлов можно использовать графический двухпанельный файловый менеджер Krusader.
2. Установка программ из пакетов `*.deb`. В консоли следует перейти в папку (например, команда `cd /home/pankov/имя_папки` и нажать ENTER) содержащую пакет `name.deb` (`name` - имя файла) и набрать `sudo dpkg -i name.deb`. Если в системе установлены все необходимые зависимости для работы пакета, то он успешно установиться.
3. Установка ПО из исходников. Требуется компиляции исходных текстов программы.

Наиболее свежую версию пакета VirtualBox можно найти на сайте <http://www.virtualbox.org/wiki/Downloads> Для обычной работы с ПК под ОС Linux следует выбрать VirtualBox for Linux Hosts, архитектуру i386 и пакет `*.deb` для ОС Ubuntu. Скачанный вручную пакет необходимо установить от имени суперпользователя `root` командой в консоли `sudo dpkg -i name.deb` (в качестве `name` использовать имя конкретного пакета, команда требует ввода пароля, который не отображается). Для удаления старой версии пакета можно использовать команду `sudo dpkg -r name`. Реальное имя пакета `name`, включающее номер версии, можно узнать командой `dpkg -S VirtualBox`.

После установки необходимо запустить эмулятор VirtualBox. Запуск эмулятора осуществляется командой `VirtualBox` из консоли.

Далее следует подключить настроенный виртуальный жесткий диск `LabVisual.dvi` к виртуальной машине. Для этого следует скопировать его на реальный жесткий диск компьютера с DVD диска, поставляемого в комплекте с учебной установкой (рекомендуется виртуальные носители помещать в директорию `/home/pankov/.VirtualBox/HardDisks` либо в `/home/pankov/.VirtualBox/VDI` — требуется не менее 10 Гб свободного места). Копирование удобно осуществлять в файловом менеджере Krusader. Для подключения жесткого диска в VirtualBox предназначен менеджер виртуальных носителей, вызываемый из главного окна эмулятора ФАЙЛ-----> Менеджер

виртуальных носителей, в котором следует нажать кнопку «ДОБАВИТЬ» и выбрать виртуальный жесткий диск LabVisual.dvi (рис. 6).

Затем необходимо создать новую виртуальную машину, нажав кнопку СОЗДАТЬ главного окна VirtualBox. В качестве типа ОС рекомендуется выбирать Windows XP, название установить — LabVisual. Как правило, для успешной работы все параметры можно оставить по умолчанию. На запрос о выборе жесткого диска, следует выбрать «СУЩЕСТВУЮЩИЙ» и указать LabVisual.dvi из списка. Если появится необходимость сменить виртуальный диск, можно в свойствах виртуальной машины выбрать «Жесткие диски» и из списка доступных жестких дисков выбрать другой либо создать новый.

Далее необходимо настроить работу СОМ порта в эмуляторе. Для этого надо его включить в свойствах виртуальной машины LabVisual: машина-->свойства-->СОМ порты поставить галочку «включить порт», режим порта выбрать «хост устройство», путь к порту задать в виде /dev/ttyS0. Проверьте, что в Ubuntu он у Вас есть по списку оборудования (все оборудование, установленное в ПК отображается в виде файлов в папке /dev; СОМ-порт в системе является файлом /dev/ttyS0 или /dev/ttyS1). Далее надо дать права на его использование, в консоле набрать:

`sudo chmod 666 /dev/ttyS0` нажать ENTER и ввести пароль для административных задач.

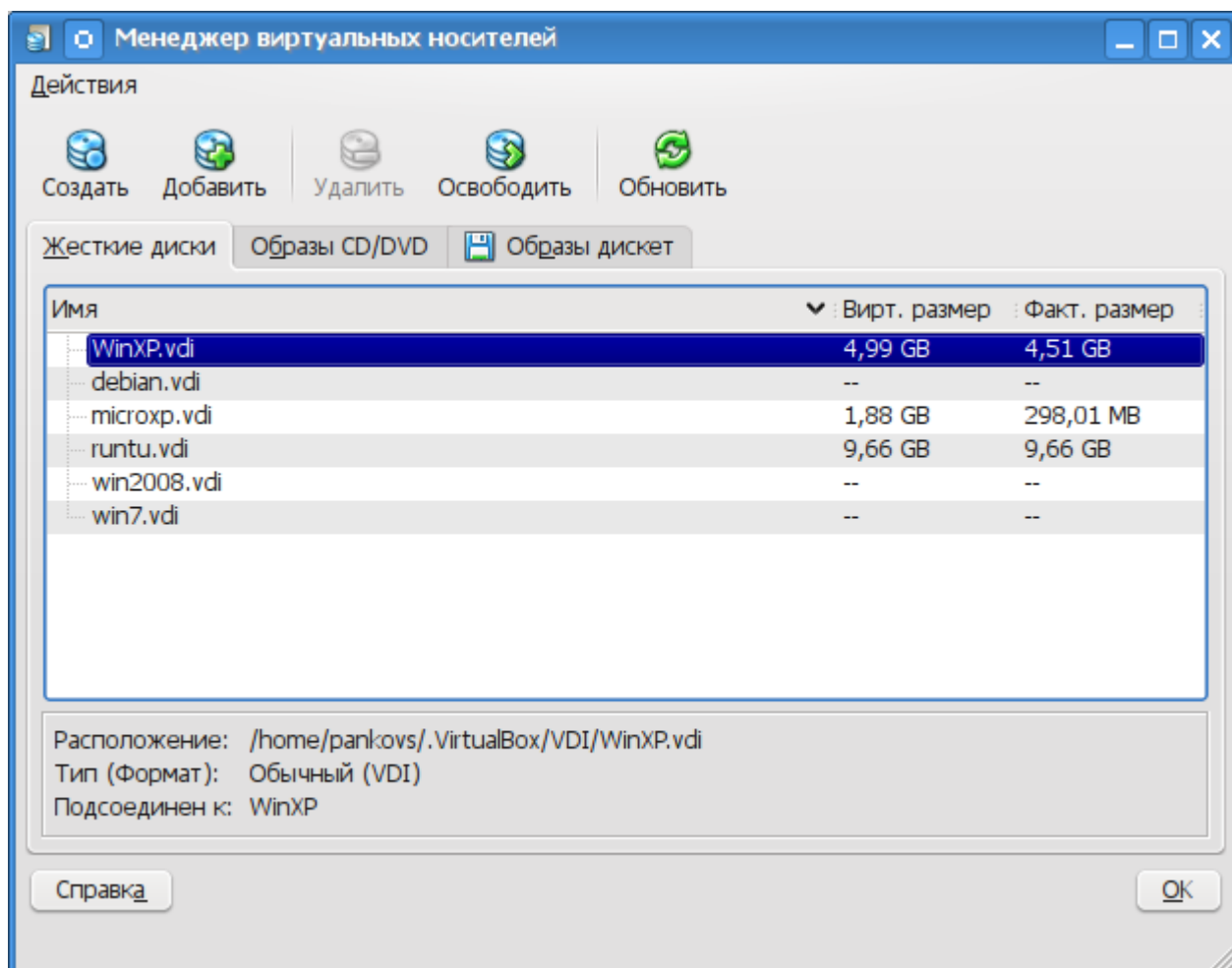


Рис. 6. Менеджер виртуальных носителей VirtualBox.

4. Порядок работы и настройка лабораторного модуля.

При больших колебаниях температур, при хранении и транспортировке приборы комплекса перед включением выдерживается при нормальных условиях не менее двух часов. После хранения в условиях повышенной влажности выдерживайте приборы комплекса не менее 12 часов.

Перед началом работы ознакомится с принципиальными схемами установки, разобраться в назначении ручек и кнопок учебного модуля. Проверить целостность сетевого провода.

1. Все работы по соединению БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ с ОСВЕТИТЕЛЕМ и подключение комплекса к компьютеру следует выполнять только при отключенном от сети приборе. Используя стандартный 25-pin LPT провод подключить БЛОК УПРАВЛЕНИЯ к ОСВЕТИТЕЛЮ. Используя стандартный соединительный 9-pin COM провод подключить БЛОК УПРАВЛЕНИЯ к COM порту компьютера. По умолчанию в программе для связи учебной установки с ПК используется порт COM1, при наличии нескольких портов на компьютере рекомендуется лабораторную установку подключать к порту COM1. При необходимости в настройках программы порт используемый для подключения можно изменить.

2. Используя сетевые силовые провода евро-стандарта из комплекта подключить БЛОК УПРАВЛЕНИЯ и ОСВЕТИТЕЛЬ к сети ~220 В.

3. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.

4. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ и ОСВЕТИТЕЛЯ в положение «ВКЛ». При этом должны засветиться соответствующие сигнальные сетевые индикаторы, а на ЖКД LCD дисплее БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ высветиться режим выбора опыта (FIRST MODE, SECOND MODE).

5. Включить монитор ПК и системный блок. Должен начаться процесс загрузки БИОСа компьютера, а затем ОС Kubuntu. Загрузка происходит в текстовом консольном режиме, не требует вмешательства пользователя в процесс. В процессе загрузки происходит тестирование всех устройств, подключенных к ПЭВМ. После тестирования должно появиться графическое окно с приглашением пользователя и вводом пароля. По умолчанию в системе для работы используются следующие параметры:

```
login: pankov  
password: pankov
```

6. В появившемся окне приглашения ввести имя пользователя и пароль и нажать кнопку ENTER.

7. После загрузки графического окружения и рабочего стола, запустить эмулятор VirtualBox при помощи ярлыка на рабочем столе либо из консоли (см. раздел методического руководства **Программная часть. Подготовка к работе**)

8. Выбрать из списка доступных сред для эмуляции среду LabVisual и нажать СТАРТ.

9. После загрузки среды автоматически должен произойти запуск программы-оболочки LabVisual. Если программа не запустилась автоматически, на виртуальном рабочем столе эмулятора VirtualBox следует дважды щелкнуть правой кнопкой мыши на ярлык LabVisual. При этом должно открыться главное окно программы-оболочки LabVisual для работы с экспериментальной установкой.

10. Для установления связи установки с ПК нажать кнопку «ПОДКЛЮЧИТЬ» в главном окне программы-оболочки. Проверить связь установки с ПК, щелкнув мышью на тестовый переключатель «ПРИНЯТЫЕ БАЙТЫ» в программе. В появившемся текстовом поле при успешно установленной связи должны отображаться принятые байты (меняющийся поток символов).

11. Выключить тестовый переключатель щелкнув по нему мышью. Текстовое поле должно закрыться.

12. Провести необходимые эксперименты согласно прилагаемому методическому руководству.

13. По окончании работы выключить установку и ПЭВМ от сети ~220 и вынуть силовые сетевые кабели из розеток.

5. Меры предосторожности

Эксплуатация лабораторного модуля ФКЛ-17 является полностью безопасной, при соблюдении обычных мер предосторожности в учебных лабораториях (проверка изоляции соединительных проводов, шнуров и т.п.). Снятие и открытие крышек могут производить лишь компетентные сотрудники, т. к. модуль питается переменным сетевым напряжением ~220 В.

6. Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор» гарантирует бесперебойную работу установки не менее **12 месяцев** с момента передачи изделия заказчику. В случае обнаружения некачественности изделия, не связанного с почтовыми форс-мажорными обстоятельствами, грузополучатель обязан незамедлительно сообщить поставщику об этом, указав, в чем заключается неисправность.

Гарантия не распространяется на изделия, вышедшие из строя по вине грузополучателя, вследствие включения устройства в сеть с не соответствующим номинальным значениям параметров питающей сети, не обеспечивающим нормальный режим работы устройства.

Гарантийный ремонт не производится, претензии по качеству не принимаются в случаях: а) отсутствие гарантийного талона (паспорта изделия); б) при нарушении пломб, наличии следов вскрытия, попытки вскрытия (например, сорванные шлицы винтов, следы на корпусе, неправильная сборка), проведения предварительного ремонта самим пользователем, внесение изменений в конструкцию, использование принадлежностей, не предусмотренных изготовителем. в) следов термических, либо химических воздействий. г) небрежного технического обслуживания и эксплуатации, попадания посторонних предметов в узлы инструмента или их загрязнения, а так же в случаях эксплуатации изделия с нарушениями указаний технического паспорта, руководства по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации.

Гарантия не распространяется: а) на неисправности, возникшие в результате несообщения о первоначальной неисправности; б) на неисправности, возникшие в результате нарушений инструкций и рекомендаций, содержащихся в руководстве по эксплуатации и дополнений продавца к руководству по эксплуатации; в) на изделие, которое подвергалось ремонту и конструктивным изменениям не уполномоченными на то лицами; г) на неисправности, вызванными транспортными повреждениями, небрежным обращением, или плохим уходом, не правильным использованием; д) на детали, являющиеся изнашиваемыми и расходными материалами (в том числе на спектральные лампы, срок службы которых напрямую зависит от частоты включений в времени использования, тем не менее, для проверки целостности и работоспособности ламп дается срок 14 дней); е) на внешние механические повреждения, вызванные эксплуатацией; ж) на такие виды работ, как регулировка, чистка и прочий уход за изделием, оговоренный в руководстве по эксплуатации; з) при использовании изделия не по назначению.

По истечении гарантийного срока, ремонт изделия осуществляется за отдельную плату.

Настоящий паспорт служит основанием для ремонта изделия при обнаружении неисправностях в течение всего гарантийного срока. Претензии по качеству и комплектности продукции принимаются по адресу: Россия, 300016, г. Тула, ул. Театральный пер., 2-12, НПО ТулаНаучПрибор, Панкову С. Е. Тел. 8-910-585-55-02; e-mail: physexperiment@narod.ru, web-страница: <http://www.physexperiment.narod.ru>

Производственное Объединение учебной техники «ТулаНаучПрибор»

Заказчик:

« » _____ 20__ г.

Исполнитель:

Панков С. Е.



« » _____ 20__ г.

Разработано и изготовлено: НПО Учебной Техники «ТулаНаучПрибор»,
Россия, г. Тула