

**Правительство Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

**Московский институт электроники и математики**

**ОТЧЕТ ПО ПРОХОЖДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ИФП  
имени П.Л. КАПИЦЫ РАН**

**Студент группы БИТ-141, ДЭИ  
Скуратов Максим Игоревич**

Дата сдачи:

Москва, 2016 г.

## **Введение**

Данный отчет содержит информацию о пройденном лабораторном практикуме в Институте Физических проблем имени П.Л. Капицы в рамках участия в научно – учебной группе «Физика низкоразмерных квантовых систем».

Основной целью для достижения по итогам прохождения физического практикума является приобретение базовых навыков работы в программной среде Labview, а именно разработка автоматизированных программ для проведения измерений, в нашем случае, вольтамперных характеристик посредством подключения измерительных приборов к персональному компьютеру через соответствующие порты и последующей записи данных в текстовые файлы. Вторичной целью является приобретение необходимых знаний и опыта в проведении низкотемпературных экспериментов, в частности, в жидком азоте. В качестве результата планируется получить вольт-амперные характеристики диода при комнатной температуре и в жидком азоте.

## Изучение среды LabVIEW

Среда разработки для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования "G" от National Instruments. Были созданы subVI(подпрограмма) для дальнейшего использования в экспериментах.

### Создание файла для записи данных

Изображение со схемой программы прилагается.

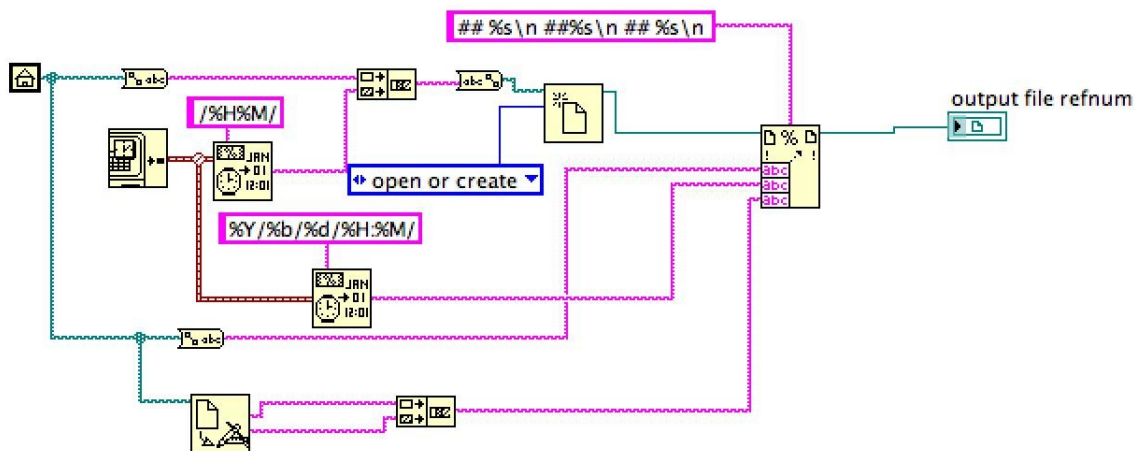


Рис. 1: Создание файл для записи экспериментальных данных с датой и временем результатов

## Изучение измерительных приборов

### Универсальный вольтметр В7-65/2

Базовая погрешность вольтметров В7-65/2 по постоянному току составляет 0,02 %. Максимальная разрешающая способность - 1 мкВ, 10 мкА, 1 мОм. Вольтметры серии В7-65 измеряют частоту до 1 МГц. Соединение с компьютером было осуществлено с помощью интерфейса RS-232. 7 битная кодировка (Белорусский стандарт). Скорость передачи данных - 9600 бит/сек. Данные настройки были произведены с помощью утилиты Visaconf.

Были созданы две программы: для чтения и для подачи команд.

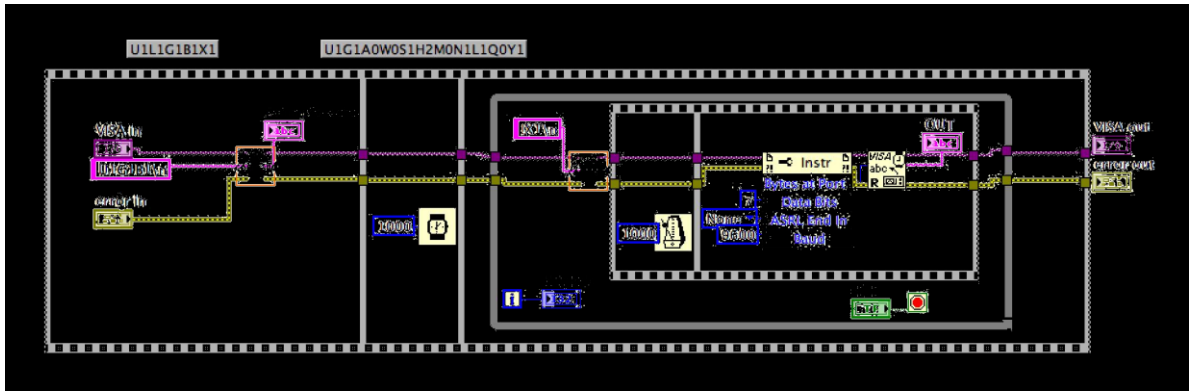


Рис. 2: subVI для чтения с прибора

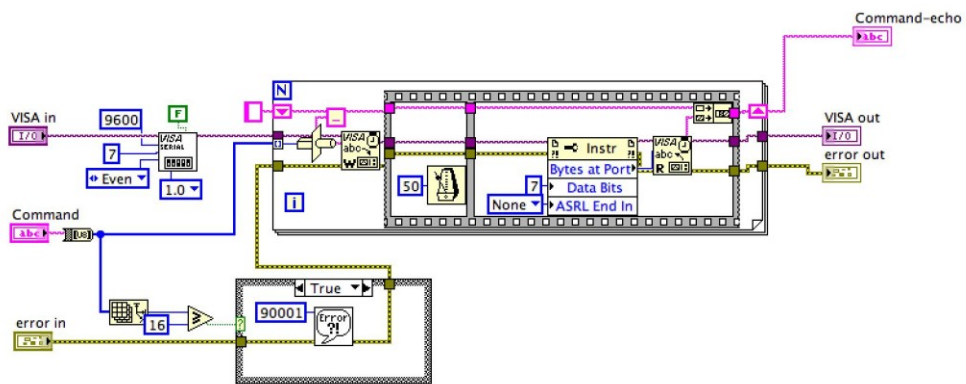


Рис. 3: subVI для "общения" с прибором

Были выявлены следующие ошибки: Ошибка 53 и 54.

Прибору выделялось 100 бит памяти, но он их не получал (ERROR 54). Это проблема была решена путем выделения памяти до момента начала работы основного блока программы.



Рис. 4: Решение ошибки памяти

## Picotest G5100A Waveform Generator и Agilent 33220A Waveform Generator

Были использованы одни и те же subVI, так как Picotest G5100A основан на Agilent 33220A, используя более упрощенную форму управления.

Мы использовали Initialize.vi и Configure Output Impedance.vi.

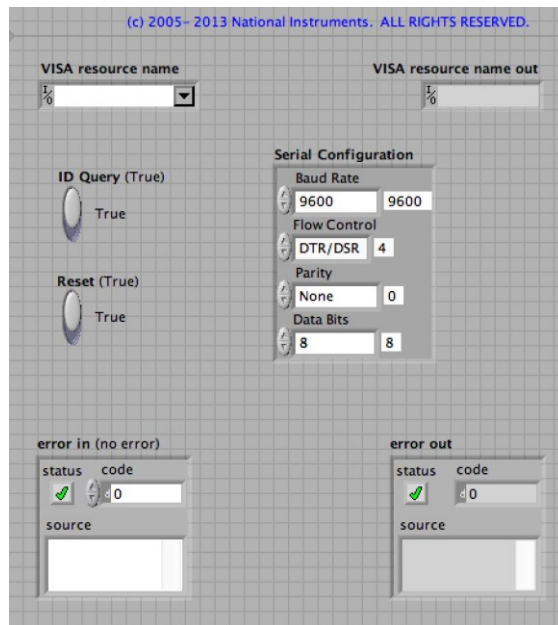


Рис. 5: Initialize.vi

Произвели конфигурацию VISA для нашего устройства.

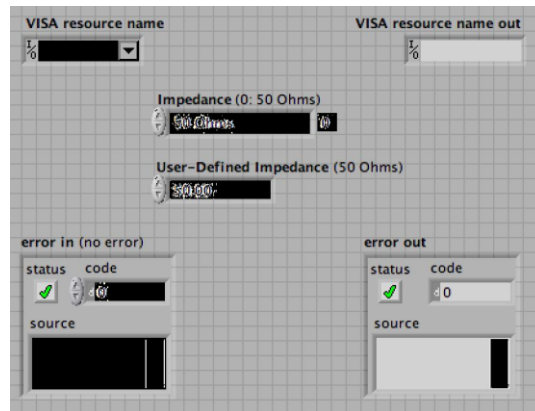


Рис. 6: Impedance.vi

Произвели конфигурацию бесконечного сопротивления прибора (High Impedance) поскольку по умолчанию данный генератор сигналов настроен на сопротивление 50 Ом.

## Реализация автоматизированной измерительной схемы измерения вольтамперных характеристик исследуемого образца

Все измерения проходили с использованием следующей VI:

- 1) Вне цикла инициализируем приборы и компоненты, используем нашу subVI для создания файла, куда будут записываться наши экспериментальные данные.

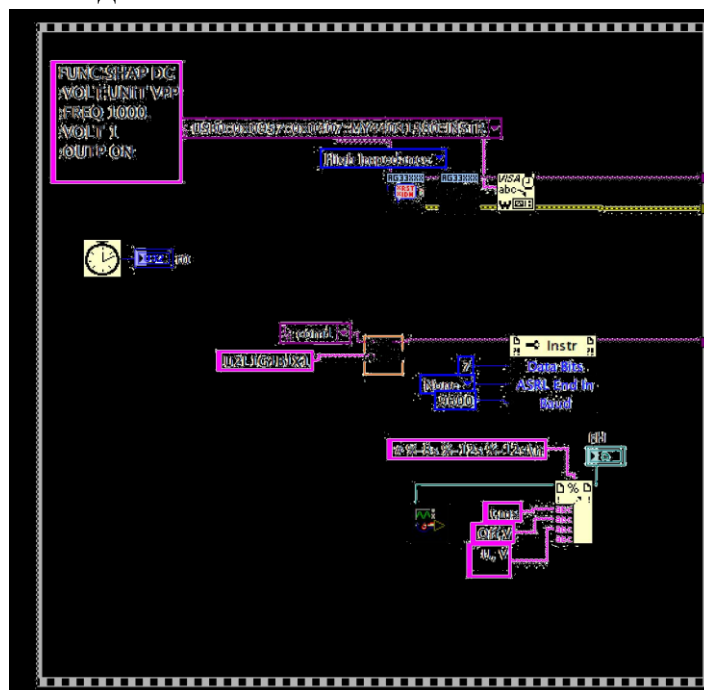


Рис. 7: Инициализация компонентов вне цикла while

2) Выполняется цикл, где каждую микросекунду вольтаж увеличивается на значение offset (подбирается) до тех пор, пока не достигнет определенного конечного значения. При этом производится задержка, и считанные с прибора данные передаются на запись в исходный файл.

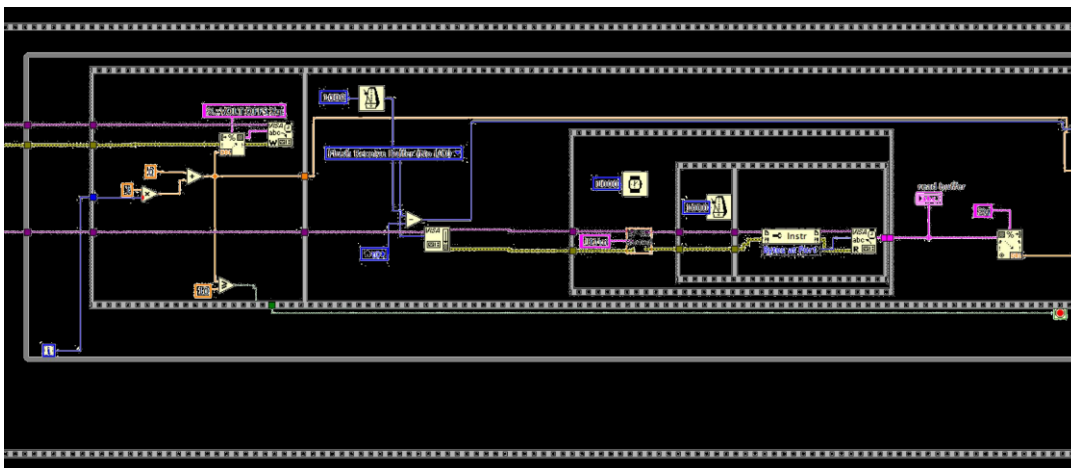


Рис. 8: Цикл while

3) Непосредственная запись измерений в файл по прохождению каждой итерации.

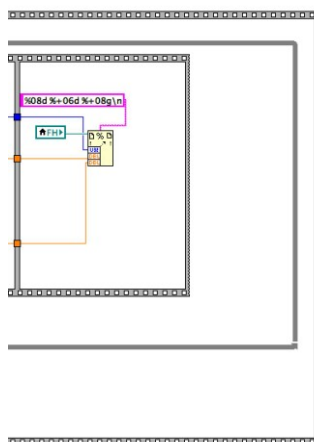


Рис. 9: Запись в исходный файл

### 3. Приготовление образца

В нашей схеме присутствует диод и резистор (для измерения тока)  
Схема:

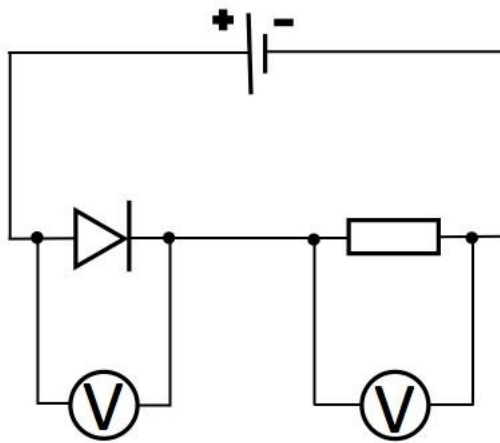


Рис. 10: Схема для пайки

### Измерение вольт-амперных характеристик образца при комнатной температуре

Получаем два файла:

1. Для резистора (Берем значения с  $I$ , наш истинный ток)
2. Для диода (Берем значения столбца с  $U$ , наше искомое напряжение)

Формируем новый dat файл с нашим током и напряжением.



## Измерение вольт-амперных характеристик образца при температуре жидкого азота



Рис.11. Проведение измерений в жидком азоте.

Получаем два файла:

- 1) Для резистора (Берем значения с  $I$ , наш истинный ток)
  - 2) Для диода (Берем значения столбца с  $U$ , наше искомое напряжение)
- Формируем новый `dat` файл с нашим током и напряжением.

### Анализ полученных результатов

Мы должны аппроксимировать характеристику диода с помощью экспоненциальной функции.

$$I = I_S(T) (e^{U_{AK}/mU_T} - 1) \quad (1)$$

$I_S$ - теоретический обратный ток,  $U_T = kT/e_0$  - температурный потенциал

При комнатной температуре:

$$U_T = 25.5 \text{ мВ}$$

Поправочный коэффициент  $m$  учитывает отклонение от теории диода Шокли.

Анализ данных был произведен с помощью gnuplot. При комнатной температуре:

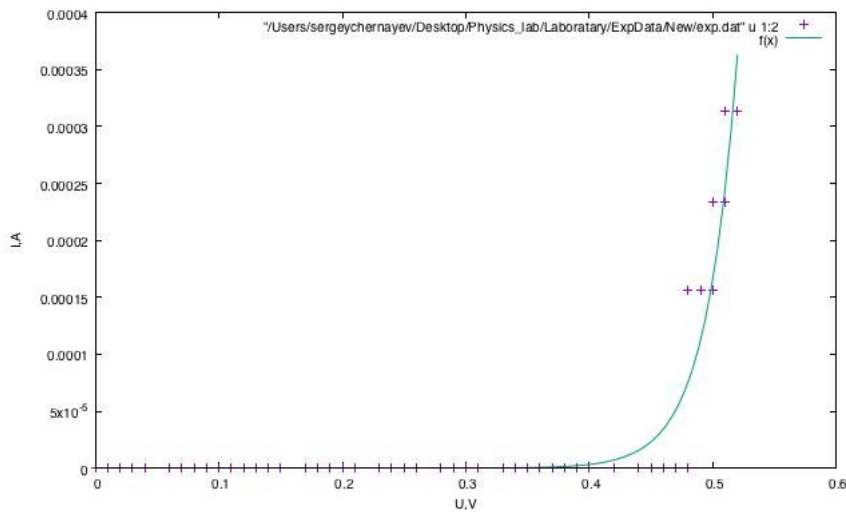


Рис. 12: График зависимости  $I$  от  $U$  при комнатной температуре  
В жидком азоте:

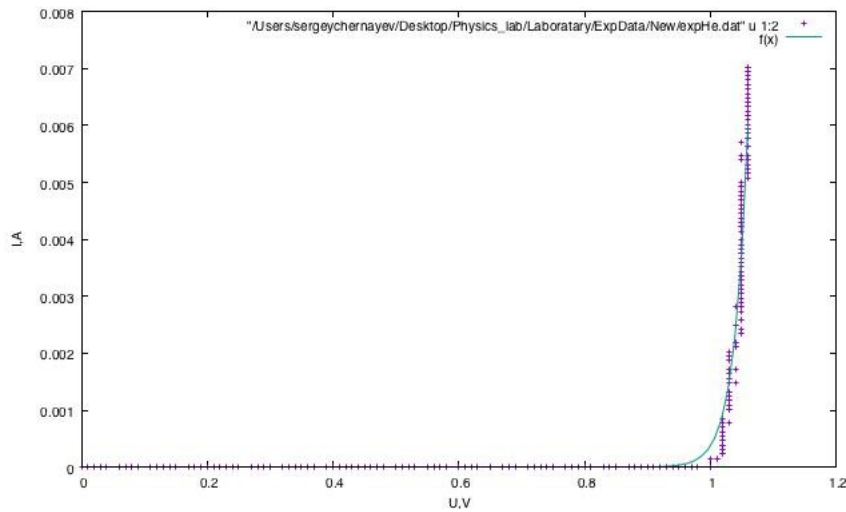


Рис. 13: График зависимости  $I$  от  $U$  образца в жидком азоте

### Выводы:

1. При сравнении двух графиков, становится очевидным, что для «пробивания» диода в жидком азоте требуется большее напряжение, нежели при комнатной температуре.
2. Полученные графики совпадают с теоретическими зависимостями.



