ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО СВЯЗИ

Государственное образовательное учреждение

Высшего профессионального образования

Московский технический университет связи и информатики

Волго-Вятский филиал

Дисциплина: **Электроника**

**Лабораторная работа №1**

«Исследование характеристик, параметров и принципов применения

полупроводниковых приборов с одним «p-n» переходом»

***Задание, форма и пример отчета***

Выполнил:

студент \_\_\_гр. \_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

№ студ. билета: \_\_\_\_\_\_

Проверил:

Туляков Ю.М.

**Содержание:**

1. **Цель работы 2**
2. **Теоретическая часть работы 2**
3. **Выполнение работы 6**
4. **Выводы 8**
5. **Список литературы 8**

**1.Цель работы:** Исследовать основные характеристики и параметры полупроводниковых диодов (ПД), стабилитронов и варикапов

**2**. **Теоретическая часть работы «Исследование полупроводниковых диодов (ПД) и стабилитронов»:**

***1.1****.*ПД– это электронный прибор, представляющий собой контакт двух полупроводников с разным типом проводимости *п* и *р* и обладающий односторонней проводимостью. Вольт-амперные характеристики (ВАХ) ПД представлены на рис. 1.1. Здесь 1 – теоретическая характеристика, 2 – характеристика реального прибора (она учитывает сопротивления объемов полупроводниковой структуры ПД и сопротивления внешних контактов, влияние дополнительного разогрева ПД мощностью, выделяемой в ПД при протекании через него тока, и т.п.).

Uстаб

*i*

*u*

а)

б)

**I**

**U**

**1**

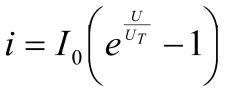
**2**

а) б)

На рис. а) такая же разница проявляется из-за разности температур, при которых работает ПД, в этом случае 3-м квадранте пунктирной линией должна быть «нижняя» линия, а верхняя должна быть сплошной!!! Это следует из формулы (1.1).

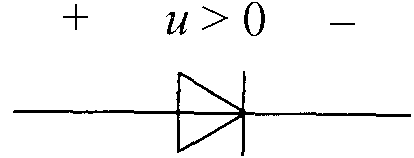
Рис. 1.1. ВАХ ПД

Примерный вид ВАХ реального ПД показан на рис. 1.1*а*. Пунктиром дана идеализированная ВАХ, соответствующая уравнению:

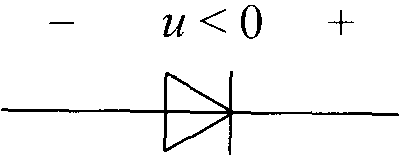
 (1.1)

При Т= 300 К, *UT* = 26 мВ.

Характеристики отражают основное свойство ПД. В открытом состоянии через ПД протекает значительный прямой ток (*iпр* > 0); это состояние обеспечивается подачей на ПД прямого напряжения *ипр* (условно, на рис. ниже: *ипр=u>0*).



В закрытом состоянии через ПД протекает весьма незначительный обратный ток *iобр* (*i* < 0),величина которого у германиевых ПД имеет порядок 10-5 – 10-6 А, а у кремниевых 10-9 – 10-12 А. Закрытое состояние ПД обеспечивается подачей на него обратного напряжения *uобр* (условно, на рис. ниже: *иобр=u<0*).



Такое свойство ПД – хорошая проводимость при прямом напряжении и достаточно низкая проводимость при обратном напряжении позволяет использовать ПД для выпрямления сигналов переменного тока, и ПД, предназначенные специально для этого относятся к классу выпрямительных диодов.

Из рисунка 1.1*а* видно, что прямая ветвь ВАХ реального ПД сдвинута относительно теоретической характеристики в область более высоких прямых напряжений с резко выраженной величиной порогового напряжения *Uпор*, т.е. напряжения, при котором возникает заметный прямой ток. У германиевых ПД величина *Uпор* ≈ 0,25 - 0,4 В, **у кремниевых ПД – *Uпор* ≈ 0,65 - 0,8 В** (обычно принимают ***Uпор* ≈ 0,7 В)**. Наклон прямой ветви ВАХ при *U* ≥ *Uпор* определяется в основном сопротивлением базовой области диода *r’*Б.



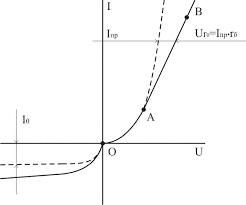


Рис.1.2. Аппроксимация ВАХ ПД.

В связи с такими особенностями, при использовании кремниевых ПД в ключевых (переключающих) схемах может использоваться аппроксимированная ВАХ вида, показанного на рис.1.2.

Влияние температуры окружающей среды на ВАХ ПД иллюстрирует рисунок 1.3. При возрастании температуры увеличиваются прямой и обратный токи.

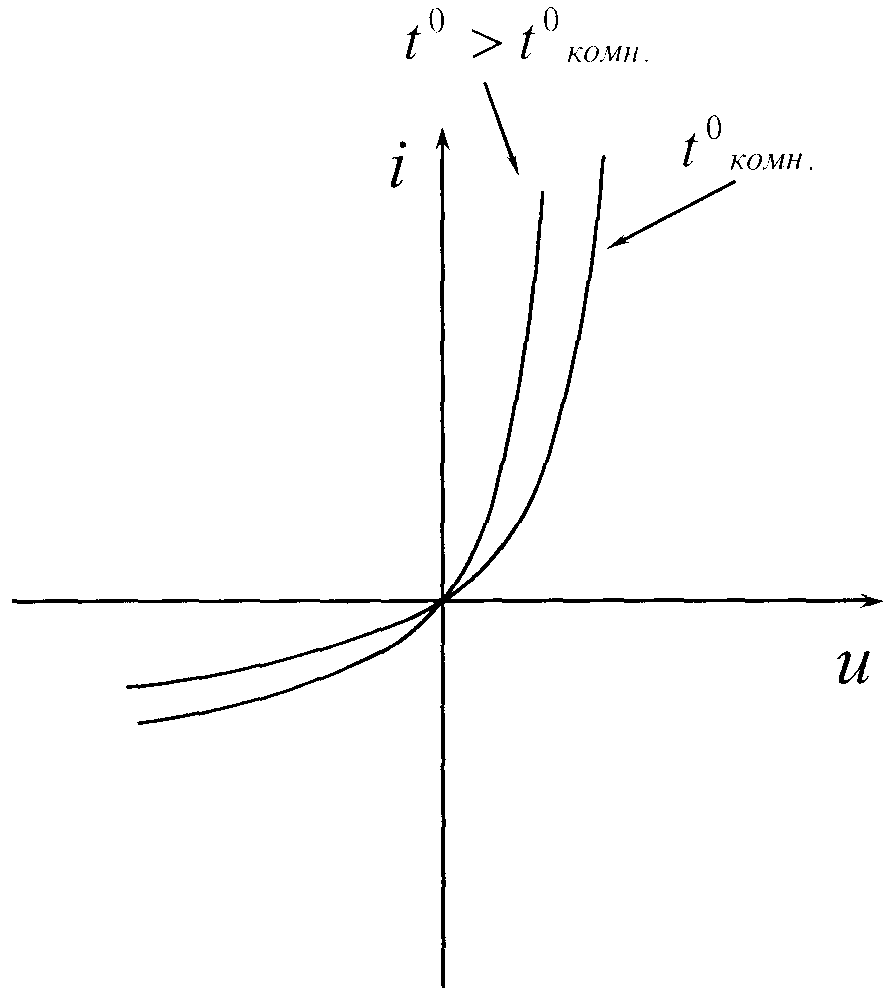






Рис. 1.3.Влияние температуры на ВАХ ПД

***1.2***. ***В стабилитронах*** используется обратная ветвь ВАХ ПД (рис. 1.1б) в режиме электрического пробоя (электрический пробой – это резкое возрастание обратного тока). Этот пробой позволяет использовать ПД как стабилитрон для стабилизации напряжений.

***1.3***.Наличие емкостей в «p-n» переходе позволяет его использовать в качестве конденсатора. Причем изменение этих емкостей при изменении прикладываемого напряжения, его можно рассматривать как управляемый этим напряжением переменный конденсатор - ***варикап*** (от англ. vari(able) - переменный и cap(acity) – ёмкость). Схемное обозначение варикапа показано на рис. 1.4

Условное изображение варикапа на схеме

Рис.1.4.Обозначение варикапа

Зависимость этой емкости от прикладываемого напряжения называется вольт-фарадной характеристикой (ВФХ). Вид этой характеристики показан на рис. 1. 5. При обратном напряжении проявляет себя барьерная емкость Сбар, а при прямом – диффузионная емкость Сдиф.

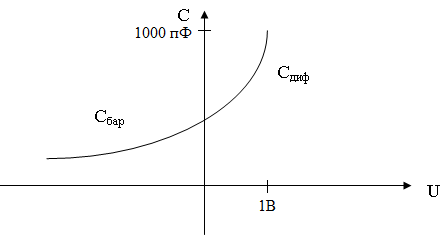


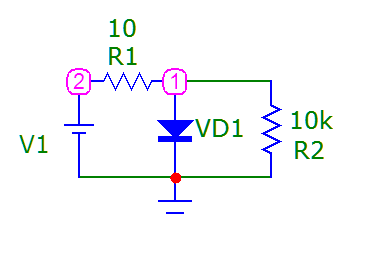
Рис. 1.5. Вольт – фарадная характеристика «p-n» перехода.

Поскольку при прямом напряжении активное сопротивление «p-n» перехода низкое, как правило, намного меньше реактивного сопротивления Xc =1/ω Сдиф, то проявление этой емкости Сдиф практически сводится к нулю.

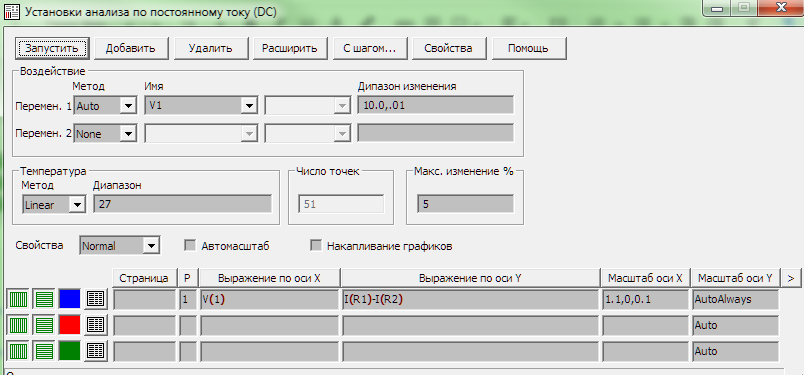
При обратном напряжении активное сопротивление «p-n» перехода высокое и оно практически не шунтирует емкость Сбар, и суммарное сопротивление «p-n» перехода будет в основном определяться реактивной составляющей Xc =1/ω Сбар. Поэтому варикапы работают при обратном напряжении с емкостью Сбар.

**3**. **Выполнение работы (Micro-Cap 9):**

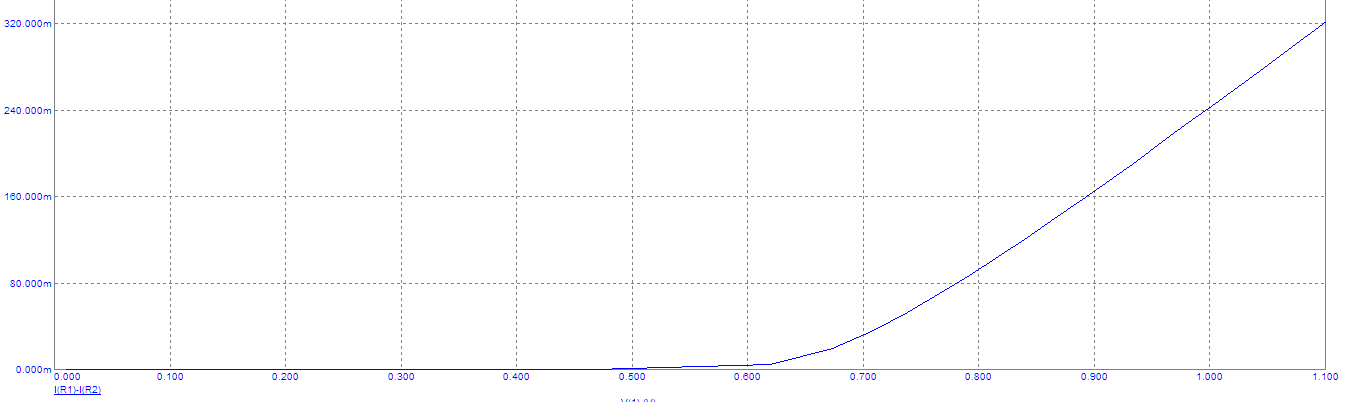
1. Составим схему для снятия прямой ветви ВАХ диода вида:



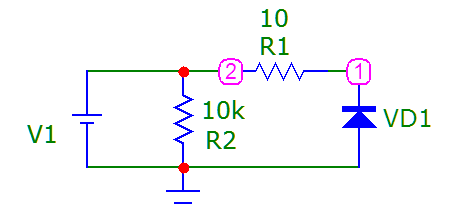
1. Зададим условия для снятия прямой ветви ВАХ: Выбираем тип диода в соответствии с вариантом №8: 1N5618. (по двум последним цифрам № студ. билета из порядковых номеров диодов, приводимых в Микрокап)



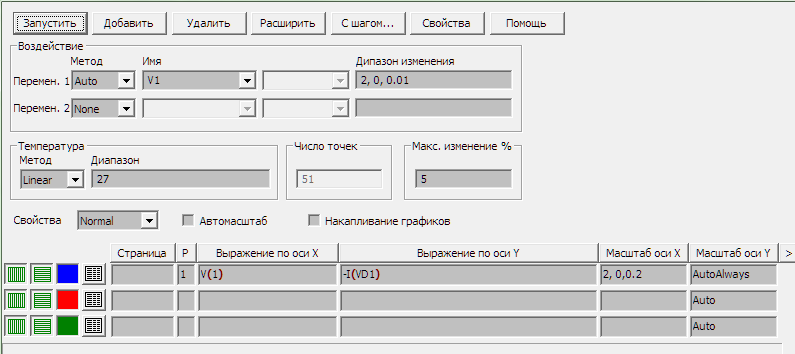
1. Нажимаем запустить и получаем прямую ветвь ВАХ диода:



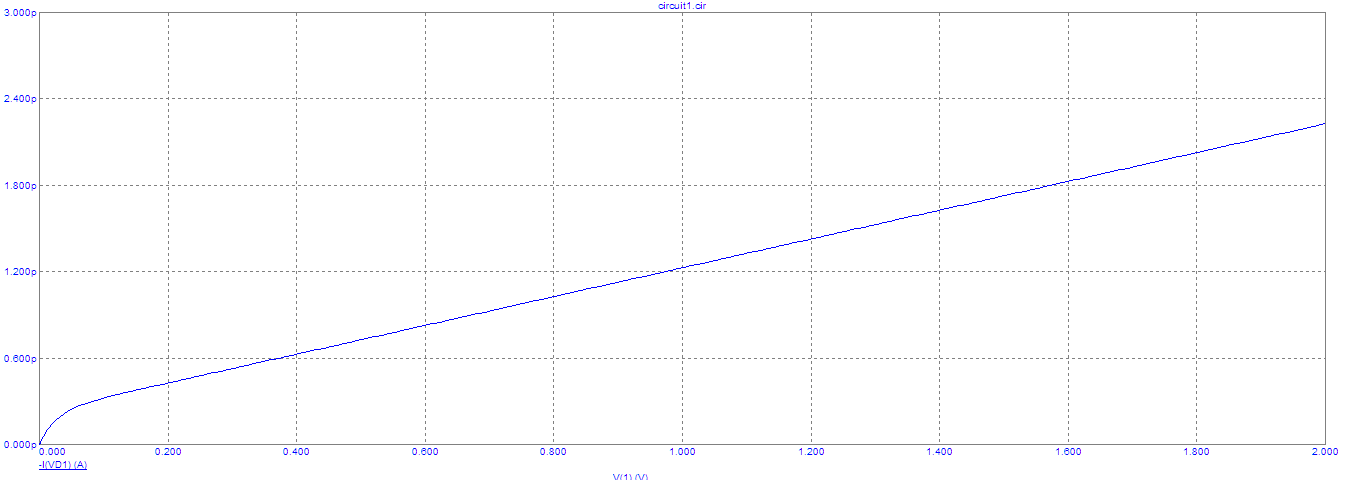
1. Составим схему для снятия обратной ветви ВАХ диода вида:



1. Зададим условия для снятия обратной ветви ВАХ:



1. Нажимаем запустить и получаем обратную ветвь ВАХ диода:



**4. Выводы**

Из-за взаимной диффузии неосновных носителей в прилегающих к поверхности контакта слоях полупроводника с разным типом проводимости образуется плохо проводящий слой (с одной стороны неосновные электроны заполняют дырки, с другой - неосновные дырки ловят электроны) . Ширина этого слоя зависит от приложенной разницы напряжений, способствующей или препятствующей "перебежчикам". Соответственно толщине этого слоя, в зависимости от полярности и величины приложенного напряжения, меняется сопротивление перехода. При превышении допускаемых значений приложенного напряжения возникают поочередные пробои (туннельный, лавинный и тепловой). Тепловой пробой является необратимым и разрушает структуру диода.

5. Представить из лекций характеристики Стабилитрона и Варикапа и очень кратко описать работу этих приборов.

**5. Список литературы**

1. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов/Под ред. Н.Д. Федорова. – М.: Радио и связь, 1998. – 560 с.

2. Николотов В.И. Электроника. Учебное пособие. МТУСИ. М.-2003 г. С.101.

3. Бочаров Л.Н. Электронные приборы: Учебник для техникумов.- М.: Энергия, 1979.-368 с.

4. Васильев Е.К., Туляков Ю.М. Электронные приборы. Методические указания и контрольные задания. Моск. Орд. Труд. Красн. Знамени институт связи. –М. 1989.- с. 60.

5. Туляков Ю.М.Электроника. Курс лекций. ВВФ МТУСИ 2018 г.