**Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана**

Кафедра ИУ-4

«Проектирование и технология производства ЭС»

Журнал

**практических работ**

по курсу: «Физические основы микроэлектроники»

**Для студентов приборостроительных специальностей**

**20 / учебный год**

Студент Группа

(фамилия, и. о.)

Преподаватель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Допуск к экзамену (зачету)\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Подпись\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(фамилия, и. о.) (число)

Москва 2019

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Отчет по практической работе № 2**  **«Расчет собственной концентрации свободных носителей заряда в кремнии, германии, арсениде галлия и антимониде индия при различных температурах с использованием MATLAB»** | | | |
| дата | Оценка  (max 5) |  | подпись |

Цель работы:

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

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

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

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

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

Задачи работы:

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

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

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

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

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

**Краткий конспект теоретической части** (ответы на контрольные вопросы Sob1.doc)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Понятие собственного полупроводника \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Понятие зоны проводимости полупроводника \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Понятие валентной зоны полупроводника \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Понятие запрещенной зоны полупроводника \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Понятие дырки в полупроводнике \_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Формула для расчета концентрации собственных носителей \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Формула для расчета эффективной плотности состояний в С и V зонах \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Формула для расчета ширины запрещенной зоны в зависимости от температуры \_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  Ознакомление с необходимыми справочными данными:  Масса покоя электрона m0 = 9,1\*10-31 кг  Постоянная Больцмана *k =* 1,38\*10-23 Дж/К  Постоянная Планка *h =* 6,63\*10-34 Дж\*с   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Параметр | Обозначение | Si | Ge | GaAs | InSb | | Ширина запрещенной зоны при 300К, эВ | Eg | 1,12 | 0,66 | 1,43 | 0,18 | | Ширина запрещенной зоны при 0К, эВ | Eg | 1,21 | 0,8 | 1,56 | 0,23 | | Эффективная масса m\*/m0 электронов | m\*n | 1,08 | 0,56 | 0,068 | 0,013 | | Эффективная масса m\*/m0 дырок | m\*p | 0,56 | 0,35 | 0,45 | 0,6 | | Температурный коэффициент | *a* | 2,4\*10-4 | 5,8\*10-4 | 5,8\*10-4 | 5,1\*10-4 |   Этапы расчетов и представления результатов \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**Разработка m.-файла расчета в среде MATLAB**

1. Согласно руководству пользователя запустите программную среду MATLAB, в окне редактора (EDITOR) вбейте первую строку следующего содержания:

% Расчет собственной концентрации свободных носителей заряда в кремнии Si, германии %Ge, арсениде галлия GaAs и антимониде индия InSb при различных температурах. Это будет заголовок программного модуля в среде MATLAB.

2. Сохраните .m-файл под вашим именем.

3. Последовательно введите значения справочных данных, соблюдая следующие обозначения:

mz\_eSi=1.08; - эффективная масса электрона для Si

mz\_pSi=0.56; - эффективная масса дырки для Si

mz\_eGe=0.56 - эффективная масса электрона для Ge

mz\_pGe=0.35 - эффективная масса дырки для Ge

........... - эффективная масса электрона для GaAs

........... - эффективная масса дырки для GaAs

........... - эффективная масса электрона для InSb

............ - эффективная масса дырки для InSb

k=1.38\*1e-23; - постоянная Больцмана, Дж/К

T1=77; - первая температура 77К

T2=300; - вторая температура 300К

h=6.63\*1e-34; - постоянная Планка Дж\*с

m0=9.1\*1e-31; - масса покоя электрона, кг

Eg0Si=1.21; - ширина запрещенной зоны Si при 0К,Эв

Eg0Ge=0.8; - ширина запрещенной зоны Ge при 0К,Эв

........... - ширина запрещенной зоны GaAs при 0К,Эв

........... - ширина запрещенной зоны GaAs при 0К,Эв

aSi=2.4\*1e-4; - температурный коэффициент Si,эВ/К

aGe=5.8\*1e-4; - температурный коэффициент Ge,эВ/К

aGaAs= .....; - температурный коэффициент GaAs,эВ/К

aInSb= .....; - температурный коэффициент InSb,эВ/К

**вместо многоточия необходимо вставить конкретные значения, взятые из справочника**

4. Введите расчетные формулы, используя следующие обозначения:

NcSi77=....... - эффективная плотность состояний электронов в

зоне проводимости Si при T=77K

NvSi77=....... - эффективная плотность состояний дырок в

валентной зоне Si при T=77K

EgSi77=....... - ширина запрещенной зоны Si при T=77К

nSi77= ....... - концентрация собственных носителей заряда

Si при T=77K

Аналогично ввести расчетные формулы для GaAs и InSb.

**При вводе формул обратить особое внимание на необходимость соблюдения размерности всех значений в системе СИ, а также на корректность ввода эффективной массы электронов и дырок.**

5. Осуществить необходимые расчеты и полученные значения записать в таблицы:

**Т=77К**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Si** | **Ge** | **GaAs** | **InSb** |
| Nc,м-3 |  | 1.3619e+18 |  |  |
| Nv, м-3 |  |  |  |  |
| n, м-3 |  |  |  |  |

**Т=300К**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Параметр** | **Si** | **Ge** | **GaAs** | **InSb** |
| Nc,м-3 |  |  |  |  |
| Nv, м-3 |  |  |  |  |
| n, м-3 |  |  |  |  |

6. Построить графики изменения концентрации собственных носителей заряда от температуры в диапазоне от 77К до 300К для Si, Ge, GaAs, InSb.

7. Вклеить полученные графики. Желательно все графические зависимости разместить на одном листе.

Место для вклеивания графика

8. Вклеить листинг программного кода

Место для вклеивания листинга

Пример листинга программного кода (вклеить свой)

mz\_eSi=1.08;

mz\_pSi=0.56;

mz\_eGe=0.56

mz\_pGe=0.35

k=1.38\*1e-23;

T1=77;

T2=300;

h=6.63\*1e-34;

m0=9.1\*1e-31;

%h=1.05\*1e-34

Eg0Si=1.21; %Эв

Eg0Ge=0.8; %Эв

aSi=2.4\*1e-4; %эВ/К

aGe=5.8\*1e-4;

NcSi77=(2\*(2\*pi\*mz\_eSi\*m0.\*k.\*T1./h.^2)^(3/2))/1000000 %делим на миллион чтобы из метров перейти в сантиметры

NvSi77=(2\*(2\*pi\*mz\_pSi\*m0.\*k.\*T1./h.^2)^(3/2))/1000000

EgSi77=(Eg0Si-aSi\*T1)

nSi77=(sqrt(NcSi77\*NvSi77))\*2.71^(-EgSi77\*1.6\*1e-19/2/k/T1)

%n1=sqrt(Nc\*1e-6\*Nv\*1e-6) %в системе СГСС

%pok=EgSi/2/k/T

%n2=2.71^(-pok)

%nn=n1\*n2

%pok2=-(1.2/2/k/T)

%n3=2.71^pok2

%m=n1\*n3

NcSi300=(2\*(2\*pi\*mz\_eSi\*m0.\*k.\*T2./h.^2)^(3/2))/1000000 %делим на миллион чтобы из метров перейти в сантиметры

NvSi300=(2\*(2\*pi\*mz\_pSi\*m0.\*k.\*T2./h.^2)^(3/2))/1000000

EgSi300=(Eg0Si-aSi\*T2)

nSi300=(sqrt(NcSi300\*NvSi300))\*2.71^(-EgSi300\*1.6\*1e-19/2/k/T2)

%Для Германия при Т=77К

NcGe77=(2\*(2\*pi\*mz\_eGe\*m0.\*k.\*T1./h.^2)^(3/2))/1000000 %делим на миллион чтобы из метров перейти в сантиметры

NvGe77=(2\*(2\*pi\*mz\_pGe\*m0.\*k.\*T1./h.^2)^(3/2))/1000000

EgGe77=(Eg0Ge-aGe\*T1)

nGe77=(sqrt(NcGe77\*NvGe77))\*2.71^(-EgGe77\*1.6\*1e-19/2/k/T1)

|  |
| --- |
| 9. Сформулируйте выводы по работе |
| \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «собственный полупроводник»?
2. Дайте определение понятия «валентной зоны»?
3. Дайте определение понятия «зоны проводимости»?
4. Дайте определение понятия «дырки»?
5. Что такое эффективная плотность состояний в полупроводнике?
6. Что такое запрещенная зона в полупроводнике?
7. Что такое эффективная масса "электрона"?
8. Что такое эффективная масса "дырки"?
9. Что характеризует эффективная масса частицы?
10. Что такое рекомбинация носителей?
11. Может ли эффективная масса частицы быть отрицательной?
12. Прокомментируйте кривую температурной зависимости концентрации носителей заряда в полупроводнике?
13. Как сильно зависит концентрация собственных носителей заряда полупроводников от температуры?
14. На сколько может различаться концентрация собственных носителей разных полупроводников при одной и той же температуре?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Андреев В.В., Столяров А.А. Физические основы наноинженерии. - М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана. 2011.
2. Гуртов В.А. Твердотельная электроника.-М.: Техносфера. 2005.
3. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.

4. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем,

СПб, Наука, 2001.

5. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники, СПб, 2003.

6. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: учебное пособие для вузов. − 2-е изд. –

М.: Лаборатория базовых знаний, 2001.

7. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное

пособие. – М.: Юрайт, 2011.

8. Зиненко, В.И. Основы физики твердого тела [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.И.

Зиненко, Б.И. Сорокин, Р.И. Турчин. – М.: Издательство физико-

математическойлитературы, 2001. 336с.

9. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов / Под

ред. Н.Д. Федорова. М.: Радио и связь, 2002.

10. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: Физматлит, 2009.

Н.А. Афанасьева, Л.П. Булат. Физические основы электроники. Учебное пособие. СПб.:

СПБ ГУНиПТ, 2010. -181с.

11. Андреев В.В., Балмашнов А.А., Корольков В.И., Лоза О.Т., Милантьев В.П. Физическая

электроника и ее современные приложения. Учеб. пособие. М.: РУДН, 2008. – 383 с.