КУРСОВАЯ РАБОТА

Расчет основных формул по основам электроники

по дисциплине

« ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ»

Вариант 28

Чита

2009

**Исходные данные**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **0,78** |  | **0,04** |  | **0,035** | **0,2** | **0,6** | **15** | **1500** | **700** | **250** |

Физические и математические постоянные:

1. Постоянная Планка 
2. Элементарный заряд 
3. Масса покоя электрона 
4. Постоянная Больцмана 
5. Число пи 
6. Число е 
7. Электрическая постоянная 
8. **Рассчитать температурную зависимость концентрации равновесных носителей заряда в собственном полупроводнике**

Исходные формулы:



**а) Получение расчетной формулы**





**Пример:**



**б) Результаты расчетов представил в таблице 1.**

**Таблица 1.**

**Концентрация равновесных носителей заряда в собственном полупроводнике.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| T | T^3/2 | 1/T | KT | n0 | lnn0 |
| 75 | 649,5190528 | 0,013333333 | 0,006463 | 0,003973436 | -5,528124115 |
| 100 | 1000 | 0,01 | 0,008617 | 21789,62053 | 9,989189013 |
| 120 | 1314,534138 | 0,008333333 | 0,010341 | 54057905,69 | 17,80556636 |
| 150 | 1837,117307 | 0,006666667 | 0,012926 | 1,42581E+11 | 25,68317669 |
| 200 | 2828,427125 | 0,005 | 0,017235 | 4,14293E+14 | 33,65759481 |
| 300 | 5196,152423 | 0,003333333 | 0,025852 | 1,43642E+18 | 41,80868748 |
| 400 | 8000 | 0,0025 | 0,03447 | 9,60747E+19 | 46,0116581 |
| 500 | 11180,33989 | 0,002 | 0,043087 | 1,2904E+21 | 48,60924193 |

**в) Построил график 1 зависимости равновесной конфигурации носителей тока от температуры в координатах .**



**График 1**

**г) Проверить правильность построения графика, выполнив обратную задачу: используя значение tg α, найти ширину запрещенной зоны полупроводника ∆Е, сравнить с исходным значением ∆Е. Найти погрешность δ(∆Е).**



1. **Рассчитать температурную зависимость уровня Ферми в собственном полупроводнике**

****

**Расчетная формула:**

****

**а) результаты расчетов представил в таблице 2**

**Зависимость Ef(T) в собственном полупроводнике**

**Таблица 2**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| T,K | KT,эВ | Ef,эВ | Ef/Ef0\*100% |
| 100 | 0,008617375 | 0,397100366 | 101,8206066 |
| 200 | 0,01723475 | 0,404200731 | 103,6412132 |
| 300 | 0,025852126 | 0,411301097 | 105,4618198 |
| 400 | 0,034469501 | 0,418401463 | 107,2824264 |
| 500 | 0,043086876 | 0,425501829 | 109,103033 |

**б) Построил график 2 «Зависимость Ef(T) в собственном полупроводнике**



**График 2**

1. **Рассчитать температуры ионизации донорной примеси Тs и ионизации основного вещества Тi в полупроводнике n тока методом последовательных приближений. В качестве начальных температур использовать значения Ti =400 К ,Ts=50 К**

**Расчетные формулы:**

** **

**Таблица 3.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N приближ. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ti, K | 400 | 986,0672473 | 761,51462 | 814,6480626 | 800,077865 | 803,9251818 |
| Nc\*10E+25, | 0,345561057 | 1,337502517 | 0,907720567 | 1,004361024 | 0,977536968 | 0,984596428 |
| Nv\*10E+25 | 1,795587925 | 6,949866942 | 4,716654422 | 5,218812967 | 5,079431084 | 5,116113117 |

|  |  |
| --- | --- |
| 10 | 11 |
| 803,1185939 | 803,1134442 |
| 0,983115014 |  |
| 5,108415461 |  |

****

****

**Таблица 4.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N приближ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ts,K | 50,000 | 346,476 | 109,388 | 184,635 | 140,692 | 160,530 | 150,249 | 155,238 | 152,735 |
| Nc\*10E+23 | 1,527 | 27,858 | 4,942 | 10,837 | 7,208 | 8,786 | 7,955 | 8,355 | 8,153 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 10 | 11 | 12 | 13 |
| 153,970 | 153,355 | 153,660 | 153,509 |
| 8,253 | 8,203 | 8,228 |  |

1. **Рассчитать температуру ионизации Тs и Тi в акцепторном полупроводнике методом последовательных приближений**

**Расчетные формулы:**

****

**Таблица 5.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N приближ. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ti, K | 400 | 856,68 | 704,36 | 738,10 | 729,75 | 731,76 | 731,27 | 731,39 | 731,36 |
| Nc\*10E+25, | 0,3455 | 1,083100 | 0,8074 | 0,8661 | 0,8515 | 0,8550 | 0,8541 | 0,8544 |  |
| Nv\*10E+25 | 1,7955 | 5,627955 | 4,1958 | 4,5008 | 4,4246 | 4,4429 | 4,4385 | 4,4396 |  |



**Таблица 6.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N приближ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ts,K | 50 | 110,34 | 83,43 | 91,29 | 88,60 | 89,48 | 89,19 | 89,28 | 89,25 |
| Nv\*10E+23 | 7,9354 | 26,0163 | 17,104 | 19,579 | 18,719 | 18,998 | 18,9 | 18,93 |  |



1. **Рассчитать температурную зависимость положения уровня Ферми Ef(T) в донорном полупроводнике**

**а) для низкотемпературной области использовать формулу:**

****

**Таблица 7.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| T,K | 5 | 10 | 50 | 60 | 80 | 153,5 |
| KT,эВ | 0,000430869 | 0,000861738 | 0,004308688 | 0,005170425 | 0,0068939 | 0,013227671 |
| Nc,м-3 | 4,82936E+21 | 1,36595E+22 | 1,52718E+23 | 2,00753E+23 | 3,09079E+23 | 8,21481E+23 |
| Ef,эВ | -0,01954453 | -0,01953705 | -0,02288620 | -0,02417045 | -0,02704804 | -0,03998852 |



**График 3 Зависимость Ef(T) для полупроводника n-типа в области низких температур.**

**б) для низкотемпературной области найти положение максимума зависимости Ef(T), т.е. вычислить  и **

****

**в) для области средних температур использовать формулу:**

****

**Таблица 8.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| T,K | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| KT,эВ | 0,00861737 | 0,012926063 | 0,01723475 | 0,021543438 | 0,02585212 | 0,03016081 | 0,034469501 |
| Nc,м-3 | 4,3195E+23 | 7,93545E+23 | 1,22174E+24 | 1,70744E+24 | 2,2444E+24 | 2,8283E+24 | 3,4556E+24 |
| Ef,эВ | -0,01453136 | -0,02965864 | -0,04698205 | -0,06593848 | -0,0861962 | -0,10753629 | -0,12980275 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 450 | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 | 750 | 803,1 |
| 0,038778188 | 0,043086876 | 0,047395564 | 0,0517042 | 0,056013 | 0,060322 | 0,06463 | 0,06920614 |
| 4,12338E+24 | 4,82936E+24 | 5,57159E+24 | 6,348E+24 | 7,16E+24 | 8E+24 | 8,87E+24 | 9,83081E+24 |
| -0,15287922 | -0,17667528 | -0,20111873 | -0,2261505 | -0,25172 | -0,27779 | -0,30432 | -0,332968031 |



**г) в области высоких температур использовать формулу:**

****

****

**Таблица 9.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| T,К | 400 | 450 | 500 | 550 |
| KT,эВ | 0,034469501 | 0,038778188 | 0,043086876 | 0,047395564 |
| Ef,эВ | -0,361598537 | -0,358048354 | -0,354498171 | -0,350947989 |

**д) построить график 4 «Температурная зависимость Ef для донорной примеси по полученным точкам ».**



**График 4.**

**6. Рассчитать критическую концентрацию вырождения донорной примеси**

**. В и **

****

****

**7.Рассчитать равновесную концентрацию основных и неосновных носителей тока в p-n и n – областях p-n перехода при температуре Т=300К. Полагая , что примесь полностью ионизирована, считать  и равным концентрации соответствующей примеси**

**Концентрация неосновных носителей найти из закона действующих масс в и перевести в .**

****

****

1. **Найти высоту потенциального барьера равновесного p-n-перехода и контактную разность потенциалов**

****

1. **Найти положение уровней Ферми в p-n-перехода и n-областях относительно потолка зоны проводимости и дна валентной зоны соответственно .(Т=300К)**

**а)**

****

**б)**



**в) определить высоту потенциального барьера p-n-перехода (проверка правильности п.8)**

****

1. **Найти толщину p-n-перехода в равновесном состоянии (Т=300К)**

****

1. **Определить толщину пространственного заряда в p-n-областях**

****

1. **Построить в масштабе график 5 «Энергетическая диаграмма p-n-перехода в равновесном состоянии»**

****

**График 5.**

1. **Найти максимальную напряженность электрического поля  в равновесном p-n-переходе. Построить график 6 «Зависимость напряженности электростатического поля от расстояния в p-n-переходе»**

****



**График 6.**

1. **Найти падение потенциала в p-n-областях пространственного заряда p-n-перехода**

****

1. **Построить график 6 «Зависимость потенциала в p-n-областях от расстояния»**

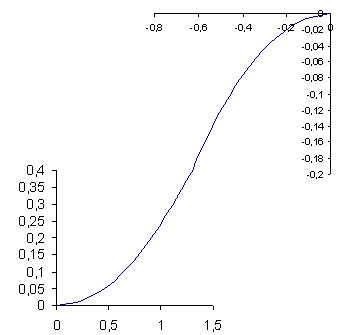
**Задать 5 значений Хр через равные интервалы и вычислить 5 значений** .

**Задать 5 значений Хn через равные интервалы и вычислить 5 значений** .

****

**Таблица 9.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Xp\*1E-7 | 0,245902211 | 0,491804423 | 0,737706634 | 0,983608846 | 1,229511057 |
| φp | 0,014588944 | 0,058355776 | 0,131300495 | 0,233423102 | 0,364723597 |
| Xn\*1E-7 | -0,122951106 | -0,245902211 | -0,368853317 | -0,491804423 | -0,614755529 |
| φn, в | -0,007294472 | -0,029177888 | -0,065650248 | -0,116711551 | -0,182361799 |



**График 7.**

1. **Вычислить барьерную емкость p-n-перехода расчете на S=1 см² для трех случаев**

****

**а) равновесное состояние p-n-перехода**

****

**б) при обратном смещении V=1 В**

****

**в) при прямом смещении V=0.8 Vk**

****

**Вывод: При обратном смещении барьерная емкость уменьшается . при прямом смещении барьерная емкость увеличивается.**

1. **Вычислить коэффициент диффузии для электронов и дырок ( в см²/с) и диффузионную длину для электронов и дырок (в см) при Т=300 К**

****

1. **Вычислить** электропроводность и удельное сопротивление собственного полупроводника, полупроводника n-и p-типа **при Т=300 К**

****

**Выводы: а) проводимостью неосновных носителей в легированных полупроводника можно пренебречь по сравнению с прводимостью, обусловленной основными носителями.**

**б) легированный п/п обладает большей электропроводностью.**

**В 10 раз.**

1. **Определить величину плотности обратного тока p-n-перехода при Т=300 К вА/см²**

****

****

1. **Построить обратную ветвь ВАХ p-n-перехода, Т=300 К**

**Результаты расчетов привести в таблице 10.**

**По данным таблицы 10 построить график 7 «Обратная ветвь ВАХ p-n-перехода».**

**Обратная ветвь ВАХ p-n-перехода, Т=300 К.**

**Обратная ветвь ВАХ p-n-перехода**

****

****

**Таблица 10.**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| qV | 4,14195E-22 | 1,24259E-21 | 2,07098E-21 | 4,14195E-21 | 6,21293E-21 | 8,2839E-21 |
| V | -0,002585213 | -0,007755638 | -0,012926063 | -0,025852126 | -0,038778188 | -0,051704251 |
| j\*10, А/см² | -4,15542E-07 | -1,13176E-06 | -1,71814E-06 | -2,76025E-06 | -3,39232E-06 | -3,77569E-06 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1,24259E-20 | 1,65678E-20 | 2,07098E-20 | 2,48517E-20 | 8,2839E-20 |
| -0,077556377 | -0,103408502 | -0,129260628 | -0,155112753 | -0,51704251 |
| -4,14925E-06 | -4,28667E-06 | -4,33723E-06 | -4,35583E-06 | -4,3667E-06 |



**График 8.**

1. **Построить прямую ветвь ВАХ p-n-перехода, Т=300 К**

**Результаты расчетов привести в таблице 11.**

**Прямая ветвь ВАХ p-n-перехода, Т=300 К.**

****

****

**Таблица 11.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| qV | 4,14195E-21 | 8,2839E-21 | 1,24259E-20 | 1,65678E-20 | 1,86388E-20 | 2,07098E-20 | 8,2839E-20 |
| V | 0,025852126 | 0,051704251 | 0,077556377 | 0,103408502 | 0,116334565 | 0,129260628 | 0,517042511 |
| j , А/см² | 7,50313E-09 | 2,78987E-08 | 8,33397E-08 | 2,34044E-07 | 3,88706E-07 | 6,437E-07 | 2,118519275 |



**График 9.**

1. **Вычислить отношение jпр/jобр при  и при . Сформулировать вывод**

****

****

**Вывод:**

**Чем больше напряжение, тем выше коэффициент выпрямления**