

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Факультет повышения квалификации и переподготовки
Кафедра РЭС**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Проектирование и САПР интегральных микросхем»

на тему: «Автоматизированное проектирование интегральных микросхем»

Выполнил:
студент гр. 380213
Мелешкевич А.В

Руководитель:
Будник А.В

Минск 2005

*380213-35
570711?
30.05.05
[Signature]*

Факультэт ФПКП

«ЗАЦВЯРДЖАЮ»

Загадчык кафедры

Обрацов Н.С.
(подпіс)«7» февралі 2005 г.**З А Д А Н Н Е**

па курсавому праектаванню

Студэнту Мелешкевічу А.В гр 3802131. Тэма праекта Аўтаматызаванае праектаванне
інтэгральнай мікрасхемы2. Тэрміны здачы студэнтам закончанага праекта 23 мая 2005 г

3. Выходныя даныя да праекта

1 Схэма электрычнай прынцыпальнай і пералік
ёе элементаў2 Работная палоса частот $\Delta f = 1 \text{ Гц} - 100 \text{ КГц}$ 3 Коэф. укалення $K_{\text{у}} = 80$ 4 Тэмпература асяродкавай сроды 300 К

4. Змест разлікова-глумачальнай запіскі (пералік пытанняў, якія падлягаюць распрацоўцы)

1 Ввядзенне

2 Аналіз існуючых даных і выбар
канструктыўна-тэхналагічнага варыянта
ШМС

3 Схэмотэхнічны аналіз ШМС

- 4 Проектирование компонентов ИИС
- 5 Проектирование термомеханизмов ИИС
- 6 Заключение
- 7 Литература

5. Перелік графічного матеріалу (з докладним позначенням обов'язкових чарцяжоу і графікау)

- 1 Схема електричної принципиальної
- 2 Термомеханізм елемента компонента
- 3 Програма моделювання при компонентах (шнурок, дюралюміній)
- 4 АЗХ проектуемого елемента

6. Консультант по проекту (з позначенням розділау проекта)

Будник А.В., Образцов Н.С

7. Дата выдачы задання 7 февраля 2005

8. Календарны графік работы над проектам на ўсё перыяд

праектавання (з позначенням тэрмінау выканання і працаёмкасці асобных этапау)

Работа над проектом берется по графику работы группы в лаборатории проектирования ИИС

КІРАУНІК

Заданне прыняту да выканання

7 февраля 2005

(дата і подпіс студэнта)

Содержание

1. Введение	2
2. Расчет транзисторного п/п усилителя по заданным значениям	3
3. Исследование параметров интегрального биполярного транзистора	6
4. Диффузия легирующей примеси и термическое окисление кремния в технологии п/п интегральных микросхем	8
5. Ионное легирование в технологии п/п интегральных микросхем	12
6. Заключение	15
7. Литература	16

Введение

В настоящее время в связи с быстрым развитием микропроцессорной техники и необходимостью уменьшения её размеров возникает острая необходимость разработки соответствующей элементной базы.

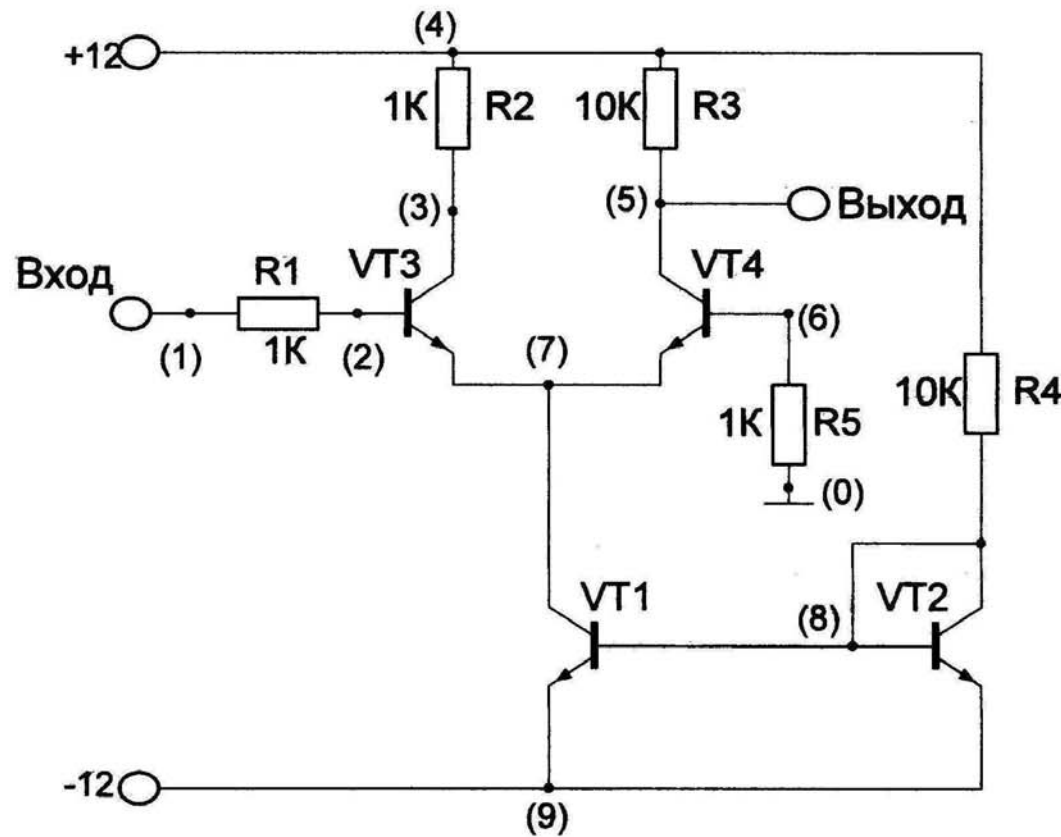
Характерной тенденцией развития элементной базы современной электронно-вычислительной аппаратуры является быстрый рост степени интеграции. В этих условиях актуальной становится проблема ускорения темпов разработки узлов аппаратуры, представляющих собой БИС и СБИС. При проектировании устройства, должен быть так же решён вопрос том, будет ли оно выполнено на дискретных элементах с применением ИМС и бис либо с применением СБИС, либо на основе сочетания указанных подходов. При решении данных проблем необходимо учитывать существование двух различных классов интегральных схем: стандартных (или крупносерийных) и заказных. К первым относятся схемы, объем производства которых достигает миллионов штук в год. Поэтому относительно большие затраты на их проектирование и конструирование оправдываются. Этот класс схем включает микропроцессоры, различного вида полупроводниковые устройства памяти (ПЗУ, ОЗУ и т.д.), серии стандартных микросхем и др. Схемы, принадлежащие ко второму классу, при объеме производства до нескольких десятков тысяч в год, выпускаются для удовлетворения нужд отдельных отраслей промышленности.

Значительная часть стоимости таких схем определяется затратами на их проектирование.

Основным средством снижения стоимости проектирования и, главное, ускорения темпов разработки новых видов микроэлектронной аппаратуры являются системы автоматизированного проектирования (САПР).

Расчет транзисторного п/п усилителя по заданным значениям.

Начальные условия : $K_u = 80$ $f = 1 \Gamma\text{ц} - 100 \text{K}\Gamma\text{ц}$



Номиналы:

R1=1 кОм

R2=1 кОм

R3=10 кОм

R4=10 кОм

R5=100 Ом

VT1 n-p-n

VT2 n-p-n

VT3 n-p-n

VT4 n-p-n

Рис.1 Транзисторный усилитель

Листинг исходной программы:

```

LABA1
.WIDTH OUT=80
.AC DEC 5 1HZ 100KHZ
R1 1 2 1k
R2 3 4 1k
R3 4 5 10K
R4 4 8 10k
R5 6 0 100
Q1 7 8 9 TR
VCC 4 0 DC 12
VIN 1 0 AC 1 SIN ( 1 100 1KHZ)
Q2 8 8 9 TR
Q3 3 2 7 TR
Q4 5 6 7 TR
.MODEL TR NPN (BF=100 RB=1K
RC=1K
TF=2NS CJE=10PF CJC=10PF)
.PLOT AC VM(5)
.PRINT AC VM(5)
.END
    
```

Результаты расчета программой PSpise

1.000E+00	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.585E+00	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
2.512E+00	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
3.981E+00	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
6.310E+00	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.000E+01	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.585E+01	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
2.512E+01	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
3.981E+01	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
6.310E+01	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.000E+02	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.585E+02	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
2.512E+02	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
3.981E+02	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
6.310E+02	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.000E+03	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.585E+03	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
2.512E+03	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
3.981E+03	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
6.310E+03	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.000E+04	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.585E+04	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
2.512E+04	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
3.981E+04	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
6.310E+04	1.560E-01	.	*	.	.	.	.
1.000E+05	1.560E-01	.	*	.	.	.	.

Из результатов расчета программы PSpise не трудно заметить, что исходные параметры схемы не удовлетворяют требованиям задания, поэтому необходима корректировка значений.

Листинг программы:

```

LABA1
.WIDTH OUT=80
.AC DEC 5 1HZ 100KHZ
R1 1 2 1k
R2 3 4 1k
R3 4 5 10K
R4 4 8 10K
R5 6 0 215
Q1 7 8 9 TR
VCC 4 0 DC 12
VIN 1 0 AC 1 SIN ( 1 100 1KHZ)
Q2 8 8 9 TR
Q3 3 2 7 TR
Q4 5 6 7 TR
.MODEL TR NPN (BF=100 RB=600
RC=50
TF=2NS CJE=2PF CJC=2PF)
.PLOT AC VM(5)
.PRINT AC VM(5)
.END
    
```

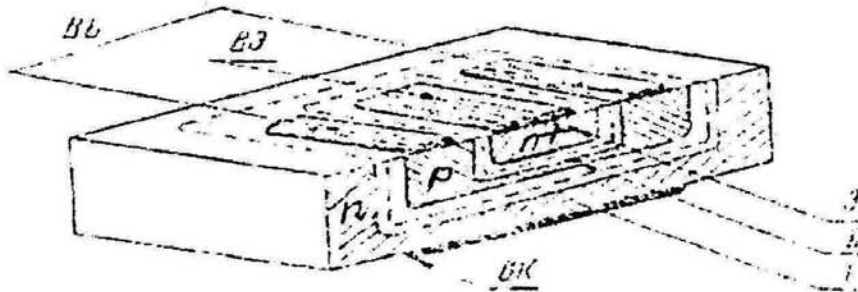

Результаты вычислений программы PSpice:

1.000E+00	8.188E+01	*	.	.	.
1.585E+00	8.188E+01	*	.	.	.
2.512E+00	8.188E+01	*	.	.	.
3.981E+00	8.188E+01	*	.	.	.
6.310E+00	8.188E+01	*	.	.	.
1.000E+01	8.188E+01	*	.	.	.
1.585E+01	8.188E+01	*	.	.	.
2.512E+01	8.188E+01	*	.	.	.
3.981E+01	8.188E+01	*	.	.	.
6.310E+01	8.188E+01	*	.	.	.
1.000E+02	8.188E+01	*	.	.	.
1.585E+02	8.188E+01	*	.	.	.
2.512E+02	8.188E+01	*	.	.	.
3.981E+02	8.188E+01	*	.	.	.
6.310E+02	8.188E+01	*	.	.	.
1.000E+03	8.188E+01	*	.	.	.
1.585E+03	8.188E+01	*	.	.	.
2.512E+03	8.188E+01	*	.	.	.
3.981E+03	8.188E+01	*	.	.	.
6.310E+03	8.188E+01	*	.	.	.
1.000E+04	8.187E+01	*	.	.	.
1.585E+04	8.186E+01	*	.	.	.
2.512E+04	8.182E+01	*	.	.	.
3.981E+04	8.171E+01	*	.	.	.
6.310E+04	8.145E+01	*	.	.	.
1.000E+05	8.081E+01	*	.	.	.

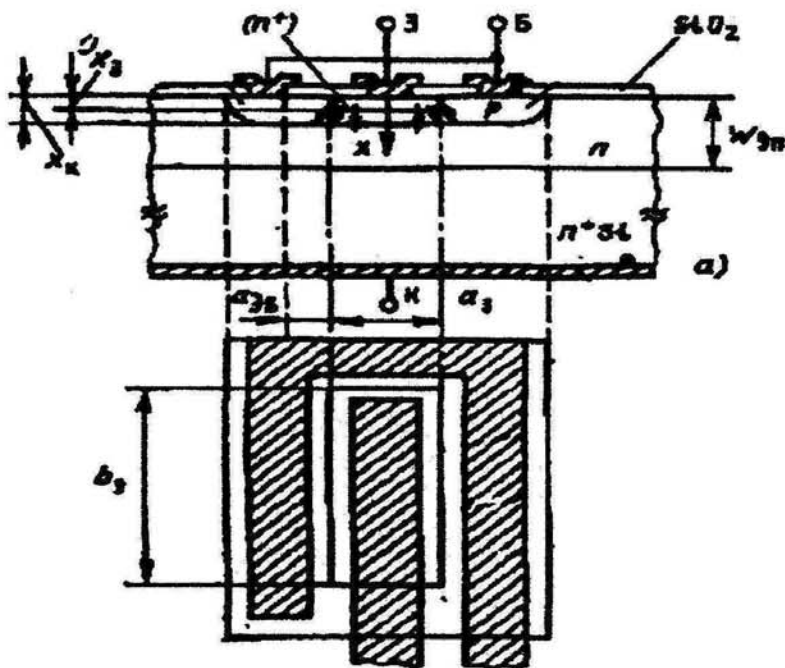
Выходные данные программы PSpice удовлетворяют данным, определенным в задании: достигнут коэффициент усиления транзисторного п\п усилителя, равный 80 на отрезке частоты 1Гц -100КГц.

Исследование параметров интегрального биполярного транзистора.

В программе по моделированию биполярного транзистора реализованы две классические модели, описывающие характеристики транзистора при работе на постоянном токе . и в режиме "большого сигнала" . Это модель Эберса-Молла . и зарядовая модель Гумеля-Пунна .



Структура БП транзистора



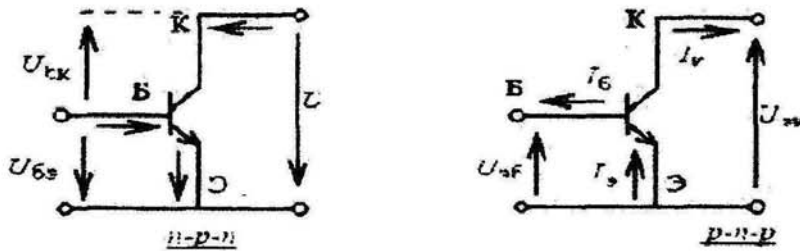
При подаче положительного смещения на эмиттерно-базовый p-n переход происходит инжекция электронов в базу (из эмиттера), а дырок - из базы в эмиттер.

Если ширина базы много меньше диффузионной длины электрона, то большая часть электронов (95% и более), не успевая рекомбинировать, достигает коллекторного перехода, поле которого является ускоряющим для электронов (на коллектор в усилительных режимах подаётся $U_{кэ} > U_{бэ} > 0$).

Происходит экстракция электронов из базы. Таким образом, в цепи коллектора протекает ток I_k , управляемый напряжением $U_{бэ}$ и практически не зависящий от напряжения $U_{кэ}$, при условии, что $U_{бэ} > U_{кэ}$.

Небольшое изменение $U_{бэ}$ (сигнал) вызывает изменение I_k и приводит к падению напряжения на сопротивлении R_n , которое при соответствующем выборе R_n во много раз превышает $U_{бэ}$. Таким образом в БТ обеспечивается усиление по напряжению сигнала. Кроме того, ток базы, отбираемый от источника $U_{бэ}$, создаётся только дырками, уходящими в эмиттер и рекомбини-

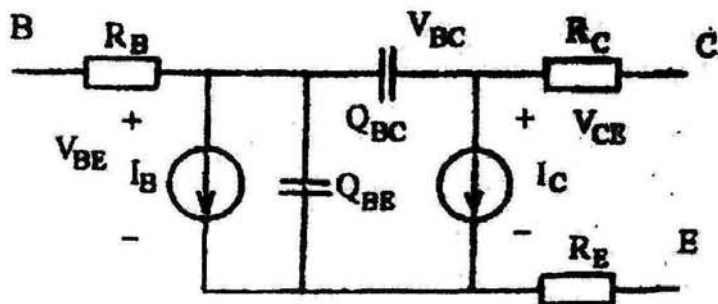
рующими в базе. Структура и концентрации примесей в эмиттере и в базе выбираются так, что этот ток и его низкочастотные изменения во много раз меньше тока коллектора, формируемого потоком электронов вдоль оси, перпендикулярной плоскостям эмиттерного и коллекторного переходов.



Схемы протекания токов.

Все соотношения дальше будут записываться для n-p-n транзистора. Но они остаются верными и для p-n-p БТ. если в них заменить $U_{ЭБ}$ на $U_{БЭ}$. $U_{ЭК}$ на $U_{КЭ}$ изменять положительные направления токов на противоположные.

Для анализа частотной зависимости передаточных характеристик в рамках анализа по переменному току используется малосигнальная модель БТ. в которых нелинейные элементы: генераторы I_B I_C . элементы накопления заряда Q_{BE} и Q_{BC} . резистор R_b . характеристики которых зависят от параметров входного сигнала. заменяются линейными элементами.



Эквивалентная схема БТ

Входные параметры

I_K	- ток коллектора (А)	1E-6
$U_{КЭ}$	- напряжение (коллектор-эмиттер) (В)	1
$L_э$	- длина эмиттера (см)	5E-3
$Z_э$	- ширина эмиттера (см)	1E-3
$X_э$	- глубина n-области (эмиттер) (см)	1.09E-4
X_K	- глубина p-области (активная база) (см)	2.42E-4
$W_{эп}$	- толщина эпитаксиальной пленки (см)	5E-4
$N_{дп}$	- поверхностная концентрация в эмиттере (см E-3)	1E20
$N_{ап}$	- поверхностная концентрация в базе (см E-3)	4E16
$N_{эп}$	- концентрация в эпитаксиальной пленке (см E-3)	2E15
T_c	- температура окружающей среды (Кельвин)	300

Выходные параметры

Поверхностные сопротивления в Ом/кв, удельные ёмкости переходов в Ф/см ²							
	R _{пов.э} 1.27E +01	R _{пов.п.б.} 3.37E +03	R _{пов.а.б.} 9.33E +03	R _{пов.п.кол.} 3.12E +03	C _{обэ} 3.87E -08	C _{обк} 8.33E -09	
	B _{ст} U _{эбпроб}	R _б U _{кэо}	R _к U _{кбпроб}	TF(TAV3) TAV1	C _{бэ} TAV2	C _{бк} TAV4	F _т -
0.00E+00	1.00E +02	2.45E +03	3.03E +02	1.42E -11	3.11E -13	1.24E -13	1.85E +07
	2.44E +01	4.95E +01	2.30E +02	8.09E -09	1.50E -10	3.42E -10	

Диффузия легирующей примесей и термическое окисление кремния в технологии п/п интегральных микросхем.

В подавляющем большинстве случаев легирующая примесь вводится в монокристаллический кремний с целью изменения типа проводимости и образования р-п перехода на определённой глубине. Изменение типа проводимости имеет место в случае, если максимальная концентрация введённой примеси превышает концентрацию исходную ($N_{исх}$). Образование р-п перехода происходит на глубине X_p , где концентрация введённой примеси оказывается равной исходной.

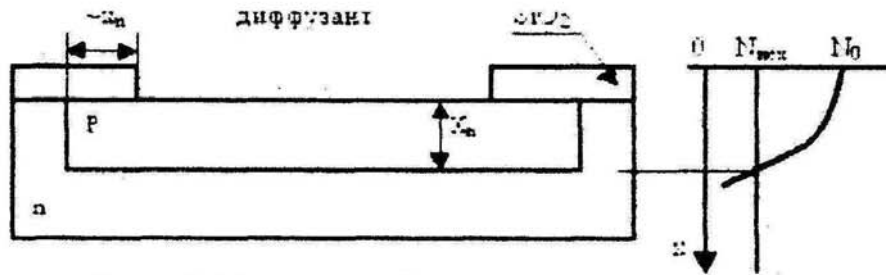


Рис. 6. Принцип образования р-п-перехода.

При термической диффузии (рис. 6) максимальная концентрация примеси всегда на поверхности (N_0) и монотонно убывает с глубиной.

Факторы, определяющие скорость процесса диффузии

Как известно, диффузия атомов или молекул в любой среде (газовой, жидкой, твердой) описывается следующим уравнением (1-е уравнение диффузии):

$$|0\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{q}} \sum_{\alpha=0}^{q-1} |\alpha\rangle. \quad (1)$$

J - плотность потока частиц, $\text{см}^{-2} \times \text{с}^{-1}$;

X - глубина проникновения частиц в направлении X , см,

N - концентрация частиц (атомов примеси). см^{-3} .

Таким образом, множитель $\square N / \square X$ представляет собой градиент концентрации примеси [см^{-4}] в направлении X , а коэффициент пропорциональности D [$\text{см}^{-2} \times \text{с}^{-1}$] - коэффициент диффузии. С повышением температуры процесса коэффициент диффузии быстро (экспоненциально) возрастает, т.к. возрастает энергия атомов легирующей примеси. В плотной структуре оксидной маски (SiO_2) коэффициент диффузии существенно меньше, за счёт чего и обеспечивается избирательность легирования. При высокой температуре процесса (порядка 1000°C) атомы как исходной, так и вводимой примеси ионизированы и образуют электрическое поле, всегда ускоряющее процесс диффузии.

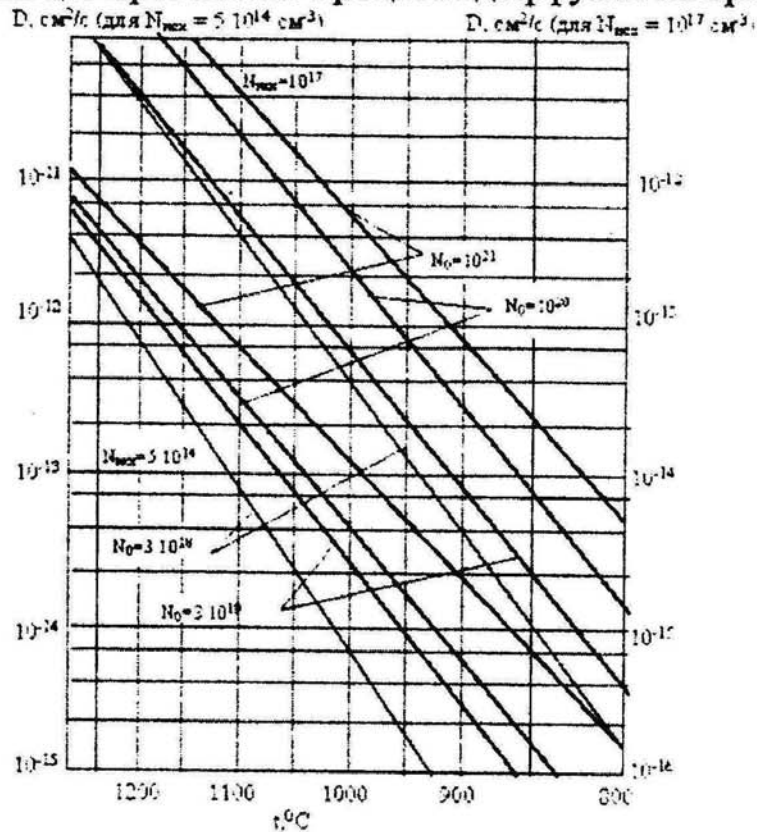
Функция распределения концентрации примеси по глубине.

Концентрация введённой примеси с глубиной меняется непрерывно, что описывается дифференциальным уравнением {уравнением непрерывности):

$$\frac{1}{\sqrt{q}} \sum_{\alpha=0}^{q-1} |\alpha; 0\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{q}} \sum_{\alpha=0}^{q-1} |\alpha; f(\alpha)\rangle, \quad (2)$$

Из уравнения следует, что в элементарном объёме кристалла толщиной $\square X$ и площадью в 1 см^2 за время $\square t$ происходит накопление примеси ($\square N > 0$), если плотность потока убывает ($\square J < 0$), и наоборот.

Решая совместно уравнения (1) и (2) можно получить 2-е уравнение диффузии, отражающее протекание процесса диффузии во времени:



Температурная зависимость коэффициента диффузии фосфора и бора в кремний.
 $N_{исх}$ и N_0 - исходная и поверхностная концентрации примеси, см.

$$\frac{\partial N}{\partial t} = D \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} \quad (3)$$

Решение уравнения (3) при определённых граничных условиях представляет собой функцию распределения $N(x)$.

На практике используются два варианта проведения процесса: диффузия из постоянного внешнего источника и диффузия из конечного поверхностного источника.

Диффузия из постоянного внешнего источника (одностадийный процесс).

В этом случае внешний (вне рабочей камеры) источник постоянно поставляет к поверхности пластин-заготовок примесь в газообразном состоянии, причём её расход отрегулирован так, что на поверхности пластины поддерживается постоянная концентрация N_0 . хотя примесь при этом поступает вглубь кристалла. Процесс выполняют до тех пор, пока р-п-переход не окажется на заданной глубине.

При $N_0 = \text{const}$ решение уравнения (3) приводит к функции:

$$N = N_0 \cdot \text{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}}\right) \quad (4)$$

где $\text{erfc}V = 1 - \text{erf}V$ - дополнение функции ошибок $\text{erf}V$ (до единицы), которое приведено в таблице 1.

Поскольку в данном случае может быть создана и выдержана до конца процесса предельно высокая концентрация на поверхности кристалла, этот одностадийный процесс рекомендуется для областей n^+ и p^+ (эмиттерные области в биполярных транзисторах, истоки и стоки МДП-транзисторов).

Диффузия из конечного поверхностного источника (вторая стадия двухстадийного процесса).

В этом случае поверхность кристалла содержит определённое количество примеси на единицу площади, и процесс сводится к перераспределению (разгонке) её по глубине до тех пор, пока р-п-переход не углубится на заданную величину X_n . Таким образом, количество примеси, введённое предварительно в поверхностный слой, или доза легирования Q [см⁻²] сохраняется постоянной до конца процесса разгонки.

При $Q = \text{const}$ решение уравнения (3) приводит к функции:

$$N = \frac{Q}{\sqrt{\pi \cdot D_p \cdot t_p}} \cdot e^{-\left(\frac{x}{2\sqrt{D_p \cdot t_p}}\right)^2} \quad (5)$$

где D_p и t_p - коэффициент диффузии и время процесса разгонки. При отсутствии внешнего источника примеси разгонка происходит при непрерывном уменьшении концентрации примеси на поверхности.

Концентрация примеси на поверхности постепенно убывает, р-п-переход углубляется, а доза легирования Q , характеризуемая площадью под кривой распределения, остаётся неизменной.

Необходимая доза легирования Q обеспечивается на первой стадии процесса (загонка примеси) с постоянным внешним источником примеси:

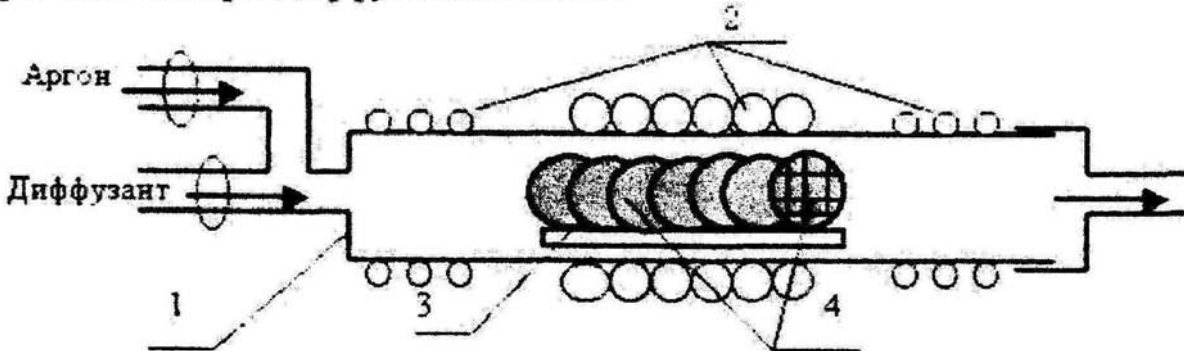
$$Q = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot N_{03} \cdot \sqrt{D_3 \cdot t_3} \quad (6)$$

где D_3 и t_3 - коэффициент диффузии и время процесса загонки; N_{03} - концентрация примеси, поддерживаемая на поверхности пластины в течение процесса загонки.

Двухстадийный процесс рекомендуется для областей с умеренной концентрацией примеси на поверхности и относительно глубоких (базовые области биполярных транзисторов, изолирующие "карманы" в КМДП-структурах). По-прежнему разработчиком структуры должны быть заданы параметры X_n , N_0 и $N_{исх}$, которыми должен обладать слой после второй стадии. Двухстадийный процесс позволяет осуществлять контроль результатов после первой стадии и корректировать режим второй стадии.

Рабочая камера диффузионной печи.

Схема рабочей камеры диффузионной печи



Собственно камера представляет собой кварцевую (или керамическую) трубу 1, снабжённую резистивными нагревателями (2-3 секции с независимым регулированием температуры). Крайние секции поддерживают малый градиент температуры, обеспечивающий средней секции рабочую температуру до 1250°C с

керамическом) держателе 3 располагаются обрабатываемые пластины 4, имеющие на рабочей поверхности оксидную маску. При выполнении загонки примеси или одностадийного процесса диффузии в камеру из внешнего источника непрерывно подаётся диффузант, представляющий смесь легирующей примеси (акцептор бор или донор фосфор) с транспортирующим газом (аргон).

При разгонке примеси в двухстадийном процессе в камеру непрерывно подаётся только аргон, поддерживающий чистоту рабочей зоны. Побочные продукты процесса на выходе собираются специальными сборниками.

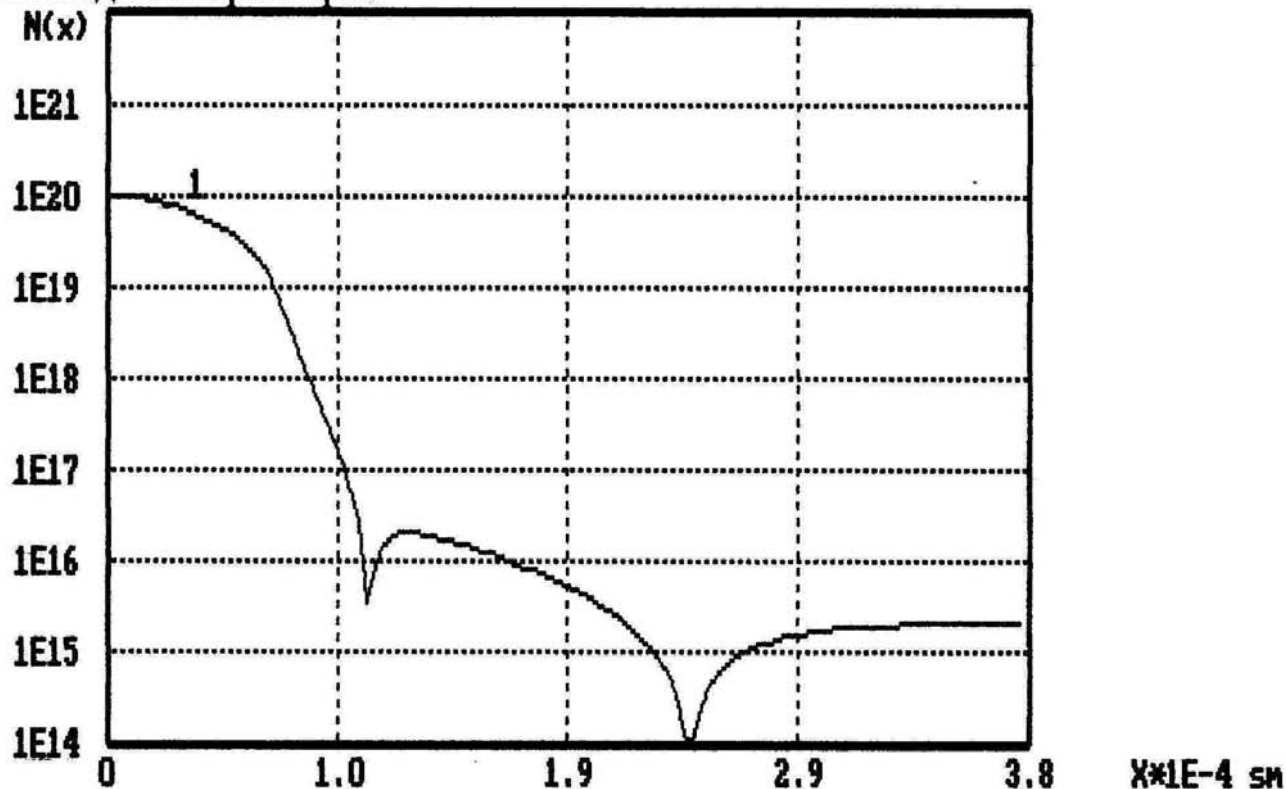
Расчет режимов термической диффузии.

Вследствие того, что функции распределения носят приближённый характер, а коэффициент диффузии непостоянен по глубине кристалла, изложенная ниже методика расчёта режимов даёт лишь ориентировочное значение времени ведения процесса. По результатам контроля опытных образцов это время корректируется.

Входные параметры:

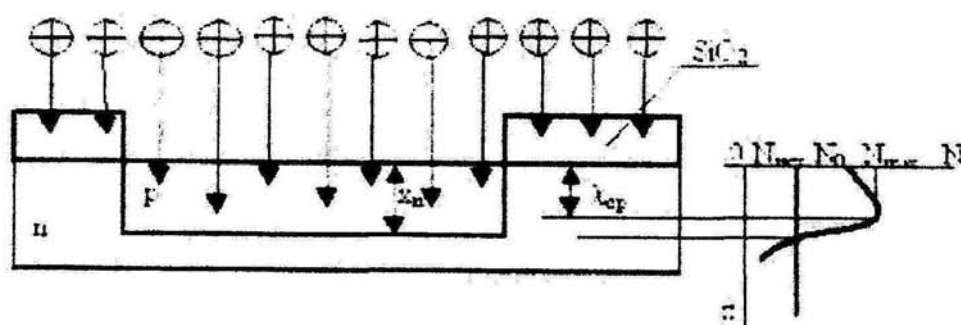
$t_{z \min}$ – время «загонки» акцепторов (бора)(сек)	900
$t_{z \max}$ – время «загонки» акцепторов (бора)(сек)	1300
t_p – время «разгонки» акцепторов (бора)(сек)	3000
t_d – время диффузии доноров (фосфора)(сек)	3600
T_z – температура «загонки» (К)	1195
T_p – температура «разгонки» (К)	1480
T_d – температура диффузии доноров (К)	1332
N_{ds} – поверхностная концентрация доноров (см E-3)	1E20
N_{as} – поверхностная концентрация акцепторов (см E-3)	1E19
N_{dk} – поверх. концентрация доноров в коллекторе (см E-3)	2E15
P – давление паров или газа при окислении (Па)	2E5
Признак среды («0» - сухой кислород, «1» - влажный)	0
dx – шаг изменения глубины (см)	2E-5

Выходные параметры:



Ионное легирование в технологии полупроводниковых интегральных микросхем.

При ионной имплантации атомы легирующей примеси ионизируют в сильном электрическом поле и облучают потоком ионов поверхность пластины с подготовленной заранее оксидной маской. Имея при подлёте к поверхности одинаковую энергию, ионы при вхождении в кремний испытывают многократные столкновения с ядрами и кулоновское взаимодействие с электронами атомов кремния. Это приводит к постепенному торможению ионов вплоть до полной остановки. Путь, пройденный отдельным ионом в кристалле кремния (длина пробега), является величиной случайной и для совокупности ионов, внедрённых в кристалл, оценивается средним значением пробегов $\lambda_{\text{ср}}$.



Принцип легирования ионной имплантацией.

Разброс отдельных пробегов относительно среднего значения оценивается средним квадратическим отклонением λ .

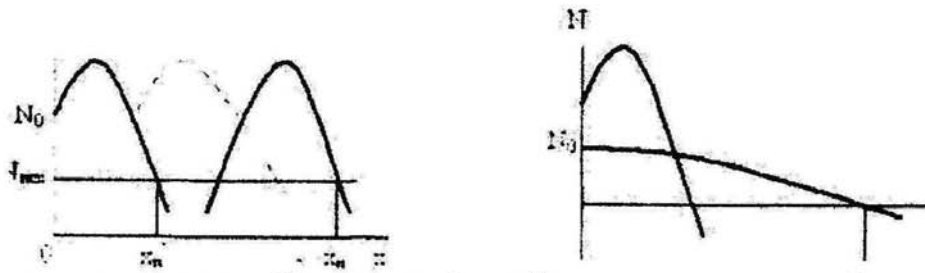
Параметры распределения пробегов $\lambda_{\text{ср}}$ и λ зависят от энергии ионов E , а также от эффективного диаметра атома примеси (иначе говоря от порядкового номера z в периодической системе элементов). Чем выше E и меньше z , тем больше $\lambda_{\text{ср}}$ и λ (таблица 2).

В материале оксидной маски (SiO_2), имеющей более плотную структуру по сравнению с кремнием, имеет место более сильное торможение ионов, благодаря чему лишь незначительное количество ионов пронизывает маску и внедряются в кремний. За счёт этого достигается избирательность легирования. При энергиях десятки и сотни килоэлектронвольт ион способен при столкновении с ядрами кремния вызывать массовые смещения атомов в междоузлия решётки. В результате нарушения структуры монокристалла большое количество внедрённой примеси оказывается пассивной, неспособной создавать подвижные носители заряда, а активная часть примеси создаёт носители с низкой подвижностью. Для восстановления нарушенного слоя и перевода всей внедрённой примеси в активное состояние прибегают к отжигу поверхностного слоя путём облучения коротким (порядка 1 мс) и мощным импульсом инфракрасного излучения.

Преимущества ионной имплантации по сравнению с термической диффузией примеси сводятся к следующему:

1. Процесс не требует нагрева пластин и, следовательно, не приводит к изменению параметров ранее сформированных слоев (за счёт диффузионной разгонки).
2. Так как ионный пучок перпендикулярен к пластине, размеры легированной области точно соответствуют размерам окна в оксидной маске.
3. Количество введённой примеси точно дозируется (контролируется в про-

Недостатком процесса ионной имплантации является то, что при постоянной энергии ионов невозможно получить глубоко залегающий переход с одновременным присутствием примеси на поверхности. В связи с этим на практике прибегают к одному из двух вариантов :



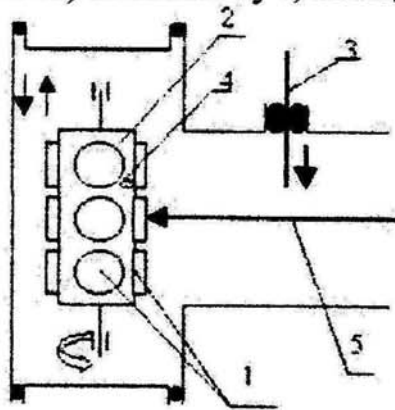
. Формирование глубоких профилей: а - ступенчатый процесс; б - комбинирование имплантационной загонки с диффузионной разгонкой

1. Ступенчатый процесс. Непрерывное и глубокое распределение примеси от поверхности до перехода обеспечивается несколькими ступенями легирования при различных энергиях, причём первый (глубокий) профиль обеспечивает заданную глубину залегания р-п-перехода X_n , а последний (у поверхности) - необходимую поверхностную концентрацию N_0 (рис. 12,а).

2. Комбинированный процесс. Имплантационная загонка примеси при низкой энергии обеспечивает необходимую дозу легирования Q и присутствие примеси на поверхности, а диффузионная разгонка - заданную глубину залегания р-п-перехода X_n .

Рабочая камера установки ионной имплантации.

Установка ионной имплантации представляет собой вакуумную камеру, состоящую из ряда блоков, последовательно состыкованных с помощью уплотнений из вакуумной резины. Из источника примесь в парообразном или газообразном виде попадает в разрядный блок (ионизатор), из которого отрицательным потенциалом в 20...25 кВ ионы вытягиваются в магнитный сепаратор (масс-анализатор). Здесь в постоянном магнитном поле происходит разделение траекторий ионов с различным электрическим зарядом так, что в следующий блок проходит моноэнергетический поток ионов (с расчётным значением π). В этом блоке с помощью системы электродов ионному пучку придаётся плоская (ленточная) форма и в следующем блоке (ускорителе) ионы разгоняются до необходимой энергии. В рабочую камеру, таким образом, проходит плоский (ленточный) ионный луч, неподвижный в пространстве.



Облучаемые пластины 1, несущие оксидную маску, размещаются по периферии держателя (контейнера) 2 в несколько ярусов. В процессе облучения пластин неподвижным ленточным лучом 5 контейнер вращается и совершает возвратно-поступательное движение. Пластины, таким образом, постепенно набирают необходимую дозу легирования. Между пластинами располагаются датчики 4, принимающие ту же дозу заряда, что и пластины. По достижении необходимой дозы системой контроля вырабатывается сигнал, отключающий ионный луч.

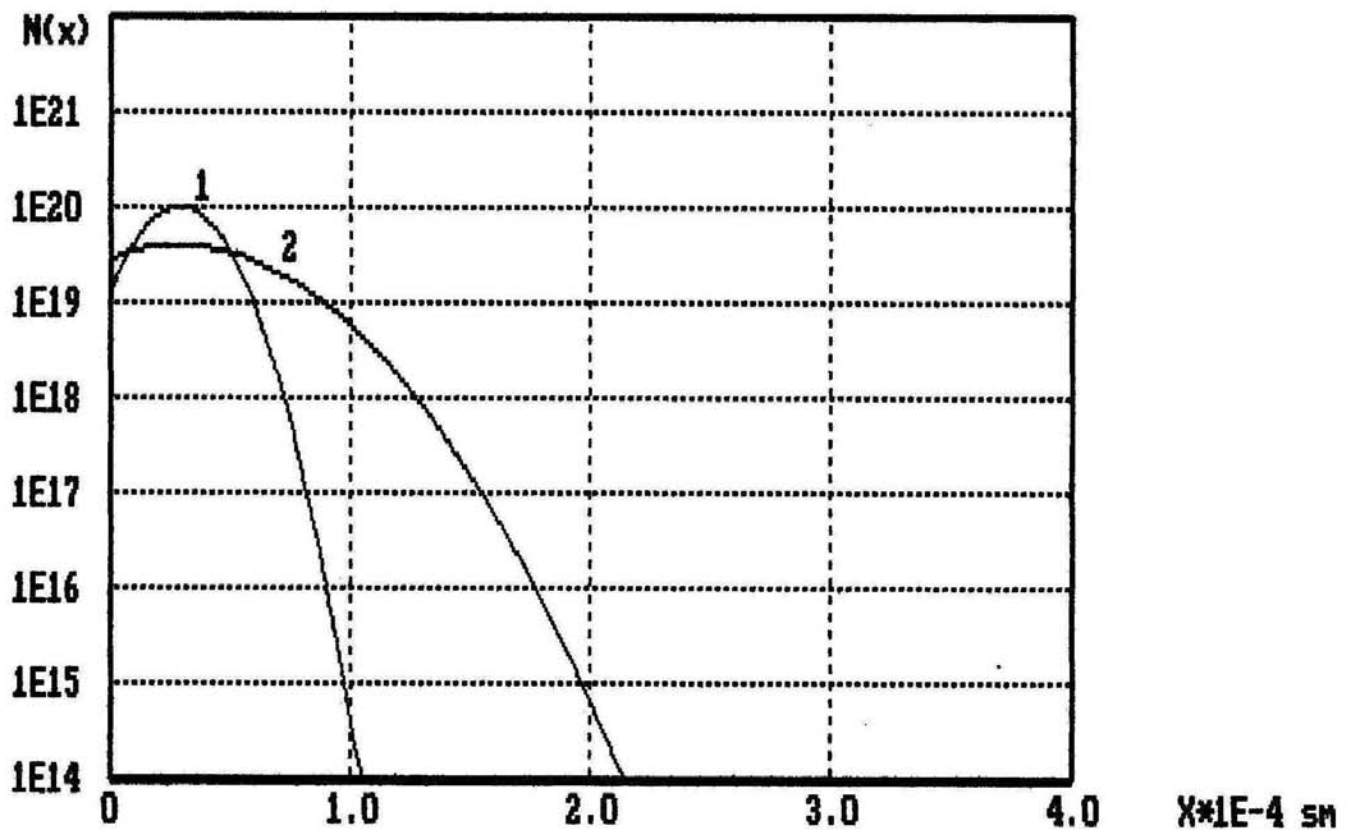
Рис. 13 Схема рабочей камеры

Перед выгрузкой контейнера с обработанными пластинами вакуумный затвор 3 отсекает рабочую камеру *установки ионной имплантации* от остального объема установки, камеру открывают и производят замену контейнера с пластинами. После закрытия камеры и открывания затвора вакуумные насосы восстанавливают рабочее давление (примерно 10^{-4} Па) в объеме установки и начинается следующий цикл обработки.

Входные параметры:

E_{\min} – энергия «загонки» ионов (кЭв)	225
E_{\max} – энергия «загонки» ионов (кЭв)	260
N_0 – доза «загонки» ($\text{мкКл}/\text{см}^2$)	3.5E15
T_p – температура «разгонки» (К)	1400
t_p – время разгонки (сек)	3000
n – количество значений в диапазоне [min ... max]	1
$d_{\text{ок}}$ – толщина окисной пленки (см)	0
X_{\max} – наибольшая глубина просматриваемого профиля Si (см)	4E-4

Выходные параметры:



Заключение

Целью данной курсовой работы было получения навыков автоматизированного проектирования интегральных микросхем, изучения программного обеспечения проектирования, возможность произвести анализ схемы для получения заданных значений параметров.

В ходе выполнения данной работы было изучено влияние параметров элементов схемы на режим работы и выходные параметры транзисторного усилителя; исследованы параметры биполярного транзистора, изучены процессы диффузии легирующих примесей, термического окисления кремния, ионное легирование в технологии производства полупроводниковых Интегральных микросхем.

Для транзисторного усилителя был получен заданный коэффициент усиления ($K_u=80$) в полосе частот 1Гц – 100КГц. Также был произведен расчет транзистора для заданного усилителя (найжены необходимые поверхностные концентрации носителей в эмиттере и базе, глубины пир областей, длина и ширина эмиттера) Для операций ионного легирования, диффузии легирующей примеси и термического окисления кремния были определены необходимые условия технологического процесса производства (время и температура «загонки» и «разгонки», доза, давление паров и параметры среды).

Заданные величины полностью соответствуют величинам полученным в расчёте.

Следует так же отметить, что расчёты приведенные в данном курсовом проекте являются приближёнными, так как для более точных расчётов необходимы более мощные средства автоматического проектирования.

Литература

1. Курносков А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем : Учеб. пособие .-М :Высшая школа , 1986, -286 с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники, в 2-х томах. Пер. с англ. - М: Мир. 1983.-т. 1. 598 с: ил.
3. Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. - М.: Мир, 2001. - 379 с, ил.
4. Угрюмов Е.П. Цифровая Схемотехника. - СПб.: БХВ-Петербург. 2001.-528 с: ил.
5. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов/ Н.М.Тягунов, Б.А.Глебов, Н.А.Чарыков; Под ред. В.А.Лабунцова. - М. Энерго издат, 1990. - 576 с: ил
6. Конспект лекций по предмету ПриСАПРИС доцент Будник А.В.