

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет»

Кафедра полупроводниковой электроники  
и нанoeлектроники

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению контрольных работ  
по дисциплине  
«Материалы электронной техники»  
для студентов направления 210100.62  
«Электроника и нанoeлектроника»,  
профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника»  
заочной формы обучения

Воронеж 2014

Составитель канд. техн. наук Е.П. Новокрещенова

УДК 621.382

Методические указания к выполнению контрольных работ по дисциплине «Материалы электронной техники» для студентов направления 210100.62 «Электроника и наноэлектроника», профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника» заочной формы обучения / ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Е.П. Новокрещенова. Воронеж, 2014. 29 с.

Методические указания содержат общие положения о порядке выполнения контрольных работ по дисциплине «Материалы электронной техники» для студентов направления 210100.62, варианты вопросов и задач контрольных работ. Приведен библиографический список.

Методические указания предназначены для студентов второго курса заочной формы обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MSWORD 2007 и содержатся в файле Контр.зо МЭТ.docx.

Табл. 27. Библиогр.: 5 назв.

Рецензент канд. физ.-мат. наук, доц. Е.П. Николаева

Ответственный за выпуск зав. кафедрой  
д-р физ.-мат. наук, проф. С.И. Рембеза

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

© ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014

## 1. ВЫБОР ВАРИАНТОВ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Контрольные вопросы и задачи составлены согласно рабочей программе по курсу «Материалы электронной техники», составленной в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению 210100.62 «Электроника и микроэлектроника».

Контрольная работа включает в себя ответы на теоретические вопросы и решения задач. Студенты выбирают вопросы и задачи по номеру варианта, соответствующему двум последним цифрам шифра студента (в некоторых задачах – по последней цифре). **Шифром является номер зачетной книжки студента.**

Ко всем теоретическим вопросам даются ссылки на учебную литературу с указанием соответствующих страниц. Задачи снабжены методическими указаниями, в которых приведены основные формулы и ссылки на литературные источники, изучение которых требуется для решения.

Контрольная работа выполняется в отдельной тетради, на обложке которой указывается название дисциплины, фамилия, имя, отчество студента, учебный шифр, номер группы, домашний адрес, номера теоретических вопросов и решаемых задач.

Решения задач сопровождаются краткими пояснениями с указанием формул, численными расчетами результатов с приведением размерностей определяемых величин, в конце приводится ответ. При необходимости решение сопровождается поясняющими рисунками.

## 2.ВОПРОСЫ

Таблица 1

Номерварианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	1	<p>1. Виды химической связи. Влияние типа химической связи на свойства кристаллов. [1, С. 9 – 14; 2, С. 62 – 70; 3, С. 83 – 88, 99 – 114; 5, С. 5 – 9].</p> <p>2. Что называется вырожденной эвтектикой? [2, С. 160; 4, С.119 – 120; 5, С. 65].</p> <p>3. Диаграммы состояния с инконгруэнтно-плавящимся химическим соединением [2, С. 167 – 169; 5, С. 70 – 72].</p> <p>4. Почему металлические сплавы обладают более высоким сопротивлением, чем чистые компоненты, образующие сплав? [1, С. 42 – 43; 3, С. 297]</p> <p>5. Классификация полупроводниковых материалов [1, С. 133 – 135; 5, С. 93 – 95].</p> <p>6. Какие типы кристаллических структур имеют соединения типа <math>A^4B^6</math> [1, С. 13, 178, 2, С. 63; 4, С. 90, 96,100; 5, С. 153].</p> <p>7. Почему ZnS, CdS, HgS имеют проводимость только n- типа? [1, С. 174 – 176; 5, С. 148 – 150]</p>

Таблица 2

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	2	<p>1. Основные типы кристаллических решеток [1, С. 15 – 16; 2, С. 63, 83, 98, 220; 3, С. 16 – 18, 41 – 48; 4, С. 85 – 93; 5, С. 18 – 31].</p> <p>2. В чем заключается эвтектическое превращение? [2, С. 155 – 158; 5, С. 60 – 65]</p> <p>3. Как связан период решетки твердого раствора с его концентрацией? [1, С. 169; 4, С. 162; 5, С. 60].</p> <p>4. Особенности свойств палладия и его использование в электронной технике [1, С. 82].</p> <p>5. Основные параметры полупроводниковых материалов и связь между ними [1, С. 91 – 106; 5, С. 78 – 93].</p> <p>6. Поликремний и его применение [1, С. 154 – 155; 5, С. 120 – 121].</p> <p>7. Указать примеси, являющиеся донорами в HgTe: Ge, Ga, Cl, Zn, As, Cu [1, С. 174; 5, С. 130 – 131, 146].</p>

Таблица 3

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	3	<p>1. Классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам [1, С. 7 -9; 5, С. 40 – 43].</p> <p>2. Диаграммы состояния с конгруэнтно-плавящимся химическим соединением [2, С. 167; 4, С. 121 – 122, 124 – 125; 5, С. 67 – 70].</p> <p>3. Если при взаимодействии двух компонентов в твердом состоянии сохраняется тип кристаллической решетки одного из них, но с другим периодом решетки, то это является признаком образования (выбрать правильный ответ): эвтектики, химического соединения, твердого раствора [2, С. 115; 5, С. 47].</p> <p>4. Что характеризует отношение удельных сопротивлений металла при температурах 300 и 4,2 К? [1, С. 41]</p> <p>5. Кристаллическая структура, химическая связь, электрические свойства и поведение примесей в полупроводниковых материалах [1, С. 133 – 179; 2, С. 63, 94 – 98, 220 – 221, 344 - 347; 5, С. 95 – 131].</p> <p>6. Почему при одинаковой степени легирования удельное сопротивление p-Ге больше, чем у n-Ge? [1, С. 139 – 140; 5, С. 99, 103]</p> <p>7. Указать примеси, являющиеся донорами в CdTe: Ge, Ga, Cl, Zn, Cu, As [1, С. 174; 5, С. 130 – 131, 146].</p>

Таблица 4

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	4	<p>1. Основные типы кристаллических структур полупроводниковых материалов [1, С. 159; 2, С. 63, 98, 220; 3, С. 46 – 47; 4, С. 89 – 92, 100; 5, С. 26 - 30, 33].</p> <p>2. Что называется твердым раствором вычитания? [2, С. 116 – 117; 5, С. 47 – 48].</p> <p>3. Диаграммы состояния с перитектическим превращением [2, С. 164 – 166; 5, С. 66 – 67].</p> <p>4. Почему удельное сопротивление металлов растет при нагревании? [1, С. 35 – 38; 3, С. 297, 302]</p> <p>5. Эпитаксия пленок кремния из газовой фазы [1, С. 151 – 152; 5, С. 116 – 117].</p> <p>6. Как изменяется концентрация носителей заряда с ростом температуры на участке примесной проводимости в полупроводниковом материале ?[1, С. 98 – 99; 3, С. 115; 5, С. 85 – 86]</p> <p>7. Указать примеси, являющиеся акцепторами в CdTe: Ga, Ge, Cl, Zn, AS, Cu, [1, С. 174; 5, С. 130 – 131, 146].</p>

Таблица 5

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	5	<p>1. Какие из кристаллических решеток имеют максимальную плотность упаковки? [3, С. 48 – 50; 4, С. 98 – 99; 5, С. 31 – 32]</p> <p>2. Типы твердых растворов [2, С. 115 – 117; 5, С. 47 – 48].</p> <p>3. Диаграммы состояния с эвтектическим превращением [2, С. 155 – 164; 4, С. 118 – 123; 5, С. 60 – 65].</p> <p>4. Правило Маттисена [1, С. 39; 3, С. 297].</p> <p>5. Зонная плавка германия [1, С. 142; 5, С. 104 – 106].</p> <p>6. Закономерности изменения электрофизических свойств при переходе от элементарных полупроводников группы <math>A^4</math> к соединениям типа <math>A^3B^5</math> и <math>A^2B^6</math>: <math>A^4 \rightarrow A^3B^5 \rightarrow A^2B^6</math> [1, С. 161 – 162, 174; 5, С. 128 – 130].</p> <p>7. Указать примеси, являющиеся акцепторами в HgTe: As, Cu, Ga, Ge, Cl, Zn [1, С. 174; 5, С. 130 – 131, 146].</p>



Таблица 6

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	6	<p>1. Какие из перечисленных кристаллических решеток имеют минимальную плотность упаковки: ОЦК, простая кубическая, ГЦК, типа сфалерита, ГПУ, типа алмаза? [3, С.48 - 50; 4, С. 98 – 99; 5, С. 31 – 32]</p> <p>2. Условия полной взаимной растворимости компонентов при образовании твердых растворов [2, С. 131; 5, С. 55].</p> <p>3. Является ли эвтектика однофазной системой? [2, С. 157 – 158; 4, С. 119 – 120; 5, С. 63]</p> <p>4. Что такое контактол? Где он используется? [1, С. 87 – 88]</p> <p>5. Германий, физико-химические свойства, применение [1, С. 136 – 141, 144; 5, С. 95 104, 107 – 108].</p> <p>6. Почему многие полупроводниковые соединения типа <math>A^2B^6</math> имеют электропроводность только одного типа независимо от легирования? [1, С. 174 – 176; 5, С. 148 – 150]</p> <p>7. Какие типы кристаллических структур имеют соединения типа <math>A^3B^5</math>? [1, С. 159; 4, С. 100; 5, С. 136]</p>

Таблица 7

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	7	<p>1. Указать вещества, имеющие структуру алмаза: <math>\alpha</math>-Sn, GaAs, Au, Cu, Ge, InSb, ZnS, Si [3, С. 46 – 47; 4, С. 100; 5, С. 33].</p> <p>2. Коэффициент распределения примеси [1, С. 142; 2, С. 142 – 145; 5, С. 58 – 59].</p> <p>3. Диаграммы состояния с неограниченной растворимостью компонентов в твердой и жидкой фазах [2, С. 131 – 135; 4, С. 125 – 126; 5, С. 55 – 60].</p> <p>4. Для каких материалов применимо правило Маттисена: <math>\rho = \rho_T + \rho_{ост}</math>? [1, С. 39]</p> <p>5. Зонная плавка кремния [1, С. 150; 5, С. 115 – 116].</p> <p>6. Закономерности изменения электрофизических свойств полупроводниковых соединений типа <math>A^3B^5</math> при увеличении суммарного атомного номера компонентов [1, С. 161 – 162; 5, С. 128 – 129, 139].</p> <p>7. Указать примеси, являющиеся акцепторами в соединениях типа <math>A^2B^6</math>: As, In, F, Cd, Te, Au [1, С. 174; 5, С. 146].</p>

Таблица 8

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	8	<p>1. Указать вещества, имеющие структуру сфалерита: <math>\alpha</math>-Sn, GaAs, Au, Cu, Ge, InSb, ZnSe, Si, CdSe [1, С. 159, 173; 3, С. 45 – 46; 4, С. 100; 5, С. 33].</p> <p>2. Правило рычага (отрезков) [2, С. 131; 5, С. 53].</p> <p>3. Что называется эвтектикой? [2, С. 157 – 158; 4, с. 120; 5, С. 63]</p> <p>4. Металлы и сплавы для термопар. Виды термопар [1, С. 73 – 74].</p> <p>5. 6. Закономерности изменения электрофизических свойств полупроводниковых соединений типа <math>A^2B^6</math> при увеличении суммарного атомного номера компонентов [1, С. 173 – 174; 5, С. 128 – 129, 146].</p> <p>6. Как удельное сопротивление кремния зависит от концентрации легирующей примеси? [1, С. 140; 5, С. 102 – 103]</p> <p>7. Указать, какому типу решетки соответствует определение: две ГЦК-решетки, одна – из атомов одного элемента, другая – из атомов другого элемента, вставленные друг в друга и сдвинутые на половину периода решетки [3, С. 45 – 46; 4, С. 89 – 90; 5, С. 27 – 28].</p>

Таблица 9

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	9	<p>1. Указать вещества, имеющие структуру вюрцита: <math>\alpha</math>-Sn, GaAs, Au, Cu, Ge, InSb, ZnSe, Si, CdSe [1, С. 159, 173; 3, С. 46; 4, С. 92, 100; 5, С. 33].</p> <p>2. Закон Вегарда[1,С. 169; 4, С.162; 5, С. 60].</p> <p>3. В чем заключается перитектическое превращение? [2, С. 164 – 165; 5, С. 66].</p> <p>4. Влияние примесей и структурных дефектов на удельное сопротивление металлов [1, С. 39 – 42; 3, С. 297].</p> <p>5. Почему при одинаковой степени легирования удельное сопротивление образцов p-Si , больше, чем у n-Si? [1, С. 139 – 140, 148; 5, С. 99, 102 – 103]</p> <p>6. Как изменяются ширина запрещенной зоны и подвижность носителей заряда в соединениях типа <math>A^3B^5</math> с увеличением суммарного атомного номера компонентов? [1, С. 161 – 162; 5, С. 128 – 129, 139]</p> <p>7. Почему CdSeимеет проводимость только n-типа? [1, С. 174 – 176; 5, С. 148 – 149]</p>

Таблица 10

Номерва- рианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0 2 4 6 8	0	<p>1. Какие из перечисленных структур имеют одинаковое строение первой координационной сферы: типа сфалерита, ГЦК, типа алмаза, типа NaCl, типа флюорита, типа вюрцита, ОЦК? [1, С. 134; 3, С. 43 – 48; 4, С. 85 – 92; 5, С. 26 – 32]</p> <p>2. Из каких фаз состоит эвтектика в случае эвтектической диаграммы с твердыми растворами? [2, С. 156 – 159; 4, С. 122 – 123; 5, С. 65]</p> <p>3. Если при взаимодействии двух компонентов в твердом состоянии образуется новый тип кристаллической решетки, отличный от решеток компонентов, то это является признаком образования (выбрать правильный ответ): эвтектики, химического соединения, твердого раствора [2, С. 115; 5, С. 47].</p> <p>4. Классификация проводниковых материалов [1, С. 56 – 57].</p> <p>5. Si, физико-химические свойства, применение [1, С. 145, 146, 155, 156; 5, С. 110 – 113, 121 – 122]</p> <p>6. Как изменяются ширина запрещенной зоны и подвижность носителей заряда в соединениях типа <math>A^2B^6</math> с увеличением суммарного атомного номера компонентов? [1, С. 173, 174; 5, С. 128 – 129, 146]</p> <p>7. Почему ZnTe имеет проводимость только n-типа? [1, С. 174 – 176; 5, С. 148 – 149]</p>

Таблица 11

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	1	<p>1. Почему большинство элементов образуют с кремнием твердые растворы с очень ограниченной растворимостью? [2, С. 131; 5, С. 55]</p> <p>2. Как называется отрезок изотермы, заключенный внутри двухфазной области на диаграмме фазового равновесия? Что можно определить с его помощью? [2, С. 130 – 131; 5, С. 53]</p> <p>3. Сверхчистые металлы [1, С.41].</p> <p>4. SiC, физико-химические свойства, применение [1, С. 156 – 159; 5, С. 132 – 136].</p> <p>5. Указать, какому типу решетки соответствует определение: две гексагональные плотные упаковки (ГПУ), одна из атомов одного элемента, вторая – из атомов другого элемента, вставленные одна в другую таким образом, что нулевая точка второй ГПУ-решетки центрирует тетраэдр из атомов первой. [3, С. 46; 4, С. 92; 5, С. 30].</p> <p>6. Как изменяются ширина запрещенной зоны и подвижность носителей заряда в соединениях типа <math>A^4B^6</math> с увеличением суммарного атомного номера компонентов? [1, С. 178; 5, С. 154]</p> <p>7. Определить тип проводимости соединений <math>A^2B^6</math> при образовании вакансий в подрешетке катиона [1, С. 174 – 176; 5, С. 148 – 149].</p>

Таблица 12

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	2	<p>1. Какие однофазные системы могут быть образованы при взаимодействии двух компонентов в твердом состоянии? [2, С. 115; 5, С. 47].</p> <p>2. Какое соединение называется инконгруэнтно-плавящимся? [2, С. 167 – 169; 4, С. 122; 5, С. 67 – 71]</p> <p>3. Неметаллические проводниковые материалы [1, С. 86 – 89].</p> <p>4. Полупроводниковые соединения типа <math>A^3B^5</math>. Кристаллическая структура, химическая связь, физико-химические свойства [1, С. 159 – 162; 5, С. 136 - 140].</p> <p>5. Какие типы кристаллических структур имеют соединения типа <math>A^2B^6</math>? [1, С. 173; 4, С. 90, 92, 100; 5, С. 145]</p> <p>6. Как удельное сопротивление Ge зависит от концентрации легирующей примеси? [1, С. 140; 5, С. 102]</p> <p>7. В чем отличие зонной плавки кремния и германия? [1, С. 142, 150; 5, С. 105 – 106, 115 – 116]</p>

Таблица 13

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	3	<p>1. Из каких фаз состоит эвтектика в случае эвтектической диаграммы без областей твердых растворов? [2, С. 160; 4, С. 119,120; 5, С. 65]</p> <p>2. Какое соединение называется конгруэнтно-плавящимся? [2, С. 167; 5, С. 67]</p> <p>3. Материалы высокой проводимости [1, С. 56 – 63; 4, С. 121 – 122].</p> <p>4. Полупроводниковые соединения типа <math>A^2B^6</math>. Кристаллическая структура, химическая связь, особенности свойств [1, С. 173 – 176; 5, С. 145 - 150].</p> <p>5. Как изменяется концентрация носителей заряда с ростом температуры в примесных полупроводниках на участке истощения примеси? [1, С. 99; 3, С. 315; 5, С. 87]</p> <p>6. Указать, какому типу решетки соответствует определение: две ГЦК-решетки, одна из атомов одного элемента, вторая – из атомов другого, вставленные одна в другую и сдвинутые на <math>\frac{1}{4}</math> пространственной диагонали [3, С. 45, 46; 4, С. 90; 5, С. 29].</p> <p>7. В чем преимущества использования твердых растворов на основе полупроводниковых химических соединений? [1, С. 169 – 173, 179, 180; 5, С. 156 – 158]</p>

Таблица 14



Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	4	<p>1. Как построить кривую охлаждения сплава, если известна его диаграмма состояния? [2, С. 133, 156; 5, С. 57, 58, 61 – 63]</p> <p>2. Если коэффициент распределения примеси <math>K &gt; 1</math>, то в какую фазу при кристаллизации отнесется примесь? [2, С. 142 – 144; 5, С. 58, 59]</p> <p>3. Что такое кермет? Где используется? [1, С. 88]</p> <p>4. Поведение примесей в полупроводниковых соединениях типа <math>A^3B^5</math>. Применение этих соединений. [1, С. 162 – 164? 167 – 168].</p> <p>5. Основные механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках [1, С. 101 – 104; 5, С. 88 – 90].</p> <p>6. Как меняется характер химической связи в ряду горизонтальных изоэлектронных аналогов при переходе от элементарных полупроводников <math>A^4</math> к соединениям <math>A^3B^5</math> и <math>A^2B^6</math>: <math>A^4 \rightarrow A^3B^5 \rightarrow A^2B^6</math> [1, С. 161 – 162, 174; 5, С. 128 – 130].</p> <p>7. Определить тип проводимости соединений типа <math>A^2B^6</math> при образовании вакансий в подрешетке аниона [1, С. 174 – 176; 5, С. 148 – 150].</p>

Таблица 15

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	5	<p>1. Почему большинство элементов образуют с Ge твердые растворы с очень ограниченной растворимостью? [2, С. 131; 5, С. 55]</p> <p>2. Если коэффициент распределения примеси <math>K &gt; 1</math>, то как изменяется температура плавления при введении примеси? [2, С. 142 – 144; 5, С. 58, 59]</p> <p>3. Какой состав называется эвтектическим? [2, С. 156 – 158; 4, С.119; 5, С. 62 – 64]</p> <p>4. Зависимость сопротивления ферромагнетиков от температуры [1, С. 83].</p> <p>5. Твердые растворы на основе соединений типа <math>A^3B^5</math> [1, С. 169 – 173; 5, С. 160 – 162].</p> <p>6. Как изменяется ширина запрещенной зоны в ряду горизонтальных изоэлектронных аналогов при переходе от элементарных полупроводников <math>A^4</math> к соединениям <math>A^3B^5</math> и <math>A^2B^6</math>: <math>A^4 \rightarrow A^3B^5 \rightarrow A^2B^6</math> [1, С. 161 – 162, 174; 5, С. 128 – 130]?</p> <p>7. Указать тип кристаллических структур соединений типа <math>A^3B^5</math> [1, С. 159; 4, С. 90, 100; 5, С. 136]</p>

Таблица 16

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	6	<p>1. Что называется конодой? Что можно определить с ее помощью? [2, С. 130, 131; 5, С. 53]</p> <p>2. Какие элементы имеют неограниченную растворимость в Si в твердом состоянии? Почему? [2, С. 131, 363; 5, С. 55, 158, 159]</p> <p>3. Если коэффициент распределения примеси <math>K &lt; 1</math>, то в какую фазу при кристаллизации отщепляется примесь? [2, С. 142 – 144; 5, С. 58, 59]</p> <p>4. Как используются силициды металлов в микроэлектронике? [2, С. 145]</p> <p>5. Примеси и дефекты структуры в полупроводниках типа <math>A^2B^6</math>. Кристаллическая структура этих соединений [1, С. 173 – 176; 5, С. 145 – 150].</p> <p>6. Как изменяется подвижность носителей заряда в ряду горизонтальных изоэлектронных аналогов при переходе от элементарных полупроводников <math>A^4</math> к соединениям <math>A^3B^5</math> и <math>A^2B^6</math>: <math>A^4 \rightarrow A^3B^5 \rightarrow A^2B^6</math> [1, С. 161 – 162, 174; 5, С. 128 – 130]?</p> <p>7. Может ли сопротивление полупроводников возрастать при нагревании? Пояснить почему [1, С. 105; 3, С. 316; 5, С. 91].</p>

Таблица 17

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	7	<p>1. Какие элементы имеют неограниченную растворимость в Ge в твердом состоянии? Почему? [2, С. 131, 363; 5, С. 55, 158, 159]</p> <p>2..Если коэффициент распределения примеси <math>K &lt; 1</math>, то как изменяется температура плавления при введении примеси [2, С. 142 – 144; 5, С. 58, 59].</p> <p>3. Какое превращение называется эвтектоидным? [2, С. 164; 5, С. 65]</p> <p>4. Почему ферромагнитные материалы обладают нелинейной температурной зависимостью удельного сопротивления <math>\rho(T)</math>? [1, С. 83]</p> <p>5. Роль нестехиометрических дефектов в соединениях типа <math>A^2B^6</math>[1, С.174 – 176; 5, С. 148 – 150].</p> <p>6. Как изменяется концентрация носителей заряда с ростом температуры в собственных полупроводниках? [1, С. 94; 3, С. 310; 5, С. 79]</p> <p>7. Как изменяется ширина запрещенной зоны в твердых растворах на основе полупроводниковых химических соединений в зависимости от состава? [1, С. 170; 5, С. 157]</p>

Таблица 18

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	8	<p>1. Чем отличается эвтектическое превращение от перитектического? [2, С.156, 157,164, 165; 5, С. 60 – 67]</p> <p>2. Что определяется правилом фаз Гиббса? [2, С. 121; 5, С. 51]</p> <p>3. Почему металлы обладают линейной температурной зависимостью удельного сопротивления <math>\rho(T)</math>? [1, С.35 -39; 3, С. 297, 302]</p> <p>4. Маркировка кремния [1, С.150; 5, С. 114]</p> <p>5. Дать определение кристаллической решетки типа алмаза [1, С. 13; 2, С. 98; 3, С. 47;4, С. 90; 5, С. 29].</p> <p>6. Какими характеристиками изовалентного твердого раствора замещения на основе двух полупроводниковых химических соединений можно управлять, изменяя его состав? [1, С.169 – 173; 5, С. 157 – 158]</p> <p>7. На чем основаны кристаллизационные методы очистки полупроводниковых материалов? [1, С.142; 5, С. 59, 105 – 106]</p>

Таблица 19

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	9	<p>1. Какое превращение называется перитектоидным? [2, С. 166; 5, С. 67]</p> <p>2. Что такое ликвидус и солидус? [ 2, С. 132; 4, С. 118; 5, С. 54 – 55]</p> <p>3. Использование хрома в микроэлектронике [1, С. 79]</p> <p>4. Маркировка Ge[1, С. 143, 144; 5, С. 107].</p> <p>5. От каких параметров зависит удельное сопротивление полупроводниковых материалов? [1, С. 101, 105; 5, С. 89 – 92]</p> <p>6. Как выращиваются монокристаллы Si? [1, С.149 – 151; 5, С. 113 – 116]</p> <p>7. Указать типы структур, характерные для полупроводниковых материалов: типа сфалерита, ГЦК, типа алмаза, типа NaCl, ОЦК. Типа вюрцита, простая кубическая, гексагональная плотноупакованная (ГПУ) [2, С. 63, 98, 220; 3, С. 45 – 47; 4, С. 120; 5, С.33].</p>

Таблица 20

Номер варианта		Вопросы
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1 3 5 7 9	0	<p>1. Что называется кривой растворимости? [2, С. 157; 5, С. 62]</p> <p>2. Диаграммы фазовых равновесий с образованием химических соединений [2, С. 166 – 170; 4, С. 121, 122, 124; 5, С. 67 – 72].</p> <p>3. Что такое адгезия? Какие материалы могут использоваться в качестве адгезионных подслоев? [1, С.79]</p> <p>4. Полупроводниковые соединения типа <math>A^4B^6</math>. Кристаллическая структура, химическая связь, физико-химические свойства и применение [1, С. 178 – 180; 4, С. 100; 5, С. 153 – 156].</p> <p>5. Как выращиваются монокристаллы германия? [1, С. 141 – 143; 5, С. 104 – 107]</p> <p>6. Почему рассеяние на ионизированных примесях слабо сказывается на подвижности носителей заряда в полупроводниках при повышенных температурах? [1, С. 102 – 104; 3, С. 314, 315; 5, С. 89 – 91]</p> <p>7. Что такое геттерирование? [2, С. 370]</p>

### 3. ЗАДАЧИ

**Задача 1.** Указать координационное число и число атомов, приходящихся на элементарную ячейку для решеток:

Таблица 21

Номер варианта	Решетка
Последняя цифра шифра	
1, 7	Типа алмаза
2, 8	Типа сфалерита
3, 9	ОЦК
4, 0	ГЦК
5	Простая кубическая
6	Типа NaCl

### Указания

Координационным числом называется число ближайших атомов, окружающих данный атом.

Число атомов  $Z$ , приходящихся на элементарную ячейку, можно рассчитать по формуле

$$Z = N_i + \frac{1}{2}N_f + \frac{1}{4}N_d + \frac{1}{8}N_a,$$

где  $N_i$  - число атомов внутри элементарной ячейки;  $N_f$  - число атомов на ее гранях;  $N_d$  - число атомов на ребрах;  $N_a$  - число атомов в вершинах ячейки.

Для решения задачи рекомендуется изобразить элементарную ячейку соответствующей кристаллической решетки и пояснить решение.

Основные типа кристаллических решеток приведены в [1 – 5].

**Задача 2а.** Записать индексы Миллера для



Таблица 22

Номер варианта		Задание
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
0, 2, 4, 6, 8	1	пространственных диагоналей куба
	2	диагоналей граней куба
	3	плоскостей, параллельных граням куба
	4	плоскостей, перпендикулярных пространственным диагоналям куба
	5	ребер куба
	6	плоскостей, перпендикулярных диагоналям граней куба
	7	плоскостей, перпендикулярных ребрам куба
	8	направлений от вершин куба к его центру
	9	совокупности эквивалентных плоскостей (семейств плоскостей)
	0	совокупности эквивалентных направлений (семейств направлений)

**Указания**

Определение индексов Миллера плоскостей и направлений в кристалле можно найти в [1 – 5].

**Задача 26.** Расшифровать обозначение:

Таблица 23

Номер варианта		Задание
Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра	
1, 3, 5, 7, 9	1	$[[121]]$
	2	$\{111\}$
	3	$\langle 111 \rangle$
	4	$[100]$
	5	$(100)$
	6	$\{110\}$
	7	$\langle 110 \rangle$
	8	$[111]$
	9	$(111)$
	0	$[[[\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}]]]$

**Указания**

Смотрите указание к задаче 2а.

**Задача 3.** Расшифруйте марку материала:

Таблица 24

Номер варианта	Марка
Последняя цифра шифра	
1	ГЭС 0,1
2	ГДГ 0,2
3	КДБ 0,01
4	КЭФ 0,5
5	КЭС 0,1
6	ГДА 0,3
7	ГЭМ 0,02
8	КЭМ 0,8
9	ГДБ 0,01
0	ГЭФ 0,03

### Указания

Маркировка элементарных полупроводниковых монокристаллов включает наименование полупроводника, тип проводимости, легирующую примесь и номинал удельного сопротивления [1, 5].

**Задача 4.** Даны две пластины полупроводниковых материалов приведенных маркировок. Какие параметры в этих

материалах будут отличаться (энергия активации примеси, ее концентрация, тип проводимости, плотность дислокаций, легирующие примеси, номинал удельного сопротивления , ширина запрещенной зоны)?

Таблица 25

Номер варианта	Марка
Последняя цифра шифра	
1	КДБ 1 и КДБ 10
2	КЭФ 1 и КДБ 1
3	ГДА 0,3 и ГДГ 0,2
4	ГДА 0,1 и ГДА 1
5	ГЭФ 0,2 и ГДГ 0,2
6	КЭФ 0,2 и ГЭФ 0,2
7	КДБ 1 и ГДБ 1
8	ГЭФ 0,1 и ГДГ 0,2
9	КЭФ 10 и КЭФ 1
0	ГДГ 0,1 и ГЭС 0,1

### Указания

При решении задачи проанализировать, от каких параметров зависит удельное сопротивление примесных элементарных полупроводников.

**Задача 5а.** Определить тип проводимости соединений типа  $A^3B^5$  при легировании элементами, находящимися в следующих группах таблицы Менделеева:

Таблица 26

Номер варианта	Номер группы
Последняя цифра шифра	
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6

### Указания

Атомы примеси встраиваются в решетку полупроводникового соединения таким образом, чтобы в решетке не образовывались центры с большим избыточным зарядом; поэтому атом примеси замещает тот атом компонента соединения, который ближе ему по валентности. Если число валентных электронов атома примеси меньше, чем у замещаемого атома, то примесь ведет себя как акцептор, если больше – то примесь будет донором. Если разница в валентностях примесного атома и атомов обоих компонентов соединения одинакова, то атомы примеси могут замещать оба компонента соединения, проявляя в одном случае донорные свойства, а в другом - акцепторные. Такое поведение примеси называется амфотерным.

Если атомы примеси имеют одинаковую валентность с одним из компонентов соединения, то они будут замещать атомы этого компонента, не изменяя электрической активности, то есть образуя нейтральные центры.

**Задача 5б.** Среди приведенных примесей в соединениях типа  $A^3B^5$  указать те, поведение которых:

Таблица 27

Номер варианта	Примеси	Характер поведения
Последняя цифра шифра		
6	Zn, Ge, As, Au, Te, Si	Амфотерное
7	Se, As, Te, Ga, Au, Zn	Донорное
8	In, Hg, S, Pt, Sb, Cd	Акцепторное
9	As, Si, Sb, Ga, Te, Cd	Образуют нейтральные центры (не изменяя типа проводимости)
0	P, Ge, In, Al, S, Hg	Образуют нейтральные центры (не изменяя типа проводимости)

**Указания**

Смотрите указания к задаче 5 а.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пасынков, В.В. Материалы электронной техники. / В.В. Пасынков, В.С.Сорокин. СПб.: Лань, 2004.
2. Горелик, С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. - М.: Металлургия, 1988. 574 с.
3. Павлов, П.В. Физика твердого тела / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов.- М.: Высш. шк., 2002 .- 494 с.
4. Ормонт, Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников / Б.Ф. Ормонт. - М.: Высш. шк., 1986.- 528 с.
5. Новокрещенова, Е.П. Введение в материаловедение полупроводников: учеб.пособие / Е.П. Новокрещенова. - Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2010. - 180 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к выполнению контрольных работ  
по дисциплине  
«Материалы электронной техники»  
для студентов направления 210100.62  
«Электроника и микроэлектроника»,  
профиля «Микроэлектроника и твердотельная электроника»  
заочной формы обучения

Составитель Новокрещенова Елена Павловна

В авторской редакции

Компьютерный набор Е.П.Новокрещеновой

Подписано к изданию 20.10.2014

Уч.-изд. л. 1,8

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный  
технический университет»  
394026 Воронеж, Московский просп., 14