

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет радиотехники и электроники

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан РЭФ

профессор, д.т.н. Хрусталева  
Владимир Александрович

“    ”    \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика полупроводниковых приборов

ООП: направление 210100.62 Электроника и микроэлектроника

Шифр по учебному плану: ЕН.Р.1

Факультет: радиотехники и электроники очная форма обучения

Курс: 4, семестр: 7

Лекции: 54

Практические работы: 18 Лабораторные работы: 18

Курсовой проект: 7 Курсовая работа: - РГЗ: -

Самостоятельная работа: 98

Экзамен: 7 Зачет: -

Всего: 206

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 550700 Электроника и микроэлектроника.(№ 21 тех/бак от 10.03.2000)

ЕН.Р.1, дисциплины национально- регионального (вузовского) компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Полупроводниковых приборов и микроэлектроники протокол № 4 от 24.05.2011

Программу разработал

доцент,

Калинин Сергей Васильевич

Заведующий кафедрой

, д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

Ответственный за основную образовательную программу

, д.ф.м.н.

Гайслер Владимир Анатольевич

профессор, д.т.н.

Макуха Владимир Карпович

профессор, д.т.н.

Харитонов Сергей Александрович

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

| Шифр дисциплины | Содержание учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Часы       |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ЕН.Р.1</b>   | Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, принципы действия и характеристики. | <b>206</b> |

## 2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

| Особенность (принцип)                                                             | Содержание                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности | Курс включен в число специальных дисциплин учебного плана подготовки бакалавра направления 210100 по решению Ученого совета факультета РЭФ №6 от 17 июня 2009                                        |
| Адресат курса                                                                     | Студенты 4 курса факультета радиотехники, электроники и физики по направлению 210100 "Электроника и микроэлектроника".                                                                               |
| Основная цель (цели) дисциплины                                                   | Углубленное изучение физических принципов работы полупроводниковых приборов и математических моделей явлений, происходящих в элементах интегральных полупроводниковых схем                           |
| Ядро дисциплины                                                                   | математическое описание физических процессов, происходящих в полупроводниковых приборах, принципы работы и особенности работы полупроводниковых элементов.                                           |
| Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы          | для успешного изучения курса студенту необходимо знать высшую математику, физику, элементы квантовой механики, физики твердого тела и физики полупроводников, твердотельную электронику.             |
| Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся                        | для успешного изучения курса студенту необходимо знать высшую математику, физику, элементы квантовой механики, физики твердого тела и физики полупроводников, твердотельную электронику.             |
| Особенности организации учебного процесса по дисциплине                           | Для организации самостоятельной работы используются методические указания к лабораторным работам, методические пособия по курсу и рабочие материалы для курсового проектирования в электронной форме |

### 3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

|                      |                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| иметь представление  |                                                                                                                                                                                                                               |
| 1                    | О современных принципах построения теоретических моделей физических процессов в полупроводниковых приборах                                                                                                                    |
| 2                    | о методах анализа, используемых в физике полупроводниковых приборов.                                                                                                                                                          |
| 3                    | о новейших методах экспериментальных исследований твердотельных приборов и структур.                                                                                                                                          |
| 4                    | о перспективных направлениях развития полупроводниковой элементной базы.                                                                                                                                                      |
| знать                |                                                                                                                                                                                                                               |
| 5                    | Понятийный аппарат (терминологию) дисциплины                                                                                                                                                                                  |
| 6                    | Особенности характеристик полупроводниковых элементов.                                                                                                                                                                        |
| 7                    | Методы расчета основных электрических параметров.                                                                                                                                                                             |
| 8                    | Типовые программные продукты, используемые для моделирования приборов твердотельной электроники.                                                                                                                              |
| уметь                |                                                                                                                                                                                                                               |
| 9                    | использовать основы теории полупроводников для постановки и решения задач описания процессов, происходящих в приборах.                                                                                                        |
| 10                   | выдвигать и проверять гипотезы, делать обоснованный выбор методов исследования свойств полупроводниковых приборов.                                                                                                            |
| 11                   | выбирать и использовать для расчета параметров исследуемого прибора конкретные методы, применять программное обеспечение для проектирования и определения электрических характеристик полупроводниковых приборов и устройств. |
| 12                   | прогнозировать изменение свойств элементов при изменении внешних условий и воздействии вредных факторов.                                                                                                                      |
| иметь опыт (владеть) |                                                                                                                                                                                                                               |
| 13                   | представлять результаты решения отдельных задач, в том числе результаты курсового проектирования в удобной для восприятия форме                                                                                               |
| 14                   | интерпретировать полученные результаты, критически оценивать результаты расчетов и эксперимента,                                                                                                                              |
|                      |                                                                                                                                                                                                                               |

### 4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

| (Модуль), дидактическая единица, тема                                                                                                                                                                               | Часы | Ссылки на цели |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------|
| Семестр: 7                                                                                                                                                                                                          |      |                |
| Дидактическая единица: Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные |      |                |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|
| транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, принципы действия и характеристики.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |  |
| Обзор истории развития и современного состояния физики полупроводниковых приборов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 2 |  |
| Модуль: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |   |  |
| Дидактическая единица: Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, принципы действия и характеристики.                                                                                                                                        |   |  |
| Физические свойства р-п-переходов. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Связь между зарядами и электрическими полями в полупроводниках. Потенциальный барьер и р-п-переход. Контактная разность потенциалов в р-п-переходе Ширина ОПЗ при произвольном распределении примесей. Зависимость ширины ОПЗ от внешнего напряжения. Емкость р-п-перехода.                                                                                                                       | 2 |  |
| Перенос зарядов через р-п-переход. Диффузионный и дрейфовый ток в полупроводниках. Инжекция и эффективность эмиттера. Генерационно-рекомбинационный ток в ОПЗ перехода. Высокий уровень инжекции. N <sup>+</sup> -p переход. Нестационарное распределение носителей заряда вблизи перехода. Дифференциальная проводимость и диффузионная емкость. Модель диода на высоких частотах. Переключение диода из прямого                                                                    | 4 |  |
| Гетеропереходы и контакты металл-полупроводник. Разрывы зон в гетеропереходах. Энергетическая диаграмма гетероперехода. Накопление носителей заряда у потенциального барьера Электронный и дырочный ток в гетеропереходе. Гетеропереходы на основе соединений АЗВ5 и на основе твердых растворов Ge/Si. . Свойства контакта металл-полупроводник. Влияние поверхностных состояний и диэлектрической прослойки на контакт металл-полупроводник. Токи в контакте металл-полупроводник. | 4 |  |
| Туннельные диоды. Вольтамперная характеристика туннельного диода Эквивалентная схема и частотные свойства. Резонансный туннельный диод.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 |  |
| Пробой р-п-перехода Лавинное умножение. Коэффициент ионизации при лавинном пробое. Коэффициент умножения в р-п-переходе Принцип                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2 |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|
| действия лавинно-пролетного диода. Лавинная частота. Полное сопротивление. Режим работы с захваченной плазмой. Зависимость напряжения пробоя от легирования и температуры.                                                                                                                                                                                                                                                        |   |  |
| Модуль: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |  |
| Дидактическая единица: Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, принципы действия и характеристики.                                                                                     |   |  |
| Процессы в биполярных транзисторах .Р-п-р и п-р-п транзисторные структуры. Статические ВАХ в схемах ОБ и ОЭ. Распределение носителей в базе транзистора. Время диффузии сквозь базу и коэффициент передачи тока. Модель транзистора в режиме большого сигнала. Модуляция базы коллекторным напряжением. Обратная связь и выходная проводимость транзистора. У- и Н-параметры транзисторов.                                        | 4 |  |
| Частотные и импульсные свойства биполярных транзисторов. Частотная зависимость коэффициента передачи тока в схемах ОБ и ОЭ. Модель транзистора на ВЧ. Влияние емкостей переходов и сопротивления базы Импульсные свойства транзисторов. Транзисторы в режиме переключения. Изменение заряда в базе при переключении транзистора. Длительность фронта, спада и рассасывания при переключении транзистора постоянным базовым током. | 4 |  |
| Физическая структура и топология биполярного транзистора интегральных схем. Назначение скрытого слоя и разделительной диффузии в интегральном транзисторе Эквивалентная схема интегрального транзистора.                                                                                                                                                                                                                          | 2 |  |
| Особенности транзисторов СВЧ диапазона. Кремниевые СВЧ транзисторы. Максимальная частота и мощность. Зависимость ширины ОПЗ коллектора от тока. Гетеропереходные биполярные транзисторы.                                                                                                                                                                                                                                          | 2 |  |
| Тиристоры. Принцип действия тиристора. ВАХ тиристорной структуры Влияние тока управления на ВАХ тиристора. Включение тиристора по цепи управления. Выключение тиристора по анодной цепи. Основные параметры и предельно допустимые режимы работы тириستоров. Симметричные тиристоры. Запираемые тиристоры.                                                                                                                        | 4 |  |
| Модуль: 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |  |
| Дидактическая единица: Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|
| металл-диэлектрик-полупроводник (МДП);<br>электронно-дырочный переход; гетеропереходы;<br>полупроводниковые диоды, биполярные<br>транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы,<br>полевые транзисторы с управляющим переходом,<br>принципы действия и характеристики.                                                                                                                                                                                                                          |   |  |
| Кремниевые полевые транзисторы. Вольтамперная<br>характеристика полевого транзистора с<br>управляющим р-п-переходом. Выходная<br>проводимость полевых транзисторов. Распределение<br>заряда и потенциала в канале. Транзисторы со<br>статической индукцией.                                                                                                                                                                                                                               | 2 |  |
| Полевые транзисторы на основе соединений АЗВ5.<br>Свойства арсенида галлия как материала для<br>полупроводниковых приборов Зависимость<br>дрейфовой скорости от напряженности поля и<br>образование домена в арсениде галлия. ПТ с диодом<br>Шоттки на арсениде галлия. Гетеропереходные<br>транзисторы с высокой подвижностью.                                                                                                                                                           | 2 |  |
| Модуль: 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |  |
| Дидактическая единица: Контактные явления в<br>полупроводниках, контакт металл-полупроводник и<br>металл-диэлектрик-полупроводник (МДП);<br>электронно-дырочный переход; гетеропереходы;<br>полупроводниковые диоды, биполярные<br>транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы,<br>полевые транзисторы с управляющим переходом,<br>принципы действия и характеристики.                                                                                                                        |   |  |
| Физические свойства МДП структур.<br>Классификация зарядов в окисле и свойства<br>поверхностных состояний. Энергетическая<br>диаграмма МДП структуры. Напряжение плоских<br>зон. Распределение потенциала в полупроводнике<br>при обеднении и инверсии.                                                                                                                                                                                                                                   | 2 |  |
| Особенности транзисторов со структурой МДП.<br>Пороговое напряжение МДП транзистора. Заряд в<br>канале и ВАХ транзистора в крутой области.<br>Влияние подложки на ВАХ транзистора. ВАХ МДП<br>транзистора в пологой области. Распределение<br>полей и зарядов в стоковой области транзистора.<br>Эффекты короткого канала в МДП транзисторах.<br>Подпороговые токи в МДП транзисторах.<br>Транзистор обедненного типа с ИЛ каналом.<br>Конструкции МДП транзисторов интегральных<br>схем. | 4 |  |
| Элементы интегральных схем на МДП транзисторах<br>ПЗУ на МДП транзисторах. Динамические ОЗУ на<br>МДП транзисторах..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4 |  |
| Приборы с зарядовой связью. Режим неравновесного<br>обеднения МДП структуры. Передача заряда в                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2 |  |

|                                                                                                                                                                |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
| приборах с зарядовой связью. Связь между зарядом и поверхностным потенциалом. Перенос заряда под затворами ПЗС. ПЗС со скрытым каналом ПЗС со скрытым каналом. |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

Практические занятия

Таблица 4.2

| <b>(Модуль), дидактическая единица, тема</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Учебная деятельность</b> | <b>Часы</b> | <b>Ссылки на цели</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| Семестр: 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             |             |                       |
| Дидактическая единица:<br>Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с управляющим переходом, принципы действия и характеристики. |                             |             |                       |
| Генерационно-рекомбинационные процессы и ВАХ P-N-перехода.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             | 2           |                       |
| Туннелирование в P-N-переходе.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                             | 2           |                       |
| Лавинное умножение.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 2           |                       |
| Контакт металл-полупроводник                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                             | 2           |                       |
| Гетеропереходы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                             | 2           |                       |
| Биполярные транзисторы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                             | 2           |                       |
| Полевые транзисторы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                             | 2           |                       |
| Транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                             | 2           |                       |

Лабораторная работа

Таблица 4.3

| <b>(Модуль), дидактическая единица, тема</b>                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Учебная деятельность</b> | <b>Часы</b> | <b>Ссылки на цели</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------|-----------------------|
| Семестр: 7                                                                                                                                                                                                                                                                            |                             |             |                       |
| Дидактическая единица:<br>Контактные явления в полупроводниках, контакт металл-полупроводник и металл-диэлектрик-полупроводник (МДП); электронно-дырочный переход; гетеропереходы; полупроводниковые диоды, биполярные транзисторы, тиристоры, МДП-транзисторы, полевые транзисторы с |                             |             |                       |

|                                                            |  |   |  |
|------------------------------------------------------------|--|---|--|
| управляющим переходом, принципы действия и характеристики. |  |   |  |
| Температурные зависимости ВАХ диодов                       |  | 4 |  |
| Биполярный транзистор в схеме ОЭ                           |  | 4 |  |
| Полевые транзисторы с управляющим P-N-переходом            |  | 4 |  |
| Полевые транзисторы с изолированным затвором               |  | 4 |  |

## 5. Самостоятельная работа студентов

### Семестр- 7, Контрольные работы

Решение задач 10 часов

### Семестр- 7, Курсовой проект

20 часов

Студент:

Определяет выбор применения физической и математической модели для расчета искомых параметров в заданном полупроводниковом приборе исходя из условий его функционирования; выбирает соответствующие уравнения и приближения, выбирает метод расчета и обосновывает выбор;

- анализирует полученные результаты

-составляет расчетно-пояснительную записку объемом 10-12 м.п. листов

Примерный перечень вариантов курсовых проектов.

1. Расчет диффузионных p - n- переходов в кремнии.
2. Расчет параметров диодов Шоттки.
- 3.. Гетеропереходы на основе твердых растворов соединений A3B5.
4. Расчет параметров биполярных интегральных транзисторов
5. Кремниевые полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом.
6. Полевые транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник.
7. Арсенид-галлиевые полевые транзисторы с диодом Шоттки.

Образец задания на курсовой проект

### ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

1. Тема: Расчет параметров транзистора со структурой металл-окисел-полупроводник

2. Исходные данные для проектирования

3.1. Толщина диэлектрика и фиксированный в окисле заряд.

3.2. Концентрация примеси в подложке.

3.3. Концентрация примеси и глубина залегания переходов истока и стока.

3.4. Размеры канала.

По заданным концентрациям и глубинам залегания переходов рассчитать пороговое напряжение и удельную крутизну транзистора, построить передаточную и три выходных характеристики транзистора при разных напряжениях на затворе.

4. Содержание пояснительной записки курсового проекта:

Титульный лист и лист задания на курсовую работу.  
Расчеты основных электрических параметров.  
Вольтамперные характеристики.

5. Перечень графического материала

Физическая структура транзистора с обозначениями областей и глубин залегания слоев и переходов.

Топология транзистора.

Передаточная и выходные характеристики транзистора.

Зависимости основных электрических параметров от толщины диэлектрика и концентрации акцепторов в подложке

**Семестр- 7, Подготовка к занятиям**

Работа с конспектами лекций 68 часов

## 6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

### Учебная деятельность

|                                                                                       |         |     |      |                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|------|------------------------------------------|
| Лабораторный практикум                                                                |         | мин | макс |                                          |
| из 4 лаб.работ по расписанию                                                          |         | 16  | 32   | Каждая работа включает: тест, теор.      |
| минимум, выполнение работы в лаборатории, защиту отчета, оцениваемые как 0-1-2 баллов |         |     |      |                                          |
| Практические занятия                                                                  | 4       | 12  |      | За каждое занятие максимально может быть |
| выставлено 3 балла.                                                                   |         |     |      |                                          |
| Курсовая работа                                                                       | 15 нед. |     | 6    | 16                                       |
| НИР и самостоятельная работа                                                          |         | 4   | 10   | за индивидуальные                        |
| успехи                                                                                |         |     |      |                                          |

Особенности учебной деятельности в семестре и итогового контроля:

1. Для допуска к экзамену необходимо:
  - набрать не менее 16 баллов по лабораторному практикуму в полном соответствии с расписанием занятий;
  - иметь зачет по курсовой работе;
  - набрать не менее 30 баллов к началу зачетной сессии;
  - иметь полный конспект лекций.
2. Студенты, допустившие отставание от учебного графика занятий набирают недостающие баллы в режиме индивидуальной работы с преподавателем.
3. Студенты, набравшие к 16 недели более 55 баллов, получают право на досрочную сдачу экзамена автоматически. Студенты, набравшие 55 баллов после 16 недели, правом на досрочную сдачу экзамена не обладают.

## **7. Список литературы**

### **7.1 Основная литература**

#### **В печатном виде**

1. Шур М. С. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 1 : В 2-х кн. :Пер. с англ.. - М., 1992. - 479с. : ил.
2. Шур М. С. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 2 : В 2-х кн. :Пер. с англ.. - М., 1992. - 295с. : ил.
3. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электроника и микроэлектроника" и по направлению подготовки дипломированных специалистов "Электроника и микроэлектроника"] / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - М., 2006. - 478, [1] с. : ил. - Рекомендовано МО.
4. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов. Кн. 1 : В 2 кн. : Пер. с англ. / Под ред. Р. А. Суриса. - М., 1984. - 455 с. : ил.

### **7.2 Дополнительная литература**

#### **В печатном виде**

1. Гаман В. И. Физика полупроводниковых приборов : учебное пособие для вузов по специальностям "Радиофизика и электроника", "Оптоэлектронные приборы и системы" / В. И. Гаман. - Томск, 2000. - 425 с. : ил. - Рекомендовано МО.

## **8. Методическое и программное обеспечение**

### **8.1 Методическое обеспечение**

#### **В печатном виде**

1. Макаров Е. А. Твердотельная электроника : учебное пособие / Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев. - Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 115 с. : ил.

#### **В электронном виде**

1. Макаров Е. А. Твердотельная электроника : учебное пособие / Е. А. Макаров, Н. В. Усольцев. - Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 115 с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2004/2004\\_makarov.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2004/2004_makarov.rar)

**9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине**  
Образцы билетов

Министерство образования  
и науки Российской Федерации

-----  
НОВОСИБИРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 2

по курсу Физика полупроводниковых приборов

РЭФ (напр. 210100 и 210600) Курс 4

1. Область пространственного заряда (ОПЗ) р-n-переходов с произвольным профилем легирования.
2. Особенности вольт-фарадных характеристик идеальной МДП-структуры.
3. Задача.

Составил: Калинин С.В. Дата: 16 января 2012 г.

Утверждаю: Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ проф. Гайслер В.А.

Министерство образования  
и науки Российской Федерации

-----  
НОВОСИБИРСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 3

по курсу Физика полупроводниковых приборов

РЭФ (напр. 210100 и 210600) Курс 4

1. Условия Шокли на границах р-n-перехода в равновесии и при его смещении.
2. Влияние смещения подложки на пороговое напряжение МДПТ.
3. Задача.

Составил: Калинин С.В. Дата: 16 января 2012 г.

Утверждаю: Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ проф. Гайслер В.А.