**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.аль-Фараби**

**Факультет физико-технический**

**Образовательная программа по специальности «6D071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации»**

# Утверждено

на заседании Ученого совета

физико-технического факультета

Протокол № от « » 2016 г.

###### Декан факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Е.Давлетов

###### СИЛЛАБУС

по дисциплине «Электронные наноразмерные сенсоры»

Магистратура 2 курс, специальность **«6M071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации»**, **семестр оcенний, 3 кредита**

**ФИО лектора:** Сванбаев Е.А., к.ф..-м. н.

**Телефон:**  8-775-8464415

**e-mail**: , **каб**. 202

***Преподаватель (семинарские, занятия):*** Сванбаев Е.А.

**Цели и задачи дисциплины:**

**Цель дисциплины**

Целью дисциплины «Электронные наноразмерные сенсоры» является изучение магистрантами физических процессов и явлений, имеющих место при изготовлении и эксплуатации современных электронные наноразмерных сенсоров.

**Задачи дисциплины**

1. Изучить основные физические методы, применяемые при создании нанооэлектронных приборов и сенсоров.
2. Установить зависимость между физическими методами получения тонких и наноразмерных металлических, диэлектрических и полупроводниковых пленок и их свойствами.
3. Раскрыть физическую сущность явлений, происходящих в процессе изготовления и эксплуатации наноэлектронных приборов и сенсорных устройств.

**Компетенции (результаты обучения):**

В результате изучения дисциплины «Электронные наноразмерные сенсоры» докторант должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- готовностью учитывать современные тенденции развития наноэлектроники и наносенсорики, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

- способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем и устройств наносенсорики различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;

**знать:**

- физические принципы работы основных наноэлектронных сенсоров;

- основные достижений мировой науки и техники в области наносенсорики и наноэлектроники;

- основные методы по проведению измерений и исследованию характеристик наноэлектронных сенсоров, анализу, систематизации и обобщению экспериментальных данных, подготовки данных для составления научных отчетов;

**уметь:**

- использовать необходимые методы компьютерного моделирования и выполнять нестандартные задачи различных уровней сложности;

- уметь выбирать приоритеты научно-исследовательской деятельности вырабатывать решения и участвовать в их реализации, уметь работать в научном коллективе;

- применять законы физики и других естественных наук для решения типовых задач, связанных с основными разделами квантовой механики и статфизики; уметь строить простейшие математические модели для описания свойств простейших дискретных (интегральных) элементов сенсоров на основенаноструктур, p-n-переходов, и МДП структур, использовать физические законы при анализе работы сенсоров и наноэлектронных приборов;

- трактовать и описывать результаты моделирования процессов, протекающих в сенсорах, наноэлектронных приборах и устройствах;

- классифицировать типы квантоворазмерных структур в наноэлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом), применять модели «мелкой» и «глубокой» (широкой) квантовых ям, учитывать квантование зонного электронного спектра при конструировании приборов наносенсорики и наноэлектроники;

**владеть:**

- методами расчета наноэлектронных сенсорных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов наносенсорики и наноэлектроники;

- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях,

- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента;

- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе их электронного строения и положения в периодической системе химических элементов;

- подходами и методами квантовой механики для описания закономерностей движения квантовых частиц в поле потенциальных барьеров.

**Пререквизиты дисциплины.** Изучение дисциплины «Электронные наноразмерные сенсоры» опирается на знание фундаментальных законов физики, математики, квантовой механики и статистической физики, физики твердого тела и электроники.

**Постреквизиты дисциплины.** Знания и умения, полученные магистрантами при усвоении дисциплины «Электронные наноразмерные сенсоры», являются базой для ряда дисциплин в области нанотехнологии и наноэлектроники.

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Структура курса:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Недели | **Название темы** | **Часы** | **Баллы** |
| **1.** | Л1Современные тенденция миниатюризации элементов интегральных схем. Тенденции развития наноэлектроники. | **1** | **4** |
| Л2. Основные направления развития нанотехнологии и наноэлектроники. | **1** | **4** |
| С.1. Основные понятия и объекты наноэлектроники. | **1** | **5** |
| **2** | Л3. Электроны в квантовой яме. Теория квантового ограничения. | **1** | **4** |
| Л4. Квантовые ямы сложной формы .Влияние однородного электрического поля на энергетический спектр прямоугольной потенциальной ямы | **1** | **4** |
| С2. Расчеты и анализ влияния потенциальных барьеров на энергетический спектр носителей зарядов. | **1** | **5** |
| **3** | Л. 5. Структуры с двумерным электронным газом. | **1** | **4** |
| Л. 6. Структуры с одномерным электронным газом. | **1** | **5** |
| С. 3. Квантовые нити. Плотность состояний | **1** | **5** |
| **4** | Л. 7. Структуры с нульмерным электронным газом. | **1** | **5** |
| Л.8. Интерференционные эффекты в наноструктурах. Туннелирование электронов. | **1** | **5** |
| С.4. Квантовые точки | **1** | **5** |
| **5** | Л.9. Туннельный транзистор | **1** | **5** |
| Л. 10. Интерференционный транзистор. Атомный ключ. | **1** | **5** |
| С.5. Расчет энергетического спектра в квантовой яме сложной формы | **1** | **5** |
| **6** | Л.11. Методы изготовления квантовых нитей. Плотность состояний. | **1** | **5** |
| Л. 12. Баллистическая проводимость квантовых нитей. Практическое применение квантовых нитей | **1** | **5** |
| С.6. Расчеты и анализ расщепления энергетической зоны кристалла на минизоны потенциалом сверхрешётки (расчеты зонной структуры твердого тела в предположениях модели Кронига-Пенни). | **1** | **5** |
| **7** | Л.13. Методы получения наноструктур кремния. | **1** | **5** |
| Л.14. Пористый кремний и физико-химические свойства кремниевых наноструктур***.*** | **1** | **5** |
| С.7. Получение пористого кремния и кремниевых нанонитей | **1** | **5** |
|  | **Рубежный контроль 1** | **1** | **100** |
| **8** | Л15. Структурные и оптические свойства наноразмерного пористого кремни | **1** | **4** |
| Л16. Физические принципы получения гетероструктур. | **1** | **4** |
| С8. Измерения электрофизических характеристик наноструктурированных полупроводников | **1** | **4** |
|  | **Промежуточный экзамен** | **1** | **100** |
| **9** | Л.17. Систематизация сенсоров. Эффекты, на которых работают сенсоры. | **1** | **4** |
| Л.18. Характеристики и параметры сенсоров. | **1** | **4** |
| С.9. Газовые сенсоры на основе пористого кремния. | **1** | **4** |
| **10** | Л. 19. Фотоприемники на квантовых ямах | **1** | **4** |
| Л. 20. Лазеры на квантовых ямах и квантовых точках | **1** | **4** |
| С. 10. Приемники и излучатели оптического диапазона | **1** | **4** |
| **11** | Л. 21. Методы повышения эффективности солнечных элементов с использованием наночастиц. | **1** | **4** |
| Л. 22. Использование нанопористого кремния в солнечных элементах. | **1** | **4** |
| С. 11. Зонная структура и квантово-размерные эффекты в пористом кремнии. | **2** | **4** |
| **12** | Л.23. Наносенсоры | **1** | **4** |
| Л.24. Измерение вольтамперных характеристик сенсорных структур на основе пористого кремния и кремниевых нанонитей. | **1** | **4** |
| С.12. Газовые сенсоры | **1** | **5** |
| **13** | Л.25. Частотные характеристики современных нелинейных сенсорных элементов | **1** | **4** |
| Л.26. Квантовая проводимость фрактальной нити | **1** | **4** |
| С.13. Экспериментальные результаты и теоретическая модель электрической проводимости кремниевых нанонитей. | **1** | **5** |
| **14** | Л.27. Газочувствительные свойства кремниевых нанонитей | **1** | **4** |
| Л.28. Газочувствительные свойства кремниевых пористых структур | **1** | **4** |
| С.14. Методы контроля тонких пленок | **1** | **5** |
| **15** | Л.29.Рентгеноспектральный микроанализ | **1** | **4** |
|  | Л.30. Туннельная атомно-силовая микроскопия | **1** | **4** |
|  | С.15. Обработка данных атомно-силовой микроскопии | **1** | **5** |
|  | **Рубежный контроль 2** |  | **100** |
|  | **Экзамен** |  | **100** |
|  | **ВСЕГО** |  | **100** |

**Список рекомендуемой литературы**

**Основная**

1. Кобаяси Н. «Введение в нанотехнологию». М.: БИНОМ. Лаборатория Знаний, 2005.- 134 с.
2. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. «Наноструктурные материалы» М.: Академия, 2005. -92 с.
3. Шишкин Г. Г. Наноэлектроника. Элементы, приборы, устройства: учебное пособие. 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория Знаний, 2012.- 408 с.
4. Ткалич В.Л., Макеева А.В., Оборина Е.Е. Физические основы наноэлектроники. учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2011 – 83 с.
5. S. Oda, D. Ferry. Silicon nanoelectronics.Tailor & Francis Group, LLC. 2006 – 339 p.
6. Щука А.А. Наноэлектроника. – М.: Физматкнига, 2007. – 464 с.

**Дополнительная**

* 1. Нанотехнологии в электронике. Под редакцией Чаплытина Ю.А. – М.: Техносфера, 2005 – 448 с.
  2. Пул Ч., Оузис Ф., Нанотехнологии – М.: Техносфера, 2005. – 336 с.
  3. **Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П** Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. Учебное пособие для ВУЗов. Том 1, Издательство [БИНОМ,](http://www.rusnanonet.ru/nns/46349/) 2010.: 392 с.
  4. Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам. Под ред. Проф. П.П.Мальцева. Москва: Техносфера, 2005. -592с.
  5. S. M. Manakov, Т.I. Taurbayev. Structural Properties of a-Si:H and a-SiC:H Films Controlled in Nanoscale, Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics ,Vol. 7, No. 6, pp. 619-622, 2012.
  6. S. M. Manakov. Optical Optimization of Thin Film Solar Cells, Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, Vol. 9, No 1, pp.7–12, 2014.
  7. S.M. Manakov, K.K. Dikhanbaev, M. Aueylkhankyzy, T.I. Taurbayev, Z.A. Mansurov, A.B. Lesbayev, and Y. Sagidolda. Light Trapping Enhancement in GaAs Solar Cells. Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, Vol. 9, No 4, pp.511–514, 2014.

**Формы контроля знаний**

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена. Максимальный показатель успеваемости за промежуточную аттестацию составляет 40 %.

Итоговый показатель успеваемости по дисциплине определяется как сумма показателей успеваемости по рубежным контролям (60 %) и промежуточной аттестации – зачета (40 %). Максимальное значение итогового показателя составляет 100 %. Экзаменационная оценка по дисциплине определяется из итогового показателя успеваемости в соответствии со следующей таблицей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| А | 95-100% | Отлично |
| А - | 90-94% |
| B+ | 85-89% | Хорошо |
| В | 80-84% |
| В - | 75-79% |
| С+ | 70-74% | Удовлетворительно |
| С | 65-69% |
| С - | 60-64% |
| D+ | 55-59% |
| D | 50-54% |
| F | 0-49% | Неудовлетворительно |

АКАДЕМИЧЕСКАЯ Политика курса

Все виды работ необходимо выполнять и защищать в указанные сроки. Магистранты, не сдавшие очередное задание или получившие за его выполнение менее 50% баллов, имеют возможность отработать указанное задание по дополнительному графику. Магистранты, не выполнившие все виды работ, к экзамену не допускаются. Кроме того, при оценке учитывается активность и посещаемость магистрантов во время занятий.

будьте толерантны, уважайте чужое мнение. Возражения формулируйте в корректной форме. Плагиат и другие формы нечестной работы недопустимы. Недопустимы подсказывание и списывание во время сдачи СРД, промежуточного контроля и финального экзамена, копирование решенных задач другими лицами, сдача экзамена за другого студента. Студент, уличенный в фальсификации любой информации курса, несанкционированном доступе в Интранет, пользовании шпаргалками, получит итоговую оценку «F».

За консультациями по выполнению самостоятельных работ (СРД), их сдачей и защитой, а также за дополнительной информацией по пройденному материалу и всеми другими возникающими вопросами по читаемому курсу обращайтесь к преподавателю в период его офис-часов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оценка по буквенной системе | Цифровой эквивалент баллов | %-ное содержание | Оценка по традиционной системе |
| А | 4,0 | 95-100 | Отлично |
| А- | 3,67 | 90-94 |
| В+ | 3,33 | 85-89 | Хорошо |
| В | 3,0 | 80-84 |
| В- | 2,67 | 75-79 |
| С+ | 2,33 | 70-74 | Удовлетворительно |
| С | 2,0 | 65-69 |
| С- | 1,67 | 60-64 |
| D+ | 1,33 | 55-59 |
| D- | 1,0 | 50-54 |
| F | 0 | 0-49 | Неудовлетворительно |
| I  (Incomplete) | - | - | «Дисциплина не завершена»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| P  (Pass) | **-** | **-** | «Зачтено»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| NP  (No Рass) | **-** | **-** | «Не зачтено»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| W  (Withdrawal) | - | - | «Отказ от дисциплины»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| AW  (Academic Withdrawal) |  |  | Снятие с дисциплины по академическим причинам  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| AU  (Audit) | - | - | «Дисциплина прослушана»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| Атт. |  | 30-60  50-100 | Аттестован |
| Не атт. |  | 0-29  0-49 | Не аттестован |
| R (Retake) | - | - | Повторное изучение дисциплины |

*Рассмотрено на заседании кафедры Физики твердого тела и нелинейной физики*

*протокол № от « » 2016 г.*

**Зав.кафедрой Ярмухамедова Г.Ш.**

**Лектор Сванбаев Е.А.**