**казахский национальный университет имени аль-фараби**

**Физико-технический факультет**

**Кафедра физики твердого тела и нелинейной физики**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждено На заседании Ученого Совета Физико-технического факультета  Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_ 2015г.  Декан факультета\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Е. Давлетов  "\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2015г. |

### СИЛЛАБУС (SYLLABUS)

по дисциплине

**Физические основы оптоэлектроники**

для бакалавров по направлению подготовки

**специальность «Радиотехника, электронка и телекоммуникации – 5В071900»**

**Ф.И.О. лектора:** Сванбаев Елдос Абугалиевич, к.ф.м.н., доцент, 8 775 846 4415, e-mail:eldos54@mail.ru, каб. 202:

**Ф.И.О. преподавателя (семинарских занятий):** Сванбаев Елдос Абугалиевич, к.ф.м.н., доцент, 8 775 846 4415, e-mail:eldos54@mail.ru, каб. 202:

**Пререквизиты дисциплины.** Изучение дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» опирается на знание фундаментальных законов оптики, радиоэлектроники и электродинамики.

**Постреквизиты дисциплины.** Знания и умения, полученные бакалаврами при усвоении дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» являются базой для освоения основ и технологических процессов оптических телекоммуникационных сетей.

**Целью изучения дисциплины** "Физические основы оптоэлектроники" является усвоение основных оптоэлектронных явлений в твердых телах и основ теории базовых элементов современной оптоэлектроники.

##### **Задачи изучения дисциплины.** В результате изучения дисциплины «Физические основы оптоэлектроники» бакалавр должен:

* Знать фотоэлектрические процессы взаимодействия электромагнитного излучения и электронного континиума, типы, принципы работы и параметры оптоэлектронных устройств, применимых в ВОЛС.
* Уметь использовать концептуальные основы современной оптоэлектроники в научно-педагогической деятельности после окончания докторонтуры.

**СТРУКТУРАИ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Неделя** | **Название темы** | **Кол-во часов** | **Темы СРСП** |
| **Модуль 1** | | | |
| 1 | **Лекция 1.** Введение в оптоэлектронику. Диапазон электромагнитных волн. Корпускулярно-волновой дуализм. Основы теории электромагнитных волн, уравнения Максвела. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 1.** Расчет энергии квантов для разных длин волн, построение спектрально-энергетической кривой**.** | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 1.** Изучение спектраизлучения газоразрядной лампы. |  |  |
| 2 | **Лекция 2.** Взамодействие электромагнитных волн с веществом. Отражение от поверхности. Поглощение и рассеяние света. Упругое и неупругое рассеяние света. Затухание в веществе. | 1 | Спектроскопия электромагнитных волн. |
| **Семинарское занятие 2.** Расчет однослойного антиотражающего покрытия. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 2.** Изучение спектра поглощения воды. |  |  |
| 3 | **Лекция 3.** Регистрация на основе терморезистивного эффекта. Вакуумный болометр на основе тонких металлических пленок. Болометр на основе тонких полупроводниковых пленок. Спектральные и энергетические характеристики, обнаружительная способность. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 3.** Расчет затухания при поглощении и рассеянии света. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 3.** Изучение спектра поглощения световода. |  |  |
| 4 | **Лекция 4.** Тепловизоры. Электрооптические пробразователи. Матрица тонкопленочных болометрических фотодетекторов. | 1 | Фотодиодная матрица цифровых фотоаппаратов. |
| **Семинарское занятие 4.** Расчет спектральной квантовой чувствительности пленочного болометра. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 4.** Изучение спектра рассеянного света. |  |  |
| 5 | **Лекция 5.** Вакуумный фотоэлемент. Фотоэлектроный умножитель**.** Микроканальная пластина. Спектральные и энергетические характеристики, обнаружительная способность. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 5.** Расчет спектральной характеристики фотодетектора на основе внешнего фотоэффекта. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 5.** Изучение вакуумного фотоэлемента. |  |  |
| 6 | **Лекция 6.** Взамодействие света с полупроводниками. Межзонное поглощение. Красная граница. Спектральная зависимость коэффициента поглощения. Поглощение с участием дефектов. Генерация неравновесных электронов и дырок. Горячие носители и их термализация. Рекомбинация. Стационарная концентрация неравновесных носителей. | 1 | Влияние дефектов на скорость рекомбинации. |
| **Семинарское занятие 6**. Расчет спектральной характеристики полупроводникового фотодетектора. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 6.** Изучение спектра поглощения тонкой полупроводниковой пленки. |  |  |
| 7 | **Лекция 7.** Фотопроводимость. Нарастание и спад фотока, время жизни, постоянная времени. Примесная фотопроводимость. Кристаллические и аморфные полупроводники для фоторезисторов. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 7**. Расчет быстродействия полупроводникового фоторезистора. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 7.** Изучение фотопроводимости аморфного кремния. |  |  |
|  |  |  |
| Midterm |  |  |
| 8 | **Лекция 8.** Полупроводниковый фотодиод на р-п переходе. Глубина рп перехода, распределение по глубине фотогенерированных носителей. Разделение фотогенерированных носителей. Влияние диффузионной длины и встроенного поля на сбор неравновесных носителей. | 1 | Спектральные и энергетические характеристики фоторезисторов, обнаружительная способность. |
| **Семинарское занятие 8**. . Расчет влияния глубины рп перехода на спектральную характеристику полупроводникового фотодетектора. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 8.** Изучение спектра фоточувствительности кремниевого фотодиода. |  |  |
| 9 | **Лекция 9.** Фото ЭДС и фототок фотодиодов. Вольт-амперные и спектральные характеристики, обнаружительная способность фотодиодов. Низкопороговые фотодетекторы. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 9**. Расчет темного тока идеального полупроводникового фотодиода. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 9.** Изучение энергетической характеристики кремниевого фотодиода. |  |  |
| 10 | **Лекция 10**. Быстродействующие p-i-n фотодетекторы. Влияние подвижности носителей и внешнего напряжения на быстродействие. Влияние дефектов на скорость релаксации и квантовый выход. Фемтосекундные фотодетекторы | 1 | Кристаллические и аморфные полупроводники для фотодиодов. |
| **Семинарское занятие 10**. Расчет влияния внешнего напряжения на быстродействие p-i-n фотодетектора. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 10.** Изучение быстродействия кремниевого фотодиода. |  |  |
| 11 | **Лекция 11**. ПЗС линейки и матрицы фотодетекторов. Монохромное и мультихромное детектирование. Спектральные и энергетические характеристики. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 11**. Рассчет размера пикселей фотодеткторной матрицы. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 11.** Изучение быстродействия pin фотодиода. |  |  |
| 12 | **Лекция 12**. Фотолюминесценция, спектры возбуждения и излучения, стоксов сдвиг. Применение фотолюминесценции для сдвига спектральной чувствительности фотодиодов. | 1 | Строение пикселя монохромной и цветной фотодеткторной матрицы. |
| **Семинарское занятие 12**. Расчет спектральной чувствительности фотодиодов с люминесцентным слоем. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 12.** Изучение спектра возбуждения и фотолюминесценции люминофора. |  |  |
| 13 | **Лекция 13.** Светоизлучающие приборы. Рекомбинационная электролюминисценция на рп переходе. Прямозонные и непрямозонные полупроводники. Светодиоды. Связь между спектром излучения и запрещенной зоной полупроводника. Зависимость интесивности излучения от тока. | 1 |  |
| **Семинарское занятие 13**. Расчет спектра излучения светодиодов. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 13.** Изучение спектральной и энергетической характеристик рекомбинацион-ной фотолюминесценции светодиода. |  |  |
| 14 | **Лекция 14**. Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип квантового усиления. Инверсная заселенность. Двухуровневые и много уровневые системы. Спектр вынужденного излучения. Моды лазеров. Методы накачки. Полупроводниковый лазер. | 1 | Спектры излучения промышленно выпускаемых светодиодов. |
| **Семинарское занятие 14**. Рассчет усиления и длины волоконного усилителя. | 2 |  |
| **Лабораторное занятие 14.** Изучение порога возбуждения полупроводникового лазера. |  |  |
| 15 | **Лекция 15**. Спектральные характеристики полупроводниковых лазеров для ВОЛС. Волоконные квантовые усилители и лазеры. Сравнение спектральных характеристик светодиодов и лазеров. |  |  |
| **Семинарское занятие 15.** Расчет спектра излучения лазеров. |  |  |
| **Лабораторное занятие 15.** Изучение спектра излучения полупроводникового лазера. |  |  |
|  |  |  |
| Midterm |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

**Основная:**

1. Ахманов, С.А.. Физическая оптика.- М., 2004
2. Степанов, Б.И.. Введение в современную оптику. Квантовая теория взаимодействия света и вещества.- Минск, 1990
3. С.Зи. Физика полупроводниковых приборов. Т 2, «Мир», 1985 г., 456 с.

**Дополнительная:**

1. В.М.Андреев,Н.Ю.Давидюк,Е.А.Ионова,П.В.Покровский,В.Д.Румянцев,Н.А.Садчиков Оптимизация параметров солнечных модулей на основе линзовыхконцентраторов излучения и каскадных фотоэлектрическихпреобразователей» Журнал технической физики, 2010, том 80, вып. 2, 118-125.
2. Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие /– 1-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
3. P. Aliberti, S.K. Shrestha, R. Teuscher, B. Zhang, M.A. Green and G.J. Conibeer, ”Study of Silicon Quantum Dots in a SiO2 Matrix for Energy Selective Contacts Applications”, Solar Energy Materials & Solar Cells, Vol. 94, pp. 1936-1941, 2010.
4. P. Aliberti, Y. Feng, Y. Takeda, S.K. Shrestha, M.A. Green and G. Conibeer, “Investigation of Theoretical Eciency Limit of Hot Carriers Solar Cells with a Bulk Indium Nitride Absorber”, Journal of Applied Physics, Vol. 108, 094507 (10 pp.), 2010.
5. Y. Augarten, T. Trupke, M. Lenio, J. Bauer, J. Weber, M. Juhl and O. Breitenstein, “Calculation of Quantitative Shunt Values Using Photoluminescence Imaging”, Progress in Photovoltaics (re-submitted January 2011).
6. R. Clady, T. Schmidt, M. Tayebjee, P. Aliberti, G. Conibeer, D. Konig, M.A. Green and N.J. Ekins-Daukes, “Interplay Between the Hot Phonon Effect and Intervalley Scattering on the Cooling Rate of Hot Carrier in GaAs and InP”, Progress in Photovoltaics: Research and Applications (accepted 10 March 2011).

Формы контроля знаний:

Рубежный контроль I (включая текущий контроль) – 30% 7 неделя

Рубежный контроль II (включая текущий контроль) – 30% 15 неделя

Экзамен – 40%.

**Шкала оценки знаний:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Буквенный эквивалент оценки** | **Цифровой эквивалент оценки (GPA)** | **Баллы в %** | **Оценка по традиционной системе** |
| A | 4 | 95-100 | "Отлично" |
| A- | 3,67 | 90-94 |
| B+ | 3,33 | 85-89 | "Хорошо" |
| B | 3 | 80-84 |
| B- | 2,67 | 75-79 |
| C+ | 2,33 | 70-74 | "Удовлетворительно" |
| C | 2 | 65-69 |
| C- | 1,67 | 60-64 |
| D+ | 1,33 | 55-59 |
| D | 1 | 50-54 |
| F | - | 0-49 | "Неудовлетворительно"  (непроходная оценка) |
| I | - | - | "Дисциплина не завершена" |
| W | - | - | "Отказ от дисциплины" |
| AW | - | - | "Отчислен с дисциплины" |
| AU | - | - | "Дисциплина прослушана" |
| P/NP (Pass / No Pass) | - | 65-100/0-64 | "Зачтено/ не зачтено" |

**При оценке работы студента в течение семестра учитывается следующее:**

**-** посещаемость занятий;

- активное и продуктивное участие в практических занятиях;

- изучение основной и дополнительной литературы;

- выполнение СРС;

- своевременная сдача всех заданий

**За несвоевременную сдачу трех заданий СРС выставляется оценка AW.**

**Политика академического поведения и этики**

* обязательное посещение занятий;
* активность во время практических (семинарских) занятий;
* подготовка к занятиям, к выполнению домашнего задания и СРС.

Недопустимо:

* опоздание и уход с занятий;
* пользование сотовыми телефонами во время занятий;
* обман и плагиат;
* несвоевременная сдача заданий.

*Рассмотрено на заседании кафедры протокол №\_\_\_\_\_ от «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2015 г.*

Зав.кафедрой Г.Ш. Яр-Мухамедова

Преподаватель Е.А.Сванбаев