

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физика»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б1.В.ДВ3.1– Применение микро-и наноэлектроники в сенсорике

направление подготовки

11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность – Твердотельная электроника, радиоэлектронные
компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах

Квалификация – исследователь, преподаватель- исследователь

форма обучения – очная
курс – 4
семестр – 7
зачетных единиц – 2
часов в неделю – 1
всего часов – 72
в том числе:
лекции – 18
коллоквиумы – нет
практические занятия – нет
лабораторные занятия – нет
самостоятельная работа – 72
зачет – 7 семестр
экзамен – нет
РГР - нет
курсовая работа – нет
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Физика»

« 29 » сентября 2015 года, протокол № 3

Зав. кафедрой _____ /Д.А. Зимняков /

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН

« 29 » сентября 2015 года, протокол № 2

Председатель УМКС/УМКН _____ /В.В. Астахов /

Саратов, 2015

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины:

- 1) исследование фундаментальных физических и физико-химических принципов, лежащих в основе создания и функционирования современных сенсоров различного вида;
- 2) исследование технологических подходов, развиваемых в рамках микро- и нанoeлектроники, применяемых при создании сенсоров различного вида;
- 3) приобретение навыков конструирования сенсоров различного вида в рамках микро- и нанотехнологий;
- 4) изучение особенностей микро- и наносенсоров, развиваемых в рамках микро- и нанотехнологий;
- 5) ретроспективный анализ развития фундаментальных основ и практических реализаций сенсоров различного вида и формулирование основных задач, решение которых является актуальным для дальнейшего развития данной научной дисциплины.

Задачи изучения дисциплины:

Программа ориентирована на формирование у аспиранта теоретических знаний в части описания и анализа функционирования современных сенсоров различного вида, а также на практическую подготовку аспиранта к использованию полученных знаний в области создания сенсоров методами микро- и нанoeлектроники и их применения для промышленных и других применений.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** весь комплекс теоретических и практических методов и подходов к описанию и созданию современных сенсоров различного вида.
- **Уметь:** применять экспериментальные методы и технологии микро-и нанoeлектроники для конструирования и формирования сенсоров различного вида.
- **Владеть:** методами теоретического описания и анализа свойств сенсоров различного вида и технологическими подходами к их формированию в рамках микро- и нанотехнологий, навыками публичного представления полученных теоретических и экспериментальных результатов в форме научных отчетов, статей, докладов на семинарах и конференциях.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Профессиональная ориентированность и задачи будущей деятельности аспирантов предполагает изучение круга проблем, связанных с созданием и применением сенсоров различного вида, изготовленных в рамках микро-и нанотехнологий, как инструментов, предоставляющих объективную качественную и количественную информацию о различных процессах и объектах окружающего мира.

Программа дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Применение микро-и нанoeлектроники в сенсорике» относится к дисциплинам по выбору вариативной части образовательного цикла основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования по специальности 11.06.01 - "Электроника, радиотехника и системы связи" (направленность «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах»). В соответствии с учебным планом подготовки аспиранта читается на 4 году обучения аспиранта.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Применение микро-и нанoeлектроники в сенсорике» направлен на формирование следующих компетенций:

общепрофессиональные (ОПК):

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

профессиональные (ПК):

- готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и нанoeлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры) (ПК-1);

- готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- нанoeлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения (ПК-4).

В результате освоения дисциплины аспирант должен

- **знать:** фундаментальные физические и физико-химические принципы, лежащие в основе создания и функционирования современных сенсоров различного вида и технологические подходы, развиваемые в рамках микро- и нанoeлектроники для создания сенсоров различного вида;

- **уметь:** квалифицированно использовать фундаментальные физические и физико-химические принципы для создания и функционирования современных сенсоров различного вида; применять микро- и нанoeлектронные технологии для создания сенсоров различного вида; делать выводы и обобщения на основе полученных и экспериментальных данных; квалифицированно представлять результаты своей научно-исследовательской деятельности на русском и английском языках в форме публикаций в научных

журналах и докладов на семинарах и конференциях; осуществлять научно-исследовательскую и преподавательскую деятельность в области своей специализации;

- **владеть:** методами теоретического анализа и решения практических задач в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных сенсорных твердотельных устройств; навыками организации и проведения научных исследований в области профессиональной деятельности в научно-исследовательских и научно-образовательных учреждениях.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ раздела	Раздел дисциплины	Часы/из них в интерактивной форме				
				Всего	лек.	лаб. з.	Колл.	СРС
1	2	3	4	4	5	6	7	8
1	1-17	1	Применение микро-и нанoeлектроники в сенсорике	72/9	18/9	0	0	54/0

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Сенсорные сигналы. Измерение сопротивления. Измерение емкости. Измерение индуктивности. Интерфейсы	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,8,14]
2	2	2	Кремниевые технологии. Технологии «объемного» производства микроструктур на основе кремния	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,12,14]
3	2	3	Кремниевые технологии. Технологии поверхностной микрообработки структур на основе кремния. Изготовление микросенсора давления. Технологии образования кремниевой связи. Специальные методы обработки материалов. Реактивное ионное травление. Ионное травление. Лазерная микрообработка. Материалы для изготовления микросенсоров.	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,12,14]
4	2	4	Температурные микросенсоры. Термопары. Шумовая термометрия. Терморезисторы. Термодиоды. Термопереключатели. Неэлектрические микросенсоры	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,14]
5	2	5	Радиационные микросенсоры. Сцинтилляционные счетчики. Твердотельные радиационные детекторы	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,14]
6	2	6	Микросенсоры УФ- и видимого излучения. Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы. Микросенсоры ИК-излучения. Пьезоэлектрический сенсор.	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,6,11,14,15]
7	2	7	Механические микросенсоры. Кантилевер. Сенсоры перемещения. Сенсоры скорости и потока (расхода). Микросенсоры ускорения. Пьезорезистивные акселерометры. Емкостные акселерометры.	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,6,11,14,15]
8	2	8	Микросенсоры силы, давления и напряжения. Сенсоры растяжения (тензодатчики). Микросенсоры массы.	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,14]

9	2	9	Магнитные микросенсоры. Датчик Холла. Магниторезисторы. Магнитодиоды. Магнитотранзисторы. Акустические магнитные микросенсоры. СКВИД	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,14]
---	---	---	--	--

6. Содержание коллоквиумов

Не предусмотрены

7. Перечень практических занятий

Не предусмотрены

8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены

9. Задания для самостоятельной работы

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	3	Характеристики и свойства сенсоров: практические ограничения	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
1	4	Интерфейсы GPIB(IEEE 488)	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4,8]
1	5	Кремниевые технологии, применяемые при разработке сенсоров	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,12,14]
2	4	Технологии связи кремниевых структур и других материалов	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	6	Технологии производства объемных кремниевых микромашин	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	5	Реактивное ионное травление, применяемое при разработке сенсоров	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	4	Лазерная обработка, применяемая при изготовлении сенсоров	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	4	Исследование ИК-излучения с помощью сенсоров	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2], доп. [3,4,6,11,14,15]
2	5	Исследование магнитного поля с помощью сенсоров	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	3	Сенсоры на поверхностных акустических волнах	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	3	Сверхпроводящий квантовый интерференционный датчик (сенсор) СКВИД	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	3	Калибровка сенсоров	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	3	Надежность микроэлектронных сенсорных устройств	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3,4]
2	2	Подбор сенсоров для составления мультисенсорных систем	Раздел 15 рабочей

			программы Осн. [1,2] доп. [3-5,7]
2	3	Регрессионный анализ, применяемый для обработки сенсорных сигналов	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3-5,7]
3	4	Метод главных компонент, применяемый для обработки сенсорных сигналов	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3-5,7]
4	5	Линейно-дискриминантный анализ, применяемый для обработки сенсорных сигналов	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3-5,7]
4	6	Применение искусственных нейронных сетей для анализа сенсорных сигналов	Раздел 15 рабочей программы Осн. [1,2] доп. [3-5,7]

10. Расчетно-графическая работа

нет

11. Курсовая работа

нет

12. Курсовой проект

нет

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы при изучении дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Применение микро-и наноэлектроники в сенсорике» формируются следующие компетенции:

-общепрофессиональная ОПК- 1: владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

через прослушивание лекций и участие в дискуссиях на семинарах, участие в олимпиадах, подготовка и сдача зачета;

профессиональные ПК-1: - готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры), ПК-4: готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- наноэлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения *через* участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, применение современных методов исследования физико-химических объектов и явлений, использование современных аналитических средств.

Формирование компетенций происходит в ходе всего курса изучения дисциплины Б1.В.ДВ3.1 «Применение микро-и наноэлектроники в сенсорике». Успешное освоение компетенций достигается путем выполнения теоретического отчета (40 %), освоения методики эксперимента (20 %), проведения обработки результатов эксперимента (40 %).

Составляющие компетенций

ПК-1: *готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры)*

Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3
Знает: основные физические и химические законы, применяемые при создании микро- и наносенсоров различного типа	Лекции, СРС.	Зачет
Умеет: применять фундаментальные законы природы и основные	Лекции, СРС.	Зачет.

физико-химические законы при создании микро- и наносенсоров различного типа; применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования		
Владеет: – навыками выполнения физического эксперимента; – навыками проведения оценки результатов эксперимента; – методами теоретического и экспериментального исследования.	Участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, СРС.	Зачет.

ПК-4: *готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- наноэлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения*

Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3
Знает: – основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании микро- и наносенсоров различного типа;	Лекции, СРС.	Зачет.
Умеет: – Работать с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании микро- и наносенсоров различного типа.	Лекции, СРС.	Зачет.
Владеет: – навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании микро- и наносенсоров различного типа; – методами теоретического и экспериментального исследования.	Участие в научно-практических конференциях с докладами профессионального значения, СРС.	Зачет.

Уровни освоения компетенций

ПК-1: *готовность к проведению научно-исследовательских работ в области разработки и исследования новых и совершенствования традиционных приборов твердотельной электроники, радиоэлектронных компонентов, изделий микро- и наноэлектроники, приборов на квантовых эффектах, включая оптоэлектронные приборы и преобразователи физических величин (сенсоры)*

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
1	2
Пороговый (удовлетворительный)	Знает основные физические и химические законы, применяемые при создании микро- и наносенсоров различного типа. Умеет применять основные физико-химические законы при рассмотрении принципов работы и конструкции микро- и наносенсоров различного типа для решения практических задач. Владеет первичными навыками выполнения физического эксперимента.
Продвинутый (хороший)	Знает основные физические и химические законы, применяемые при создании микро- и наносенсоров различного типа, и их взаимосвязь. Умеет применять основные физико-химические законы при рассмотрении принципов работы и конструкции микро- и наносенсоров различного типа для решения практических учебных задач, проводить их анализ, пользоваться методом аналогий. Владеет навыками проведения и оценки результатов эксперимента.
Высокий (отличный)	Знает физические и химические законы, применяемые при создании микро- и наносенсоров различного типа, и их взаимосвязь и следствия. Умеет применять основные физико-химические законы при рассмотрении

	<p>принципов работы и конструкции микро- и наносенсоров различного типа для решения практических учебных задач, проводить их анализ, пользоваться методом аналогий и предлагать новые решения для построения сенсоров. Владеет методами теоретического и экспериментального исследования.</p>
--	---

ПК-4: *готовность к выполнению работ по исследованию и моделированию функциональных и эксплуатационных характеристик изделий микро- наноэлектронике, включая вопросы качества, долговечности, надежности и стойкости к внешним воздействующим факторам, а также вопросы эффективного применения*

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
1	2
<p>Пороговый (удовлетворительный)</p>	<p>Знает основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании микро- и наносенсоров различного типа. Умеет использовать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру, применяемую при создании микро- и наносенсоров различного типа. Владеет первичными навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании микро- и наносенсоров различного типа, и выполнения физического эксперимента под руководством преподавателя, проведения оценки результатов эксперимента.</p>
<p>Продвинутый (хороший)</p>	<p>Знает основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании микро- и наносенсоров различного типа, и особенности их применения под руководством преподавателя. Умеет использовать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру, применяемую при создании микро- и наносенсоров различного типа и применять ее для их конструирования под руководством преподавателя. Владеет навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании микро- и наносенсоров различного типа, и выполнения физического эксперимента под руководством преподавателя, проведения оценки результатов эксперимента.</p>
<p>Высокий (отличный)</p>	<p>Знает основные физические принципы, лежащие в основе современной физической, аналитической и технологической аппаратуры, применяемой при создании микро- и наносенсоров различного типа, и особенности их применения. Умеет использовать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру, применяемую при создании микро- и наносенсоров различного типа и применять ее для их конструирования. Владеет навыками работы с основными современными физическими, аналитическими и технологическими аппаратами, применяемыми при создании микро- и наносенсоров различного типа, и выполнения физического эксперимента, проведения оценки результатов эксперимента.</p>

Вопросы для зачета

№	Вопросы
1.	Классификация сенсоров.
2.	Характеристики сенсоров.
3.	Сенсорные сигналы. Измерение сопротивления.
4.	Сенсорные сигналы. Измерение емкости.
5.	Сенсорные сигналы. Измерение индуктивности.
6.	Интерфейсы.
7.	Сенсорные технологии. Изготовление МОП-транзистора.
8.	Кремниевые технологии. Технологии «объемного» производства микроструктур на основе кремния.
9.	Технологии поверхностной микрообработки структур на основе кремния. Изготовление микросенсора давления.

10.	Технологии образования кремниевой связи.
11.	Специальные методы обработки материалов. Реактивное ионное травление. Ионное травление.
12.	Лазерная микрообработка.
13.	Материалы для изготовления микросенсоров.
14.	Температурные микросенсоры. Основные понятия. Классификация.
15.	Температурные микросенсоры. Термопары.
16.	Температурные микросенсоры. Шумовая термометрия.
17.	Температурные микросенсоры. Терморезисторы.
18.	Температурные микросенсоры. Термодиоды. Термопереключатели.
19.	Температурные микросенсоры. Неэлектрические микросенсоры.
20.	Радиационные микросенсоры. Основные понятия.
21.	Радиационные микросенсоры. Сцинтилляционные счетчики.
22.	Радиационные микросенсоры. Твердотельные радиационные детекторы.
23.	Микросенсоры УФ- и видимого. Фоторезисторы.
24.	Микросенсоры УФ- и видимого излучения. Фотодиоды. Фототранзисторы.
25.	Микросенсоры ИК-излучения. Пирозлектрический сенсор.
26.	Механические микросенсоры. Основные понятия. Кантилевер.
27.	Сенсоры перемещения.
28.	Сенсоры скорости и потока (расхода).
29.	Микросенсоры ускорения. Базовая конструкция. Пьезорезистивные акселерометры.
30.	Емкостные акселерометры.
31.	Микросенсоры силы, давления и напряжения.
32.	Сенсоры растяжения (тензодатчики).
33.	Микросенсоры массы.
34.	Магнитные микросенсоры. Основные понятия. Классификация.
35.	Датчик Холла.
36.	Магниторезисторы.
37.	Магнитодиоды.
38.	Магнитотранзисторы.
39.	Акустические магнитные микросенсоры
40.	СКВИД.

Вопросы для экзамена
нет

Тестовые задания по дисциплине
Не предусмотрены

14. Образовательные технологии

Предусмотрено использование в учебном процессе отдельных видов активных и интерактивных форм и методов проведения занятий, учитывающих специфику изучения дисциплины:

- чтение лекций с использованием *мультимедийных технологий*;
- *кейстеchnология* (технология дистанционного обучения), т.е. дистанционное повышение уровня освоения аспирантами предмета с помощью учебно-методических комплексов, размещенных в ИОС СГТУ;
- *портфолио* (оценка собственных достижений аспирантов) – результаты участия в различного уровня олимпиадах и научных конференциях, результаты выполнения индивидуальных заданий, предусмотренных преподавателем и др.;
- *модульно-рейтинговая система* оценки успеваемости аспирантов в процессе изучения предмета в течение семестра;
- *технология тестового контроля знаний и умений* (предусматривает проведение входного и выходного контроля при изучении предмета);
- *метод развивающейся кооперации* - групповое решение практических комплексных задач с распределением по отдельным аспирантам решения подзадач.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

Основная литература:

1. Новейшие датчики : учеб. / Р. Г. Джексон ; пер. с англ. под ред. В. В. Лучинина. - 2-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2008. - 400 с. НТБ СГТУ – 24 экз.
2. Распопов В.Я. Микромеханические приборы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Распопов В.Я.— М.: Машиностроение, 2007.— 400 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5155>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

Дополнительная литература:

3. Датчики [Электронный ресурс]: справочное пособие/ В.М. Шарапов [и др.].— М.: Техносфера, 2012.— 624 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16974>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
4. Современные датчики : справочник / Дж . Фрайден ; пер. с англ. Ю. А. Заболотной ; под ред. Е. Л. Свинцова. - М. : Техносфера, 2006. - 592 с. НТБ СГТУ – 24 экз.
5. Полупроводниковые датчики газа резистивного типа на основе оксидов металлов : монография / В. В. Сысоев ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2007. НТБ СГТУ – 5 экз.
6. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под ред. Э. Удда; пер. с англ. И. Ю. Шкадиной. - М. : Техносфера, 2008. НТБ СГТУ – 5 экз.
7. Газоаналитические приборы "электронный нос" / В. В. Сысоев, В. Ю. Мусатов ; Саратовский гос. техн. ун-т. - Саратов : СГТУ, 2011. - 100 с. НТБ СГТУ – 5 экз.
8. Кузьминов А.Ю. Интерфейс RS232. Связь между компьютером и микроконтроллером [Электронный ресурс] / Кузьминов А.Ю.— М.: ДМК Пресс, 2008.— 320 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/7668>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
9. Войтович И.Д. Интеллектуальные сенсоры [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Войтович И.Д., Корсунский В.М.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2009.— 624 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15849>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
10. Дьячков П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок [Электронный ресурс]/ Дьячков П.Н.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 489 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24146>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
11. Световодные датчики / Б. А. Красюк и др. - М. : Машиностроение, 1990. - 256 с. НТБ СГТУ – 1 экз.
12. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учеб. пособие / В. И. Старосельский. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2011. - 463 с. НТБ СГТУ – 1 экз.
13. Физика полупроводниковых приборов / С. М. Зи ; пер. под ред. А. Ф. Трутко. - М. : Энергия, 1973. - 656 с. НТБ СГТУ – 4 экз.
14. Датчики и микро-ЭВМ [Текст] / Н. Како, Я. Яманэ. - Л. : Энергоатомиздат, 1986. - 120 с. НТБ СГТУ – 8 экз.
15. Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси [и др.]. - Л. : Энергоатомиздат, 1991. - 256 с. НТБ СГТУ – 2 экз/
16. Методические указания по выполнению лабораторных работ в физическом практикуме кафедры физики СГТУ им. Гагарина Ю.А. ИОС СГТУ. Электронный ресурс: <https://portal3.sstu.ru/Facult/FTF/FIZ/THFI-1/V.3.3.3.2/default.aspx>. Режим доступа - по паролю.

Периодические издания

17. Датчики и системы : науч.-техн. и произв. журн. - М. : ООО "СенСиДат-Контрол". – 2001-2015. - № 1-12.- ISSN 1992-7185.
18. Sensors.- Базель : Molecular Diversity Preservation International. – 2001-2015.- № 1-12.- ISSN 1424-3210. Электронный ресурс: <http://www.mdpi.com/journal/sensors>. Режим доступа - свободный.
19. Sensors and Transducers. - Brussels : International Frequency Sensor Association.-2005-2015.- №1-12.- ISSN 1726-5479. Электронный ресурс: http://www.sensorsportal.com/HTML/DIGEST/New_Digest.htm. Режим доступа - свободный.

Интернет-ресурсы

20. <https://portal3.sstu.ru> (ИОС СГТУ, ФГОС3+)
21. <http://www.intuit.ru/department/hardware/intensors/>
22. <http://kit-e.ru/articles/sensor.php>
23. http://window.edu.ru/resource/367/21367/files/9803_072.pdf
24. <http://www.portalnano.ru/db/library/?action=view&id=183>

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Предусмотрено сопровождение лекционного курса натурными лекционными демонстрациями и мультимедийными презентациями, подготовленными в среде Microsoft Office PowerPoint.

17. Особенности организации педагогического процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих:
все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС (уровень аспирантуры).

Проф. каф. «Физика» _____/Сысоев В. В./

18. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры
« ____ » _____ 201 ____ года, протокол № _____

Зав. кафедрой _____ /Зимняков Д. А./

Внесенные изменения утверждены на заседании
УМКС/УМКН
« ____ » _____ 201 __ года, протокол № _____

Председатель УМКН _____ / _____ /