

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Углеродная электроника и фотоника

по направлению подготовки

12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки:
Приборы и устройства нанопотоники

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблемы, формулировать задачи, определять пути их решения и оценивать эффективность выбора и методов правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности с учетом специфики исследований и разработки приборов и систем, технологий производства оптических сред, материалов и устройств фотоники и оптоинформатики.

ПК-2 Способность к построению математических моделей объектов исследования и выбору численного метода их моделирования, разработке нового или выбору готового алгоритма решения задачи.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Представляет современную научную картину мира, выявляет естественнонаучную сущность проблемы

ИПК 2.2 Определяет выходные параметры и функции разрабатываемой оптической системы связи, которые должны быть определены в результате моделирования его функционирования на основе физических процессов и явлений

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат физики электронных и оптоэлектронных свойств кристаллического углерода в основных аллотропных модификациях и понимать принципы работы основных типов приборов и устройств углеродной электроники и фотоники.

– Научиться применять понятийный аппарат углеродной электроники и фотоники для предсказания электрических и оптических характеристик электронных и оптоэлектронных структур на основе кристаллического углерода, и для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Третий семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

- лекции: 18 ч.
- семинары: 8 ч.
- лабораторные работы: 12 ч.
- самостоятельная работа: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.
Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Аллотропные формы углерода

Виды гибридизации химических связей. Аллотропные формы углерода в зависимости от вида гибридизации валентных орбиталей. sp^2 - и sp^3 -формы углерода в электронике и фотонике.

Тема 2. Алмаз в электронике и фотонике

Электрические и оптические свойства алмаза. Синтез, легирование, ионная имплантация и радиационно-термическая обработка алмаза. Электрические контакты к алмазу. Электронные устройства и элементы питания на основе алмаза. Фотонно-кристаллические зеркала. Алмазные оптоэлектронные устройства и однофотонные источники. Алмазные лазеры и мазеры. Квантовые сенсоры и квантовые вычисления на основе алмаза. Фотонные интегральные схемы на основе алмаза. Фотонные кристаллы на основе алмаза.

Тема 3. Графен в электронике и фотонике

Электронные и оптические свойства графена и его производных. Синтез и функционализация графена и его производных. Электронные и оптоэлектронные устройства на основе графена и его производных. Приложения в биотехнологиях и медицине.

Тема 4. Углеродные нанотрубки в электронике и фотонике

Виды углеродных нанотрубок. Электронные и оптические свойства углеродных нанотрубок. Синтез углеродных нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок в электронике и фотонике.

Тема 5. Гибридные sp^2 - sp^3 устройства в электронике и фотонике

Формирование sp^2 - sp^3 углеродных гетероструктур. Гибридные sp^2 - sp^3 углеродные устройства.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, семинаров по лекционному материалу, выполнения лабораторных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Самостоятельная работа студентов состоит в изучении теоретического материала, выполнении тестов с возможностью работы над ошибками, подготовке к семинарским занятиям, выполнении домашней работы по решению задач.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче зачета.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Хмельницкий Р.А., Талипов Н.Х., Чучева Г.В. Синтетический алмаз для электроники и оптики / ред. Хмельницкий Р.А. – М.: Издательство ИКАР, 2017. – 228 с.

– Углеродная фотоника / ред. В.И.Конов. – М.: Наука, 2017. – 327 с.

б) дополнительная литература:

– Алексеев Н.И., Лучинин В.В. Электроника алмаза: учебное пособие / Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). – Санкт-Петербург: ЛЭТИ, 2019. – с.

– Вавилов В.С. Алмаз в твердотельной электронике // Успехи физических наук, 1997. – Т. 167. – №1. – С.17-22.

– Бокий Г.Б., Безруков Г.Н., Клюев Ю.А., Налетов А.М., Непша В.И. Природные и синтетические алмаз // М.: Наука, 1986. – 222 с.

– Вечерин П.П., Журавлев В.В., Квасков В.Б. и др. Природные алмазы России / ред. Кваскова В.Б. – М.: Полярон, 1997. – 302 с.

– Walker J. Optical absorption and luminescence in diamond // Reports on progress in physics, 1979. – V 42. – P. 1607-1659.

– Zaitsev A.M. Optical properties of diamond: A data handbook. – Berlin: Springer-Verlag, 2001. – 502 p.

– Teofilov N. Optical investigations on the wide bandgap semiconductors - diamond and aluminumnitride // Dissertation des Dr. rer. nat., Universitat Ulm, 2007. – 122 p.

– Dobrinets I.A., Vins V.G., Zaitsev A.M. HPHT-Treated Diamonds // Springer Series in Materials Science, 2013. – V. 181. – 270 p.

– Araujo D., Suzuki M., Lloret F., Munoz G.A., Villar M.P. Diamond for electronics: materials, processing and devices // Materials, 2021. – V. 14. – 7081.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/>

– Электронный ресурс American Institute of Physics <https://www.scitation.org/>

– Электронный ресурс American Physical Society <https://journals.aps.org/>

– Электронный ресурс ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>

– Электронный ресурс SpringerLink: <https://link.springer.com/>

– Электронный ресурс SPIE Digital Library: <https://www.spiedigitallibrary.org/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные спектроскопическим, электроизмерительным и оптическим оборудованием по теме дисциплины.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Липатов Евгений Игоревич, кандидат физико-математических наук, Томский государственный университет, радиофизический факультет, кафедра квантовой электроники и фотоники, доцент.