

Аннотация дисциплины Б1.Б.17 «Нанoeлектроника»

Общая трудоемкость изучения дисциплины составляет: 4 ЗЕТ (144 ч).

Цели и задачи дисциплины:

Целью дисциплины является формирование системы знаний по физико-химическим особенностям вещества в нанoформе, его получении, обработке и применении в электронике (нанoeлектронике); по методам формирования квантово-размерных структур, выборе методик контроля их параметров и принципах построения квантовоэлектронных приборов на их основе; по современным тенденциям развития электроники, приборам, схемам, устройствам и установкам электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения;

Задачами курса служат расширение научного кругозора и эрудиции студентов на базе изучения законов физики низкоразмерных полупроводниковых структур для последующего использования их при создании приборов нанoeлектроники, твердотельной электроники и в технологии микро- и нанoeлектроники.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

Основные дидактические единицы (разделы):

Введение в нанотехнологию и нанoeлектронику. Основные положения и определения. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур. Квантоворазмерные структуры и их приборное применение.

В результате изучения дисциплины «Нанoeлектроника» студент должен:

знать:

– определения, отличительные черты, классификацию наночастиц, нанотехнологий, квантоворазмерных структур, сложных (бинарных, третичных и т.д.) полупроводниковых монокристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок, магнитных мультислоёв, нитевид-

ных нанокристаллов (полупроводниковых нановискеров), транзисторов с высокой подвижностью электронов (Higt Electron Mobility Tranzistor, HEMT), микро- и нано- электромеханических систем (MEMS и NEMS Micro(Nano)-Electro-Mechanical Systems) (ОПК-1);

– основные положения макро- микро- и нанотрибологии, применительно к использованию атомно-силовой микроскопии в нанотехнологии при формировании низкоразмерных полупроводниковых структур; законы Амонтона-Кулона; модели Баудена-Табора и DMT (Derjagin, Miller, Toropov) (ОПК-1);

– методы молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлорганических соединений (металлорганическая газофазная эпитаксия) и жидкостной эпитаксии – как технологические подходы получения гетероструктур; механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике (островковый, послойный и промежуточный); стадии ростового процесса; определение вицинальной (разориентированной) поверхности; признаки и причины фасетирования растущей полупроводниковой пленки; основные выводы теории Андреева и Марченко (теории спонтанного образования периодически фасетированных поверхностей); метод огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах (ОПК-1);

– модели псевдоморфного и метаморфного роста гетероструктур в нанoeлектронике; нанoeлектронные приборы на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; закон Вегарда (для описания непрерывного ряда твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки); изменения в электронной (зонной) структуре механически напряженного монокристалла по сравнению с ненапряженным полупроводниковым материалом; механизмы релаксации напряжения в псевдоморфных полупроводниковых структурах; механизмы «замораживания» дислокаций (ОПК-1);

– типы квантоворазмерных структур в нанoeлектронике (квантовые точки, ямы, проволоки, сверхрешетки и их комбинации, приборы с двумерным электронным газом); модели «мелкой» и «глубокой» (широкой) квантовых ям; квантование зонного электронного спектра; возможные пути применения сверхрешеток (ОПК-1);

– квантовый целочисленный и дробный эффекты Холла; магнитные сверхрешетки и гигантский магниторезистивный эффект; основные положения теории «фазонов» и самоорганизации структур нанoeлектроники (ОПК-1);

уметь:

– применять полученные знания в области современных тенденций развития электроники, измерительной и вычислительной техники в своей профессиональной деятельности; строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники

различного функционального назначения; использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования (ОПК-5);

– применять положения макро- микро- и нанотрибологии при описании свойств и характеристик низкоразмерных полупроводниковых структур; применять законы Амонтона-Кулона, модели Баудена-Табора и DMT (Derjagin, Miller, Toropov) при моделировании приборов наноэлектроники (ОПК-5);

– описывать механизмы роста гетероструктур в наноэлектронике и стадии их ростового процесса, интерпретировать причины фасетирования растущей полупроводниковой пленки, применять на практике основные выводы теории Андреева и Марченко и метода огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах (ОПК-5);

– применять модели псевдоморфного и метаморфного роста гетероструктур для описания свойств и характеристик изделий наноэлектроники; описывать свойства наноэлектронных приборов на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; применять закон Вегарда для описания непрерывного ряда твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки, трактовать и описывать изменения в электронной (зонной) структуре механически напряженного монокристалла с использованием гидродинамических аналогий (гидростатический и сдвиговой вклады), применять механизмы релаксации напряжения в псевдоморфных полупроводниковых структурах и механизмы «замораживания» дислокаций с целью описания свойств наноустройств на их основе (ОПК-5);

– 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 наноэлектроники (ОПК-5);

– разбираться в квантовом целочисленном и дробном эффектах Холла, магнитных сверхрешетках и гигантском магниторезистивном эффекте; трактовать основные положения теории «фазонов» применительно к самоорганизации структур наноэлектроники; выполнять квантование зонного электронного спектра; разбираться в лазерах на квантовых ямах и точках (ОПК-5);

владеть:

– методами расчета наноэлектронных приборов, методами исследования физических свойств наноструктур, методами теоретического анализа физических процессов наноэлектроники (ОПК-7);

– первичными навыками работы на установках молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлоорганических соединений (металлоорганическая газофазная эпитаксия) и жидкостной; методом огибающей волновой функции для описания электронных состояний в гетероструктурах (ОПК-5);

– первичными навыками получения псевдоморфных и метаморфных гетероструктур, наноэлектронных приборов на основе решеточно-рассогласованных гетероструктур; навыками подбора третичных и более сложных твердых растворов, согласованных по параметрам кристаллической решетки с материалом подложки; навыками расчета электронной (зонной) структуры механически напряженного монокристалла (ОПК-5);

– терминологий квантовой механики с целью описания характеристик квантоворазмерных структур нанoeлектроники (квантовых точек, ям, проволок, сверхрешеток и их комбинаций, приборов с двумерным электронным газом); практическими навыками расчета закономерностей квантования зонного электронного спектра, величины магнитосопротивления в магнитных сверхрешетках, величин контактной разности потенциалов между зародышем новой фазы (фазоном) и средой окружения или, соответственно, размера (диаметра) фазона, исходя из величины контактной разности потенциалов зародыша новой фазы и среды окружения, демонстрируя принцип самоорганизации структур нанoeлектроники (ОПК-5).

Виды учебной работы: лекции, лабораторные работы, практические занятия.

Формы контроля: экзамен.