

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей

УЗГОДЖЕНО

Декан ФАСТ



«15» 09

С. Завгородній

2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи



«15» 09



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

«Основні мікро- та наноелектроніки»

Освітньо-професійні програми: «Електронні технології інтернету речей»

Галузь знань: 17 «Електроніка і телекомунікації»

Спеціальність: 171 «Електроніка»

| Форма навчання | Сем. | Усього (год./кредитів ECTS) | ЛКЦ | ПР.З | Л.З | СРС | ДЗ / РГР / К.р | КР / КП | Форма сем. контролю |
|----------------|------|-----------------------------|-----|------|-----|-----|----------------|---------|---------------------|
| Денна | 4 | 120/4,0 | 34 | - | 17 | 69 | - | - | диф.залік 4с |
| Заочна | 4,5 | 120/4,0 | 8 | - | 4 | 108 | К.р. -5с | - | диф.залік 5с |

Індекс: НБ-2-171-2/21-3.4,
НБ-2-171 -2з/21-3.4

СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021



Робочу програму навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Електронні технології інтернету речей» навчальних та робочих навчальних планів № НБ-2-171-2/21, № РБ-2-171-2/21, та №НБ-2-171-23/21, №РБ-2-171-23/21 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 171 «Електроніка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив
доцент кафедри електроніки,
робототехніки і технологій моніторингу
та інтернету речей _____

О. Задорожний

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 171 «Електроніка» (освітньо-професійні програми «Електронні технології інтернету речей») – кафедри електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей, протокол № 18 від «13» 09 2021 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Електронні технології інтернету речей» _____

О. Задорожний

Завідувач кафедри _____

В. Шутко

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій, протокол № 11 від «15» 09 2021 р.


Голова НМРР _____

О. Кривоносенко

Рівень документа – 3б


Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Врахований примірник

| | | | |
|--|---|-------------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.3 з 9 | |

ЗМІСТ

| | сторінка |
|---|----------|
| Вступ | 4 |
| 1. Пояснювальна записка | 4 |
| 1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни | 4 |
| 1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна | 4 |
| 1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна | 4 |
| 1.4. Міждисциплінарні зв'язки | 5 |
| 2. Програма навчальної дисципліни | 5 |
| 2.1. Зміст навчальної дисципліни | 5 |
| 2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля | 5 |
| 2.3. Тематичний план | 6 |
| 2.4. Контрольна (домашня) робота (ЗФН) | 7 |
| 2.5. Підготовка підсумкової контрольної роботи (ЗФН)..... | 7 |
| 3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни | 7 |
| 3.1. Методи навчання..... | 7 |
| 3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) | 7 |
| 3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті..... | 8 |
| 4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь | 8 |

| | | | |
|--|---|----------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.4 з 9 | |

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 № 249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.

Місце даної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця: навчальна дисципліна «Основи мікро- та наноелектроніки» є теоретичною та практичною основою для розуміння принципів функціонування наноелектронних пристроїв та приладів.

Метою викладання дисципліни є створення можливостей оволодіння теоретичними знаннями з фізичних принципів роботи наноелектронних приладів та пристроїв їх характеристик і методів реалізації; сучасних наноматеріалів; магнітної наноелектроніки, молекулярної електроніки, нанофотоніки.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- вивчення розмірних ефектів, що впливають на фундаментальні властивості матеріалів, ознайомлення з сучасними наноматеріалами та нанотехнологіями.
- оволодіння теоретичними навичками зі створення матеріалів, функціональних структур і приладів нанометрових розмірів.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна.

ПРН1. Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.

ПРН3. Знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, аналітичної механіки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла.

ПРН4. Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки.

ПРН5. Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для вирішення задач проектування та налагодження електронних систем, демонструвати навички програмування, аналізу та відображення результатів вимірювання та контролю.

ПРН12. Використовувати документацію, пов'язану з професійною діяльністю, із застосуванням сучасних технологій та засобів офісного устаткування; використовувати англійську мову, включаючи спеціальну термінологію, для спілкування з фахівцями, проведення літературного пошуку та читання текстів з технічної та фахової тематики.

ПРН13. Вміти засвоювати нові знання, прогресивні технології та інновації, знаходити нові нешаблонні рішення і засоби їх здійснення; відповідати вимогам гнучкості в подоланні перешкод та досягненні мети, раціонального використання та нормування часу, дисциплінованості, відповідальності за свої рішення та діяльність.

ПРН14. Дотримуватися норм сучасної української ділової та професійної мови.

ПРН15. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.


ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

| | | | |
|--|---|----------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.5 з 9 | |

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК8. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК9. Здатність працювати в команді.

ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.

ЗК12. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

ЗК16. Здатність поглиблювати знання в області сучасної електроніки.

ФК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.

ФК3. Здатність інтегрувати знання фундаментальних розділів фізики та хімії для розуміння процесів твердотільної, функціональної та енергетичної електроніки, електротехніки.

ФК4. Здатність враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на ефективність та результати інженерної діяльності в галузі електроніки.

ФК 6. Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.

ФК 7. Здатність застосовувати творчий та інноваційний потенціал в синтезі інженерних рішень і в розробці конструкцій пристроїв та систем електроніки.

ФК 9. Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв для проектування мікропроцесорних та електронних систем.

1.4. Міждисциплінарні зв'язки.

Навчальна дисципліна «Основи мікро- та наноелектроніки»

базується на таких дисциплінах, як: «Вища математика», «Фізика», «Основи напівпровідникових матеріалів та приладів»;

є базою таких дисциплін як: «Електронні системи», «Електронні вбудовані системи та їх програмування», «Основи конструювання електронних пристроїв», «Мікрохвильова функціональна електроніка в інтернеті речей», «Сенсори і актюатори інтернету речей» та інших.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля №1 «Нанофізика. Наноматеріали та нанотехнології»;
- навчального модуля №2 «Пристрої наноелектроніки»,

кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля.

Модуль № 1 «Нанофізика. Наноматеріали та нанотехнології».


Інтегровані вимоги модуля №1:

Знати:

- розмірні ефекти та явища, які обумовлюють властивості наноматеріалів; сучасні наноматеріали, їх властивості та технології виробництва;
- принципи та особливості функціонування нанотранзисторних структур на традиційних та нових матеріалах.

Вміти:

- використовувати теоретичні знання для розрахунку основних характеристик нанорозмірних структур.

| | | | |
|--|---|----------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.6 з 9 | |

Тема 1. Основи нанofізики.

Розмірні ефекти. Властивості нанокластерів. Кванторозмірні ефекти. Властивості напівпровідникових низькорозмірних структур. Надгратки.

Тема 2. Наноматеріали та нанотехнології.

Наноструктурні метали. Вуглецеві наноструктури, графен і фулерени. Вуглецеві нанотрубки. Напівпровідникові матеріали. Нанотехнології напівпровідників.

Тема 3. Нанотранзисторні структури на традиційних матеріалах.

Кремнійові польові транзистори. КНІ-транзистори. Транзистори на структурах SiGe. Гетеротранзистори. Біполярні транзистори.

Тема 4. Нанотранзисторні структури на нових матеріалах.

Нанотранзистори на основі вуглецевих нанотрубок. Нанотранзистори на основі графена. Спіновий нанотранзистор. Одноелектронні транзистори. Резонансно-тунельні транзистори. Транзистори на гарячих електронах.

Модуль № 2 «Пристрої наноелектроніки».

Інтегровані вимоги модуля №2:

Знати:

- елементи магнітної наноелектроніки та прилади спінтроніки;
- принципи роботи та будови квантових комп'ютерів;
- елементи макро- та мікрмолекулярної електроніки та нанofотоніки.

Вміти:

- використовувати теоретичні знання для розрахунку основних характеристик нанорозмірних пристроїв та приладів.

Тема 1. Магнітна наноелектроніка.

Спінтроніка. Властивості магнітовпорядкованих структур. Прилади на магнітостатичних хвилях. Прилади спінтроніки.

Тема 2. Квантові комп'ютери.

Перехід від бітів до кубітів. Квантові розрахунки. Елементи база квантових комп'ютерів.

Тема 3. Молекулярна електроніка (молектроніка).


Макромолекулярна електроніка. Мікрмолекулярна електроніка. Молекулярні транзистори та елементи логіки. Молекулярна пам'ять.

Тема 4. Нанofотоніка.

Структури зі зменшеною розмірністю. Пристрої на фотонних кристалах. Фотонні транзистори. Лазерні наноструктури. Волоконні лазери.

2.3. Тематичний план.

| № п/п | Назва теми | Обсяг навчальних занять (год.) | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--------|----------------|-----|-----------------------|--------|----------------|-----|
| | | Денна форма навчання | | | | Заочна форма навчання | | | |
| | | Усього | Лекції | Лабор. заняття | СРС | Усього | Лекції | Лабор. заняття | СРС |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Модуль №1 «Нанofізика. Наноматеріали та нанотехнології» | | | | | | | | | |
| 1.1 | Основи нанofізики | 4 семестр | | | | 4 семестр | | | |
| | | 13 | 2 2 | 2 | 7 | 6 | - | - | 6 |
| 1.2 | Наноматеріали та нанотехнології. | 13 | 2 2 | 2 | 7 | 8 | 2 | - | 6 |
| 1.3 | Нанотранзисторні структури на традиційних матеріалах | 13 | 2 2 | 2 | 7 | 7 | - | - | 7 |

| | | | |
|--|---|----------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.7 з 9 | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|------------|-----------|-----------|-----------|------------|----------|----------|------------|
| 1.4 | Нанотранзисторні структури на нових матеріалах. | 13 | 2 2 | 2 | 7 | 9 | 2 | - | 7 |
| 1.5 | Модульна контрольна робота №1 | 5 | 2 | - | 3 | - | - | - | - |
| Усього за модулем №1 | | 57 | 18 | 8 | 31 | 30 | 4 | - | 26 |
| Модуль №2 «Пристрої наноелектроніки» | | | | | | | | | |
| 2.1 | Магнітна наноелектроніка. | 4 семестр | | | | 5 семестр | | | |
| | | 15 | 2 2 | 2 | 9 | 19 | 2 | 2 | 15 |
| 2.2 | Квантові комп'ютери. | 15 | 2 2 | 2 | 9 | 15 | - | - | 15 |
| 2.3 | Молекулярна електроніка (молектроніка). | 15 | 2 2 | 2 | 9 | 15 | - | - | 15 |
| 2.4 | Нанофотоніка | 14 | 2 1 | | 9 | 17 | 2 | - | 15 |
| 2.5 | Контрольна (домашня) робота (ЗФН) | - | - | - | - | 8 | - | - | 8 |
| 2.6 | Підсумкова семестрова контрольна робота | | | | | 16 | | 2 | 14 |
| 2.7 | Модульна контрольна робота №2 | 4 | 2 | - | 2 | - | - | - | - |
| Усього за модулем №2 | | 63 | 16 | 9 | 38 | 90 | 4 | 4 | 82 |
| Усього за навчальною дисципліною | | 120 | 34 | 17 | 69 | 120 | 8 | 4 | 108 |

2.4. Контрольна (домашня) робота (ЗФН).

Контрольна (домашня) робота для ЗФН виконується у п'ятому семестрі, відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь студента при вивченні дисципліни.

Теми рефератів та завдання для виконання практичної частини контрольної (домашньої) роботи здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій, розроблених провідними викладачами кафедри.

Час, потрібний для виконання контрольної складає 8 годин самостійної роботи.

2.5. Підготовка до підсумкової контрольної роботи (ЗФН).

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до підсумкової контрольної роботи розробляються провідними викладачами, затверджуються протоколом засідання кафедри та доводяться до відома студентів.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання.

Для успішного засвоєння матеріалу лекційні заняття рекомендується проводити з використанням мультимедійного обладнання. Лабораторні заняття необхідно проводити малими групами для більш повного сприйняття і засвоєння практичного матеріалу.

3.2. Рекомендована література.


Базова література

3.2.1. Назаров, О.М., Нищенко М.М. Наноструктури та нанотехнології: навчальний посібник. – Київ : НАУ, 2012. – 248 с.

3.2.2. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Якименко Ю.І., Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 300с.

3.2.3. Muhammad H. Rashid, Microelectronic circuits: Analysis and design, Second Edition. – USA, Stamford, 2011. – 1314p.

Допоміжна література

| | | | |
|--|---|----------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.8 з 9 | |

- 3.2.4. Заячук, Д. М. Нанотехнології і наноструктури: навчальний посібник МОН України; Національний університет "Львівська політехніка". – Львів: Львівська політехніка, 2009. – 580 с.
- 3.2.5. Шука А.А., Наноелектроніка : учебное пособие – М.: БИНОМ, 2012. – 342с.

3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті.

3.3.1 Методичні розробки кафедри (в електронному вигляді).

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ.

Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

| Вид навчальної роботи | Максимальна кількість балів | |
|--|-----------------------------|-----------------------|
| | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| | Модуль №1 | |
| Виконання та захист лабораторних робіт | 96×4 = 36 | - |
| <i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i> | 22 балів | - |
| Виконання модульної контрольної роботи №1 | 14 | - |
| Усього за модулем №1 | 50 | - |
| | Модуль №2 | |
| Виконання та захист лабораторних робіт | 96×4 = 36 | 30 |
| Виконання та захист контрольної (домашньої) роботи | - | 40 |
| <i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i> | 22 балів | - |
| Підсумкова семестрова контрольна робота | - | 30 |
| Виконання модульної контрольної роботи №2 | 14 | - |
| Усього за модулем №2 | 50 | - |
| Усього за дисципліною | 100 | |

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку.

Залікова рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання всіх видів навчальної роботи протягом семестру.


4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

4.4. Сума поточної та контрольної модульних рейтингових оцінок становить підсумкову модульну рейтингову оцінку, яка в балах та за національною шкалою заноситься до відомості модульного контролю.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки студента.

4.6. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки студента, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.7. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.

| | | | |
|--|---|----------------|-----------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Основи мікро- та наноелектроніки» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 22.02-01-2021 |
| | | стор.9 з 9 | |

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

| № прим. | Куди передано (підрозділ) | Дата видачі | П.І.Б. отримувача | Підпис отримувача | Примітки |
|---------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

| № пор. | Прізвище ім'я по-батькові | Підписознайомленої особи | Дата ознайомлення | Примітки |
|--------|---------------------------|--------------------------|-------------------|----------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

| № пор. | Прізвище ім'я по-батькові | Дата ревізії | Підпис | Висновок щодо адекватності |
|--------|---------------------------|--------------|--------|----------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

| № зміни | № листа (сторінки) | | | | Підпис особи, яка внесла зміну | Дата внесення зміни | Дата введення зміни |
|---------|--------------------|------------|--------|--------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| | Зміненого | Заміненого | Нового | Анульованого | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

| | Підпис | Ініціали, прізвище | Посада | Дата |
|-----------|--------|--------------------|--------|------|
| Розробник | | | | |
| Узгоджено | | | | |
| Узгоджено | | | | |
| Узгоджено | | | | |