

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
Інститут інформатики та радіоелектроніки

Кафедра ІТЕЗ

**Методичні вказівки для виконання
самостійної та індивідуальної роботи
з дисципліни
«Проектування мікро- і наноструктур»**

для студентів спеціальності
172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми
«Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіоелектронної техніки»)
усіх форм навчання

Методичні вказівки для виконання самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни «Проектування мікро- і наноструктур» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» (освітні програми «Радіоелектронні апарати та засоби» та «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки») усіх форм навчання / Уклад.: Фурманова Н.І., Фарафонов О.Ю., – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 10 с.

Укладачі: Фурманова Наталія Іванівна, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри ІТЕЗ;
Фарафонов Олексій Юрійович, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри ІТЕЗ,
Коновалова Ірина Петрівна, зав. навч. лаб

Рецензент: Миронова Наталя Олексіївна, канд. техн. наук,
доцент кафедри ПЗ

Відповідальний за випуск: Шило Галина Миколаївна, д-р.
техн. наук, доцент, зав. каф. ІТЕЗ

Затверджено
на засіданні кафедри ІТЕЗ
протокол № 1 від 28.08.19 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФРЕТ
протокол № 1 від 02.09.19 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Завдання для самостійної роботи	6
2 Завдання для індивідуальної роботи	7
Література	8

ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни «Проектування мікро- і наноструктур» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», освітньої програми «Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є методи моделювання та проектування компонентів мікро- та нанотехніки, конструювання та технології виробництва мікро- і наноструктур.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна базується на знанні дисциплін «Основи САПР», «Основи проектування електронних засобів», «Фізичні основи мікро- і наносистемної техніки».

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Елементи мікросистемної техніки, технологічні процеси їх виготовлення.

2. Проектування елементів мікро- і наносистемної техніки.

Мета дисципліни: надання студентам базових знань з принципів побудови, функціонування та проектування мікро- і наноструктур, елементів та компонентів мікро- і наносистемної техніки.

Навчальним планом передбачені лекції та лабораторні роботи.

Завдання: формування знань про компонентах мікросистемної техніки, фізичних принципах їх функціонування, конструкція, характеристиках, базових технологіях і особливості застосування; освоєння методик експериментального і теоретичного дослідження компонентів мікросистемної техніки.

Очікувані результати навчання з дисципліни:

отримання знань про основні види компонентів мікросистемної техніки, принципи їх функціонування, основні конструктивні варіанти, характеристики, базові технології та особливості застосування;

формування умінь використовувати отримані знання при моделюванні, експериментальному дослідженні та застосуванні компонентів мікросистемної техніки;

оволодіння практичними навичками проектування окремих компонентів мікросистемної техніки, дослідження їх характеристик і застосування при створенні технічних систем різного функціонального призначення.

1 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Підготувати короткий конспект лекцій за наступними темами:

1 Технологічні процеси виготовлення елементів мікросистемної техніки:

Технологія об'ємної мікрообробки

LIGA-технологія

Технологія поверхневої мікрообробки

MUMPS-технологія

SUMMIT-технологія

2 Сенсорні елементи мікросистемної техніки:

Сенсори температури на основі термопар

Сенсори кутових швидкостей (волоконний оптичний гіроскоп, мікромеханічні гіроскопи)

Сенсори магнітного поля (елемент Хола, двоколекторний магнітотранзистор)

3 Актюаторні мікросистемні техніки:

Мікронасоси (електрогідродинамічні мікронасоси, механічні мікронасоси з активними клапанами, механічні мікронасоси з пасивними клапанами)

Інтегральні мікродзеркала

Інтегральні мікромеханічні ключі, параметри мікромеханічних ключів

Інтегральні мікродвигуни (електростатичні повітряні пленарні мікродвигуни, електростатичні діелектричні пленарні мікродвигуни, п'єзоелектричний мікродвигун)

4 Лабораторії-на-крістали:

Газовий хроматограф

Рідинний хроматограф

Детектуючі пристрої мікролабораторії

5 Проектування елементів мікросистемної техніки:

Мова опису елементів мікросистем VHDL-AMS

Проектування елементів МСТ в САПР Tanner Pro (бібліотека Memslib, схемний редактор S-Edit, редактор топології L-Edit, підсистема схемотехнічного моделювання T-Spice)

Проектування елементів МСТ в САПР Coventorware (програма Architect, програма Designer, програма System Builder, програма Analyser)

Програма кінцево-елементного моделювання Ansys (режими роботи програми Ansys, маршрут моделювання елементів МСТ в Ansys)

2 ЗАВДАННЯ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

У якості індивідуальної роботи для студентів, що з певних причин мають пропуски, є завдання з підготовки реферату.

Видача теми реферату проводиться лектором або викладачем, що веде лабораторні заняття з дисципліни. Здача реферату проводиться в формі публічного захисту.

Загальний обсяг роботи - записка не менше 20 аркушів формату А4; графічна частина - ілюстративний матеріал до захисту загальним обсягом до одного листа формату А1.

Тематика робіт в основному пов'язана з вивченням конструкцій компонентів мікросистемної техніки, їх характеристик, моделювання, експериментального дослідження, технологій виготовлення та особливостей застосування.

Приблизний перелік тем реферативних робіт:

Класифікація і стандартизація компонентів мікросистемної техніки.

Сенсори. Класифікація, основні характеристики.

Тензорезистивні сенсори.

Датчики на основі мікромеханічних перетворювачів.

Мікрогіроскопи.

Термоелектричні сенсори.

Оптичні сенсори.

Магнітоелектричні сенсори.

Хімічні сенсори.

Біологічні сенсори.

Датчики на основі вуглецевих нанотрубок.

Мікромеханічні приводи руху. Класифікація, основні характеристики.

Мініатюрні п'єзоелектричні приводи руху.

Моделювання ємнісних актюаторів.

Моделювання термомеханічних актюаторів.

Мікропривід руху на ефекті «пам'яті форми».

Мікро- та наноманіпулятор. Конструкції, технології, застосування.

Мікронагрівачі і мікрохолодильники.

Керовані мікроелектрорадіокомпоненти.

Мікроелектромеханічні і мікропневматическіє реле і комутатори.

Керовані оптоелектромеханічні мікрокомпоненти.

Мікромеханічні схеми в радіочастотних пристроях.

Мікро- та наномеханіка. Конструкції, технології.

Електростатичні та електромагнітні мікродвигуни.

Моделювання електростатичних мікродвигунів.

П'єзоелектричні мініатюрні двигуни.

Пневматичні мікроприводи руху, мікротурбіни, мікросопла. Конструкції, технології, застосування.

Моделювання пневматичних мікроприводів руху.

Програмні засоби для комп'ютерного моделювання мікромеханічних пристроїв.

Інтелектуальні сенсорні системи: штучний ніс, штучний язик.

Мініатюрні аналітичні прилади.

Мініатюрні медико-біологічні прилади.

Компоненти технологічних мікросистем. Конструкції, технології, застосування.

Мікро- та нано- інструмент. Конструкції, технології, застосування.

Мікрохімічні лабораторії, мініфабрики.

Мініатюрні автономні транспортні системи.

Міні-роботи для медицини.

Програмні засоби для комп'ютерного моделювання мікросистем.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 М. Лобур, М. Мельник. Основи мікросистемних пристроїв: навчальний посібник. <http://cad.lp.edu.ua/project/b3.pdf>
- 2 Семенець В. В., Невлюдов І. Ш., Палагін В. А. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології: підручник для студ. вищ. навч. закл. : затв. МОНУ. – Х.: Компанія СМІТ, 2011. – 416 с.

- 3 В.Теслюк, А.Зелінський, В.Каркульовський, Я.Василюк. Розширене проектування мікросистемних пристроїв: Навчальний посібник. <http://cad.lp.edu.ua/project/m6.pdf>
- 4 Варадан В., Виной К., Джозе К. ВЧ МЭМС и их применение: Пер. с англ. / Под ред. Ю.А.Заболотной. – М.: Техносфера, 2004. – 528 с.
- 5 П. Кособуцький, М. Лобур, С. Чумаченко. Статистичне проектування мікроелектромеханічних систем. Навчальний посібник. <http://cad.lp.edu.ua/project/m2.pdf>
- 6 Осадчук В. С., Осадчук О. В. Сенсори тиску і магнітного поля: монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 207 с.
- 7 Осадчук В. С., Осадчук О. В., Кравчук Н. С. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 163 с. Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/7754>
- 8 Викулин И. М., Викулина Л. Ф., Горбачев В. Э. Магниточувствительные полупроводниковые сенсоры: монография. – Одесса: Одесская нац, академия связи, 2016. – 144 с.
- 9 Осадчук В. С., Осадчук О. В., Крилик Л. В. Сенсори вологості: монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 208 с.
- 10 Осадчук В.С., Осадчук О.В., Прокопова М.О. Сенсори газу. Монографія. –Вінниця: «Універсум-Вінниця», 2008. – 182 с. – Режим доступу: http://osadchuk_ov.vk.vntu.edu.ua/file/fc5263b57012f0e8b60116fc63079b95.pdf
- 11 Алейников А. Ф., Гридчин В. А., Цапенко М. П. Датчики (перспективные направления развития): Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 176 с.
- 12 Качан О. Я. Принципы формирования микро- и наносистем. – 2016. – 284 с.
- 13 Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – Москва: Физматлит, 2005. – 416 с.
- 14 Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. Пьезо-электрические датчики / под ред. В. М. Шарапова. – М.: Техносфера, 2006. – 632 с. – Мир электроники.

- 15 Хадлстон К. Проектирование интеллектуальных датчиков с помощью Microchip dsPIC: пер. с англ. – Киев: МК-Пресс, 2008. – 320 с.