

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки

Затверджено

На засіданні


кафедри сенсорної та напівпровідникової
електроніки

факультету електроніки та комп'ютерних
технологій

Львівського національного університету
імені Івана Франка

(протокол № 1 від 29.08.2023 р.)

Завідувач кафедри проф. Богдан ПАВЛИК



Силабус з навчальної дисципліни

**«Мікроелектронні сенсорні пристрої / Microelectronic Sensor
Devices», що викладається в межах ОП «Комп'ютерні науки»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності
122 – Комп'ютерні науки**

Назва дисципліни	Мікроелектронні сенсорні пристрої
Адреса викладання дисципліни	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. ген. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 Інформаційні технології 122 Комп'ютерні науки
Викладач дисципліни	Лис Роман Мирославович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри сенсорної та напівпровідникової електроніки
Контактна інформація викладача	roman.lys@lnu.edu.ua Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген. Тарнавського, 107, лаб. 416 https://electronics.lnu.edu.ua/employee/lys-r-m
Консультації з курсу відбуваються	У день проведення лекційних/лабораторних занять відповідно до розкладу (кімн. 405, вул. ген. Тарнавського, 107). Також проводяться онлайн-консультації на платформі Microsoft Teams. Для погодження часу онлайн-консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=134 https://electronics.lnu.edu.ua/course/mikroelektronni-sensorni-prystroi-microelectronic-sensor-devices-122-ku
Інформація про дисципліну	Курс «Мікроелектронні сенсорні пристрої» вивчає процеси, які відбуваються в мікроелектронних сенсорах та сенсорних пристроях за дії зовнішніх чинників.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Мікроелектронні сенсорні пристрої» є дисципліною вільного вибору студента зі спеціальності 122 – Комп'ютерні науки, яка викладається в другому семестрі в обсязі 3 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	<i>Метою</i> дисципліни є освоєння студентами принципів роботи та будови основних типів мікроелектронних сенсорних пристроїв. <i>Цілями</i> є засвоєння видів матеріалів для сенсорики, властивостей напівпровідників та діелектриків, галузей застосування датчиків фізичних величин, а також ознайомлення із сучасними сенсорними екранами та охоронними сповіщувачами.
Література для вивчення дисципліни	Базова 1. Осадчук В. С., Осадчук О. В., Кравчук Н. С. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом. Вінниця: Універсум, 2007. 2. Вуйцінік В., Готра З. Ю., Готра О. З., Григор'єв В. В., Каліта В., Мельник О. М., Потенці Є. Мікроелектронні сенсори фізичних величин: науково-навчальне видання. Львів: Ліга-Прес, Том 1, 2002 (Том 2, 2003). 3. Буджак Я. С. Елементи теорії мікроелектронних сенсорів. Львів: Ліга-Прес, 2001. 4. Скришевський В. А. Фізичні основи напівпровідникових

	<p>хімічних сенсорів. Київ: Київський університет, 2006.</p> <p>5. Sensor & Control Industry Megatrends 2023, and Beyond. URL: https://www.gminsights.com/megatrends/sensors-and-controls/28</p> <p style="text-align: center;">Допоміжна</p> <p>6. Болеста І. М. Фізика твердого тіла. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.-2003.- 480 с.</p> <p>7. Савчин В. П., Шувар Р. Я. Електронне перенесення в напівпровідниках та напівпровідникових структурах. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.- 2008.- 688 с.</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг 90 год. Аудиторних занять - 32 год.: 16 год. - лекційних занять, 16 год. - практичних занять. Самостійна робота - 58 год.
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення даного курсу студент повинен: знати: принцип роботи основних мікроелектронних сенсорних пристроїв, їхню будову, параметри, область застосування; вміти: використовувати знання фізичних принципів роботи мікроелектронних сенсорних пристроїв для експериментальних досліджень основних проблем електроніки.
Ключові слова	Сенсор магнітного поля, сенсор механічного навантаження, сенсор вологості, акселерометр, датчик, мікроелектронний пристрій, сенсорика.
Формат курсу	Очний. Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій для кращого розуміння тем
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань у галузі 12 – Інформаційні технології.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації, інтерактивні вправи, лабораторні завдання, групові та підгрупові завдання, дискусія. Робота в системі Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, проектор, мультимедіа, платформи Microsoft Teams та Moodle, стандартне комп'ютерне програмне забезпечення.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання знань студента здійснюється за 100 бальною шкалою, 50 балів за поточну успішність і 50 – за залік. Поточний контроль знань студентів здійснюється під час проведення лабораторних занять (8 робіт). За кожен лабораторну роботу максимально надається 6 балів, а також 2 додаткові бали за успішне виконання та захист усіх робіт. Разом максимально $8 \times 6 + 2 = 50$ балів. Модульний контроль проводиться 1 раз впродовж семестру (максимально 50 балів). Семестр закінчується здачею заліку з навчальної дисципліни. Під час семестрового контролю враховуються результати здачі лабораторних і модульних контрольних робіт та письмово-усного заліку. Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Виявлення ознак академічної недоброчесності при виконанні

	<p>лабораторних робіт та формуванні звітів є підставою для їх незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані при поточному контролі (виконання лабораторних робіт, модулів), самостійній роботі та бали підсумкового заліку. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до іспиту	Перелік питань і завдань для проведення підсумкової оцінки знань усіх тем курсу до контрольних робіт розміщено на веб-сторінці http://194.44.208.156/moodle/course/view.php?id=134
Опитування	Анкету з метою оцінювання якості курсу буде надано після вивчення курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання, лабораторна робота, самостійна робота, год.	Термін виконання
1, 2	Тема 1. Основні поняття та визначення. Предмет і завдання курсу. Вимірювальна інформація. Вимірювальні сигнали та їх параметри (інформативний та неінформативний параметр). Вхідний та вихідний сигнал. Вимірювальне перетворення та вимірювальний перетворювач. Сенсор та сенсорний пристрій. Первинний та вторинний перетворювач. Функція перетворення, види функцій перетворення. Діапазон перетворень. Коефіцієнт перетворення. Чутливість, поріг чутливості вимірювального перетворювача. Вплив чинників довкілля на характеристики сенсорів.	Лекція	2, 3, 4	Вступне заняття. Інструкція з техніки безпеки. Академічна доброчесність. Вивчення будови та принципу роботи Arduino Uno.	1, 2 тиж. семестру
3, 4	Тема 2. Класифікація магнітних матеріалів.	Лекція	2, 7	Дослідження сенсора температури на основі	3, 4 тиж. семестру

	Гальваномагнітні ефекти в напівпровідниках. Пара-, діа-, феро- та антиферомагнетики як матеріали для сенсорної електроніки. Параметри магнітного поля. Ефект Холла. Магніторезистивний ефект («ефект Гауса»). Залежність провідності напівпровідника від геометрії зразка. Магнітоконцентраційний ефект. Магнітодіодний ефект.			мікросхеми LM 35.	
5, 6	Тема 3. Магнітооптичні та термомагнітні ефекти в напівпровідниках. Магнітне обертання площини поляризації лінійно поляризованого випромінювання, ефект Фарадея. Подвійне променезаломлення в магнітному полі, ефект Фогта. Ефекти Еттінгсгаузена, Нернста-Еттінгсгаузена та Рігі-Ледюка. Схеми прояву цих ефектів, кінетичні коефіцієнти.	Лекція	1, 6	Дослідження безконтактного датчика температури.	5, 6 тиж. семестру
7, 8	Тема 4. Магніторезистори та магнітодіоди. Диск Корбіно. Конструкція та параметри магніторезисторів. Залежність питомого опору від величини магнітного поля. Матеріали для магніторезисторів. Магніторезистори на основі магнітоконцентраційного ефекту. GMR-магніторезистори. Будова та принцип дії магнітодіодів, технологія виготовлення. ВАХ магнітодіоду, вольтова та струмава магніточутливить.	Лекція	2, 3, 5, 6	Дослідження сенсора кольору.	7, 8 тиж. семестру
9, 10	Тема 5. Відносна вологість. Плівкові кулометричні сенсори вологості. Абсолютна та відносна вологість. Температура точки роси. Методи вимірювання вологості газів. Прямі та непрямі методи вимірювання вологості. Галузі застосування та характеристики сенсорів вологості. Конструкція та принцип дії плівкових кулометричних сенсорів вологості. Залежність струму кулометричного сенсора вологості від відношення швидкості потоку газу до площі сенсора. Характеристики планарного кулометричного сенсора.	Лекція	2, 4, 7	Дослідження сенсора вологості повітря.	9, 10 тиж. семестру
11,12	Тема 6. Сенсори вологості на основі пористих матеріалів.	Лекція	1, 2, 4	Дослідження 3-осьового	11, 12 тиж.

	<p>П'єзорезистивні сенсори вологості. Оптичні та оптико-механічні сенсори вологості. Сенсори вологості на основі пористого кремнію: конструкція, залежність ємності від величини відносної вологості. Керамічні сенсори вологості резистивного типу, залежність опору датчика від величини відносної вологості. Керамічні сенсори вологості ємнісного типу. Будова та робота п'єзорезистивного сенсора вологості. Матеріали для чутливого елемента. Основні характеристики п'єзорезистивних датчиків вологості. Використання рефрактометрів, волоконно-оптичних хвилеводів та інтерферометрів для вимірювання відносної вологості газів.</p>			акселерометру.	семестру
13, 14	<p>Тема 7. Принципи роботи сенсорів механічних величин. Напівпровідникові тензосенсори. Тиск, сила, прискорення. Принципи роботи сенсорів механічних величин. Характеристики основних типів сенсорів тиску. Галузі застосування сенсорів механічних величин. Топологічні варіанти мембранних перетворювачів. Інтегральний тензорезистивний сенсор абсолютного тиску. Тензорезистивні плоскі сенсори відносного та абсолютного тисків: конструкція, принцип роботи, застосування.</p>	Лекція	1, 2, 4, 5, 7	Дослідження сенсорів механічних навантажень.	13, 14 тиж. семестру
15, 16	<p>Тема 8. Тонкоплівкові ємнісні сенсори тиску. П'єзоелектричні товстоплівкові акселерометри. Товстоплівкові магніторезистивні сенсори механічних величин. Варіант конструкції тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску. Принцип дії. Матеріали для тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску. Будова товстоплівкового п'єзоелектричного акселерометра. Чутливість та діапазон вимірювання. Основні параметри акселерометра. Галузі застосування. Анізотропія опору. Матеріали для товстоплівкових магніторезистивних сенсорів механічних величин. Особливості товстоплівкових</p>	Лекція	3, 5, 6	Написання C-програм керування сенсора в середовищі Arduino. Підсумкове заняття. Узагальнення проблемних питань.	15, 16 тиж. семестру

	магніторезисторів. Товстоплівковий магніторезистивний сенсор лінійного переміщення та обертання.				
--	--	--	--	--	--