Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра
Мікроелектроніки

Магнітоелектроніка в інформаційних системах

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	176 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Мікро- та наносистемна техніка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 годин)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	
Мова викладання	Українська/Англійська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: професор, доктор фіз.-мат. наук Поплавко Юрій Михайлович Практичні / Семінарські: Поплавко Юрій Михайлович yu.poplavko@kpi.ua
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: Googleclassroom

Програманавчальної дисципліни

1. Описнавчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Метою дисціпліни є формування у студентів здатностей: до практичного використання сучасних моделей та засобів дослідження під час вирішенні науково-технічних задач; самостійно розробляти моделі новітніх електронних прикладыв, а також технологічних процесів електроніки.

Основні ***завдання*** дициплiни: згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння програми модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

***знання*:** фізичних основ процесів у магнытних наноструктурах, а також засобів та методів розрахунку характеристик нано-приладів;

уміння:використовувати сучасні моделі фізики конденсованого стану, використовувати засоби дослідження, використовувати засоби та методи моделювання з метою розробки новітніх наноструктурних матеріалів електроніки.

досвід: практичного використання сучасних моделей розрахунку та засобів дослідження матеріалів у професійній діяльності, самостійної розробки моделей фізичних процесів у твердих елементах електронної техніки.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: ПО7 Функціональні матеріали і структури мікро- та наноелектроніки.

Постреквізити: ПО8 Наукова робота за темою магістерської дисертації; ПО9 Науково-дослідна практика; ПО10 Виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

1. Основні визначення магнетизму
2. Невпорядковані магнетики

2.1. Діамагнетизм
2.2. Парамагнетизм
2.3. Парамагнетизм: механізм Ланжевена-Кюрі
2.4. Парамагнетизм: механізм Паулі
2.5. Спін електронів і нуклонів

3. Кінетичні ефекти у магнітних полях
3.1. Гальваномагнітні ефекти
3.2. Термомагнітні ефекти
3.3. Магнітооптичні ефекти
3.4. Ядерний магнітний резонанс
3.5. Електронний парамагнітний резонанс
3.6. Циклотронний резонанс
3.7. Квантовий ефект Холла
3.8. Магнітне охолодження

4. Магнетики з далеким магнітним порядком
4.1. Феромагнетизм
4.2. Антиферомагнетизм і феримагнетизм
4.3. Магнони

5. Магнітні напівпровідники і діелектрики
5.1. Магнітооптичні явища
5.2. Запам’ятовувальні пристрої
5.3. Магнітні напівпровідники
5.4. Магнітний запис інформації

6. Нанотехнології і магнітні електронні пристрої
6.1. Наночастинки і нанофізика
6.2. Роль поверхневих властивостей
6.4. Магнітні наноматеріали
6.5. Спінова електроніка
6.6. Зчитувальна головка на гігантському магнітоопорі
6.7. Енергонезалежна пам'ять на магнітоопорі
6.8. Спін-вентильний транзистор

7. Магнітна пам’ять
7.1. Визначальні особливості пристроїв пам’яті
7.2. Фізичні принципи магнітного запису інформації
7.3. Пам’ять на магнітних дисках
7.4. Пам’ять на циліндричних магнітних доменах
7.5. Магнітооптичні диски
7.6. Магніторезистивна оперативна пам’ять

8. Ферити у пристроях НВЧ діапазону
8.1. Особливості феритових пристроїв НВЧ
8.2. Феритові вентилі і фільтри
8.3. Феритові циркулятори
8.4. Феритові фазообертачі
8.5. Радіопоглинаючі матеріали

9. Нанобіомагнетизм
9.1. Магнітні біоматеріали
9.2. Особливості феритину
9.3. Біозахоплення та розділення магнітних біоматеріалів
9.4. Молекулярна магнітнорезонансна томографія
9.5. Доставка ліків
9.6. Гіпертермія

10. Магнітні матеріали і технології
10.1. Магнітом'які матеріали
10.2. Магнітотверді матеріали
10.3. Магнітні матеріали спеціального призначення

10.4. Кристали феритів
10.5 Аморфні магнітні плівки сплавів рідкісноземельних і перехідних металів
10.6. Матеріали і структури спінової електроніки

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література:

1. Ю.М. Поплавко, О.В. Борисов, В.Я. Жуйков "Магнітна електроніка" (**Підручник**), Київ, 2015, 390 стор. (Електронна библітотека каф. Мікроелектроніки)

2. Ю.М. Поплавко, О.В. Борисов, І.П. Голубєва. Ю.В. Діденко "Магнетики в електроніці" (**навчальний посібник**), 2014, 365 стор. (Електронна библітотека каф. Мікроелектроніки)

Додаткова література:

1. Ю.М. Поплавко, Фізика твердого тіла. Том 1 Структура, квазічастинки, метали, магнетики, Київ, вид. «Інженірінг». **Підручник,** 2017, 415 стор. Затверджено Вченою Радою НТУУ КПІ (протокол №5 15.05 2017 р.) (Електронна библітотека каф. Мікроелектроніки)
2. Ю.М. Поплавко, Фізика твердого тіла. Том 2 Діелектрики, напівпровідники, фазові переходи, Київ, вид. «Інженірінг». **Підручник**, 2017, 379 стор. Затверджено Вченою Радою НТУУ КПІ (протокол №5 15.05 2017 р.) (Електронна библітотека каф. Мікроелектроніки)
3. Yu.M. Poplavko. Solid state elementary electrophysics, Vol. 1 Symmetry, quasi-particles, metals, magnetics. Kyiv, Edited by Igor Sicorsky Polytechnic Institute, 2016, 364 pages. **Tutorial** approved by Academic Council of Igor Sicorsky Polytechnic Institute (protocol №11 of November 7, 2016).
4. Yu.M. Poplavko. Solid state elementary electrophysics, Vol. 2 Semiconductors, dielectrics, phase transitions. Kyiv, Edited by Igor Sicorsky Polytechnic Institute, 2016, 364 pages. **Tutorial** approved by Academic Counsil of Igor Sicorsky Polytechnic Institute (protocol №11 of November 7, 2016).
5. Yuriy M. Poplavko. Electronic materials. Principles and applied science. 2019, 683 pages. Edited by ELSEVIER, USA.
6. Yu.M. Poplavko, Yu.I. Yakymenko.Functional dielectrics for electronics. Fundamentals of conversion properties. 2020, 294 pages. Edited by ELSEVIER, USA.
7. Yuriy M. Poplavko. Dielectric spectroscopy of electronic materials. Applied physics of dielectrics. 2021, 400 pages. Edited by ELSEVIER, USA.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всінавчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні)та надаються рекомендації щодо їх засвоєння Самостійна робота студента. Підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, розв’язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо)

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Заохочується надання відповідей на завдання з використанням англійської мови

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: опитування за темою заняття, письмові відповіді на індивідуальні завдвння

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальна позитивна оцінка за індивідуальне завдання

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Заохочується надання відповідей на завдання з використанням англійської мови.
В рамках дисципліни заплановано наступні види навчальних занять:

- лекції;
- практичні заняття;
- самостійна робота.

Теми дисципліни взаємозв'язані, матеріал вивчається в логічній послідовності. На заняттях розкриваються найбільш суттєві теоретичні питання, які дозволяють забезпечити студентам можливість глибокого самостійного вивчення всього програмного матеріалу. Теми та порядок виконання практичних занять сформовано в логічній послідовності і повністю узгоджуються з лекційним матеріалом. Теоретичні та практичні знання поглиблюються шляхом самостійної роботи з використанням рекомендованої літератури та інформаційних ресурсів мережі Internet.

На заняттях використовуються персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор, інтерактивна дошка, інтернет-ресурси.

Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється індивідуальним опитуванням (тестуванням), домашньою контрольною роботою та заліком.

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Відвідування занять

Студентам рекомендується відвідувати заняття. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. Відсутність на практичних заняттях, без поважних причин штрафується від'ємними балами.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах та/або конкурсах (за тематикою навчальної дисципліни)	5-10 балів в залежності від місця, яке зайняв	Порушення термінів експрес-опитування	- 2 бали
Виступ на занятті з ініціативною доповіддю на обрану творчу тему за програмою дисципліни	5 балів	Порушення термінів виконання тестування	-5 балів
Відповіді на завдання з використанням англійської мови	5 балів	Порушення термінів виконання домашньої контрольної роботи та її захисту (за кожну таку роботу)	-2 бали

Пропущені контрольні заходи

Результат залікової контрольної роботи для студента, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент має можливість написати залікову контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання залікової контрольної роботи не допускається.

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Поточний контроль: тестування (експрес-опитування), домашня контрольна робота.

Календарний контроль: атестація проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог програми.

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації			8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг		≥ 10 балів	≥ 30 балів
	Поточний контрольний захід	Тестування 1-2	+	–
	Поточний контрольний захід	Домашня контрольна робота 1	+	–
	Поточний контрольний захід	Тестування 3-8	–	+
	Поточний контрольний захід	Домашня контрольна робота 2	–	+

*Семестровий контроль:*залік

Умови допуску до семестрового контролю:

Обов'язкові:

- Виконані тести
- Виконані домашні контрольні роботи
- Поточний рейтинг RD ≥ 30 балів.

Необов'язкові:

- Активність на заняттях.
- Позитивний результат першої атестації та другої атестації.

Система рейтингових балів:

1. Тести. Максимальна кількість балів – 40.Тестування за темами дисципліни здійснюється на основі тестів і залежить від тривалості контрольного заходу (5-10 хвилин). Кожний блок тестів відповідає вимогам змістової характеристики теоретичних тем.
2. Домашня контрольна робота. Максимальна кількість балів – 20.

– вичерпна відповідь – 18 – 20 балів;
– відповідь з незначними неточностями – 15-17 балів;
– неповна відповідь та незначні помилки – 9 – 14 балів;
– грубі помилки – 5-8
– незадовільна відповідь – 0 балів.

3. Залік. Максимальна кількість балів – 40.

Умовою допуску до семестрового контролю є виконання усіх поточних контрольних заходів та рейтинг більший за 30 балів. На останньому за розкладом занятті проводиться семестрова атестація у вигляді письмової залікової роботи.

Студенти, які отримали за рейтингом позитивну оцінку (набрали протягом семестру не менше ніж 60 балів (RD ≥ 30)), можуть бути атестовані за цими балами без написання контрольної роботи.

Студенти, які отримали менше 60 балів, виконують контрольну роботу і захищають її у вигляді співбесіди. У цьому разі рейтингова оцінка складається з результатів роботи в семестрі (RD≥ 30 балів) та результатів контрольної роботи

Якщо залікова контрольна робота не може бути позитивно оцінена, то сумарна рейтингова оцінка залишається незмінною.

– вичерпна відповідь – 35 – 40 балів;
– відповідь з незначними помилками – 25-34 балів;
– неповна відповідь та незначні помилки – 15 – 24 балів;
– грубі помилки – 5-14
– незадовільна відповідь – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	*Оцінка*
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Основна мета практичних занять - розрахунки процесів у матеріалів, що перспективні у технічному застосуванні до мікроелектроніки та аналіз їх діелектричних спектрів. Для студентів розроблено більш як 30 задач по курсу. Провадяться учбові наукові семінари, де виступають студенти, практикуючись для захисту своєї бакалаврської роботи. Студенти набувають уміння**:** визначити основні фізичні причини тих чи інших електричних властивостей діелектричних матеріалів, що застосовуються у сучасних електронних приладах, уміння коректного підбору діелектричних матеріалів для застосування в електроніці. Студенти одержують навички**:** визначення домінуючих механізмів електричної поляризації та втрат у кристалах та полікристалах, навички розрахунку параметрів анізотропних активних матеріалів, методам оцінки та розрахунку електричних параметрів пасивних та активних діелектриків, навчаються основним методам вимірювання характеристик діелектриків.

Контрольні роботи. Заплановано проведення 2-х рубіжних контрольних робіт з метою з'ясувати ступінь засвоєння навчального матеріалу та стимулювати його повторення та систематизацію. *Контрольна робота 1:* на тематику Невпорядковані магнетики.
Контрольна робота 2: на тематику Нанотехнології і магнітні електронні пристрої

Характеристика індивідуальних завдань. Індивідуальні завдання мають за основну мету – поглиблення знань бакалаврів з кредитного модуля, прищеплення досвіду самостійної роботи зі спеціальною літературою, розвитку уміння практично застосовувати знання, отримані у рамках циклів математичної, природничо-наукової, професійної підготовки. Індивідуальні завдання виконуються під час практичних занять у вигляді задач та розрахункових робіт для самостійної роботи студента. **Р**оботи являють собою самостійний аналіз відомих експериментальних і

теоретичних даних студент повинний показати уміння проводити прості теоретичні розрахунки й одержувати прості аналітичні співвідношення: студент повинний показати уміння проводити прості розрахунки за допомогою комп'ютера й одержувати дані про фундаментальні властивості кристалів з експериментальних даних; розрахунки можуть виконуватися в комп'ютерному класі кафедри мікроелектроніки в погоджений час; теми є індивідуальним завданням: неприйнятне списування студентами чужої роботи.

Методи навчання та інформаційно-методичне забезпечення. Використовуються такі методи навчання: лекційний, виконання індивідуальних завдань на практичних заняттях та індивідуальних розрахункових завдань в рамках самостійної роботи, рубіжний контроль – модульні контрольні роботи. Надаються методичні посібники та методичні вказівки у друкованому і електронному вигляді, роздаткові матеріали.

*Приблизна тематика практичних занять.*Основна мета практичних занять - розрахунки процесів у нано матеріалах, що перспективні у технічному застосуванні до мікроелектроніки та аналіз їх діелектричних спектрів. Провадяться учбові наукові семінари, де виступають студенти, практикуючись для захисту своєї бакалаврської роботи. Студенти набувають **уміння:**визначити основні фізичні причини тих чи інших електричних властивостей наноматеріалів, що застосовуються у сучасних електронних приладах, уміння коректного підбору діелектричних матеріалів для застосування в електроніці. Студенти одержують **навички:** визначення домінуючих механізмів поляризації провідності та втрат у наноматеріалах, навички розрахунку параметрів анізотропних активних матеріалів, методам оцінки та розрахунку електричних параметрів пасивних та активних матеріалів, навчаються основним методам вимірювання їх характеристик.

Контрольні роботи **-** Заплановано проведення 2-х рубіжних контрольних робіт з метою з'ясувати ступінь засвоєння навчального матеріалу та стимулювати його повторення та систематизацію. *Модульна контрольна робота* продиться на тематику: Нанотехнології і електронні пристрої. *Індивідуальні завдання мають* за основну мету – поглиблення знань з кредитного модуля, прищеплення досвіду самостійної роботи зі спеціальною літературою, розвитку уміння практично застосовувати знання, отримані у рамках циклів математичної, природничо-наукової, професійної підготовки. Індивідуальні завдання виконуються під час практичних занять у вигляді задач та розрахункових робіт для самостійної роботи студента. Роботи являють собою самостійний аналіз відомих експериментальних і теоретичних даних студент повинний показати уміння проводити прості теоретичні розрахунки й одержувати прості аналітичні співвідношення: студент повинний показати уміння проводити прості розрахунки за допомогою комп'ютера й одержувати дані про фундаментальні властивості кристалів з експериментальних даних; розрахунки можуть виконуватися в комп'ютерному класі кафедри мікроелектроніки в погоджений час; теми є індивідуальним завданням: неприйнятне списування студентами чужої роботи.

Методи навчання та інформаційно-методичне забезпечення. Використовуються такі методи навчання: лекційний, виконання індивідуальних завдань на практичних заняттях та індивідуальних розрахункових завдань в рамках самостійної роботи, рубіжний контроль – модульні контрольні роботи. Надаються методичні посібники та методичні вказівки у друкованому і електронному вигляді, роздаткові матеріали.

Автор цієї програми написав та видав **підручник "Магнітна електроніка"**, 2015, об'ємом 390 стор. Крім того, автором надруковано чотири навчальних посібника з курсу Магнетизм, якими користуються студенти Національного технічного університету України. Ці посібники прикладаються до програми. Нарешті, у **2019** р. автором надрукований у США англомовний учбовий посібник «**ELECTRONIC MATERIALS**».

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, докт. фіз.-мат. наук Поплавко Юрієм Михайловичем

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол № 27 від 21.06.2024).

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2024 від 27.06.2024).