


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет**  
**імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра фізичної та біомедичної електроніки**

**Затверджено**

На засіданні КФБМЕ  
факультету електроніки та комп'ютерних  
технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 28 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри



Олег БОРДУН

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Фізичні методи контролю параметрів матеріалів**  
**електроніки»,**  
**що викладається в межах ОПП «Електроніка та**  
**комп'ютерні системи» першого (бакалаврського) рівня**  
**вищої освіти для здобувачів зі спеціальності**  
**171 «Електроніка»**

<b>Назва дисципліни</b>	Фізичні методи контролю параметрів матеріалів електроніки
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, 171 Електроніка
<b>Викладачі дисципліни</b>	Кофлюк Ірина Миколаївна, доктор філософії, асистент
<b>Контактна інформація викладачів</b>	iryna.koflyuk@lnu.edu.ua <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kofliuk-iryna-mykolajivna/">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kofliuk-iryna-mykolajivna/</a> Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки вул. Драгоманова, 50, лаб. 409
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекційних або лабораторних занять. Також можливі он-лайн консультації через ZOOM, MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
<b>Сторінка дисципліни</b>	
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Фізичні методи контролю параметрів матеріалів електроніки» є нормативною дисципліною з спеціальності 171 «Електроніка» для освітньої програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 3,5 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Фізичні методи контролю параметрів матеріалів електроніки» вивчає принципи та методи фізичного контролю властивостей матеріалів, що застосовуються в електроніці. Узагальнює та систематизує знання студентів з фізики твердого тіла, матеріалознавства та електроніки, знайомить з сучасними методами аналізу, такими як спектроскопія, рентгеноструктурний аналіз, електронна мікроскопія, та їх застосуванням для контролю якості матеріалів і пристроїв.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<b>Метою вивчення нормативної дисципліни «Фізичні методи контролю параметрів матеріалів електроніки»</b> є формування у студентів знань про основні фізичні методи дослідження параметрів матеріалів, які використовуються в електроніці, та набуття практичних навичок їх застосування. Ознайомити студентів із сучасними методами контролю, такими як рентгеноструктурний аналіз, спектроскопія, електронна мікроскопія, для оцінки якості матеріалів та елементів електронних пристроїв.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	Основна література: 1. Електронні системи контролю якості та діагностики [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Л.Д. Писаренко, С.Р. Михайлов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 200 с. 2. Фізичні основи електроніки: курс лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: К.С. Дрозденко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 153 с 3. Фізичні основи електроніки: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: К.С. Дрозденко, Д.В.Паренюк – Київ:

- КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 98 с.
4. Коперльос Б.М., Студеняк І.П., Сусліков Л.М. Напівпровідникова і фізична електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник. Ужгород. Видавництво УжНУ «Говерла», 2019. 136 с
  5. Фізика процесів у напівпровідниках та елементах електроніки : курс лекцій : [навчальний посібник] / [Д. М. Фреїк, В. М. Чобанюк, З. Ю. Готра та ін. ; за заг. ред. заслуженого діяча науки і техніки України, доктора хімічних наук, проф. Д. М. Фреїка]. – Івано-Франківськ : Видавництво Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2010. – 263 с
  6. Холявко В. В. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів: навчальний посібник для студентів галузі знань 13 – Механічна інженерія спеціальності 132 – Матеріалознавство денної та заочної форм навчання / В. В. Холявко, І. А. Владимирський, О. О. Жабинська. – Київ: Центр учбової літератури, 2016. – 156 с.
  7. Афанасьєва О.В. Функціональні матеріали оптоелектронної техніки. Частина перша. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 168 с.
  - 8.. Афанасьєва О.В. Функціональні матеріали оптоелектронної техніки. Частина друга. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 172 с.
  9. Osten, W. (Ed.). (2019). Optical Inspection of Microsystems, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. 584 pp.
  10. Cullity B. D., Stock S. R. Elements of X-ray Diffraction. Prentice Hall, 2014. – 672 p.
  11. Williams D. B., Carter C. B. Transmission Electron Microscopy: A Textbook for Materials Science. Springer, 2016. – 760 p.
  12. Небеснюк О. Ю., Ніконова З. А., Ніконова А. О. Методи дослідження матеріалів та компонентів мікро- та наноелектронної техніки: методичні рекомендації до практичних занять і виконання індивідуального завдання для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Мікро-та наносистемна техніка» освітньо-професійної програми «Мікроелектронні інформаційні системи». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2024. 43 с.
  13. Сидоренко С.І., Волошко С.М. Термодинаміка та кінетика дифузії : практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітньої програми «Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. : С. І. Сидоренко, С. М. Волошко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 110 с.
  14. М.В. Карпець Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: лабораторний практикум (частина 2) : навч. посіб. для студ. Спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітньої програми «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.В. Карпець, С.І. Сидоренко, А.П. Бурмак. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 113 с.
  15. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів : підручник / В. В. Холявко, І. А. Владимирський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка, 2023. – 272
  16. Комп'ютерне моделювання структури металевих матеріалів. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для

	<p>здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві» спец. 132 Матеріалознавство / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. М. Доній, В. В. Христенко, Ю. В. Яворський. – Електрон. текст. дані (1 файл: 18,29 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 153 с.</p>
	<p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Flewitt, P. E. J., &amp; Wild, R. K. Physical Methods for Materials Characterisation. CRC Press, 2017. – 749 p.</li> <li>2. Yu, P. Y., &amp; Cardona, M. Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties. Springer, 2010. – 778 p.</li> <li>3. Sze, S. M., &amp; Ng, K. K. Physics of Semiconductor Devices. Wiley-Interscience, 2006. – 832 p.</li> <li>4. Wiley, J. D. Practical Materials Characterization. Springer, 2013. – 350 p.</li> <li>5. Сусликов Л. М., Студеняк І. П. Неруйнівні методи контролю : навчальний посібник : Ужгород : Видавництво УжНУ, 2016. 192 с</li> <li>6. Методи вимірювання теплопровідності масивних твердих тіл і тонких плівок : огляд / М. О. Галушак, В.Г. Ральченко, А.І. Ткачук, Д.М. Фреїк // Фізика і хімія твердого тіла. – 2013. – Т. 14, №2. – С. 317-344</li> <li>7. Ashby M., Jones D. Engineering Materials 1: An Introduction to Properties, Applications and Design. Butterworth-Heinemann, 2020. – 512 p.</li> <li>8. Волошко С.М. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою “Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання” спеціальності 132 “Матеріалознавство” / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : Волошко С.М., Крутько О.А., Франчік Н.В., А.П. Бурмак – Київ: Видав-во КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 97 с.</li> </ol>
<b>Обсяг курсу</b>	<p>Загальний обсяг 105 год. 64 години аудиторних занять, з них 32 години лекцій та 32 години лабораторних робіт. Самостійна робота– 41 година.</p>
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Знати основні фізичні методи контролю параметрів матеріалів, такі як рентгеноструктурний аналіз, спектроскопія, електронна мікроскопія; класифікацію матеріалів для електроніки та їх основні властивості; принципи дії та застосування сучасних приладів для аналізу матеріалів; основи неруйнівного контролю та його значення у виробництві електронних пристроїв.</li> <li>– Вміти проводити дослідження властивостей матеріалів із використанням сучасних фізичних методів; аналізувати отримані дані та інтерпретувати результати для оцінки якості матеріалів; оцінювати мікроструктуру та фізико-механічні параметри матеріалів електроніки; використовувати прилади контролю якості для діагностики дефектів у матеріалах; формувати звіти про проведені дослідження та робити висновки щодо придатності матеріалів до використання в електронних пристроях.</li> </ul> <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких компетентностей і програмних результатів:</p> <p><b>ПРЗ.</b> Знаходити рішення практичних задач електроніки шляхом застосування відповідних моделей та теорій електродинаміки, аналітичної механіки, електромагнетизму, статистичної фізики, фізики твердого тіла.</p>

	<p><b>ПР4.</b> Оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, розуміти основи твердотільної електроніки, електротехніки, аналогової та цифрової схемотехніки, перетворювальної та мікропроцесорної техніки</p> <p><b>ПР6.</b> Застосовувати експериментальні навички (знання експериментальних методів та порядку проведення експериментів) для перевірки гіпотез та дослідження явищ електроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, планувати, складати схеми; аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати.</p> <p><b>ПР13.</b> 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.</p> <p><b>ПР17.</b> Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.</p> <p><b>ЗК1.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК2.</b> Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p><b>ЗК6.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ЗК7.</b> Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p><b>ЗК11.</b> Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p><b>ФК1.</b> Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.</p> <p><b>ФК3.</b> Здатність інтегрувати знання фундаментальних розділів фізики та хімії для розуміння процесів твердотільної, функціональної та енергетичної електроніки, електротехніки.</p> <p><b>ФК6.</b> 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.</p> <p><b>ФК9.</b> Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів електронної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв для проектування мікропроцесорних та електронних систем.</p>
<b>Ключові слова</b>	Рентгеноструктурний аналіз, спектроскопія, матеріалознавство, контроль якості, параметри матеріалів, мікроструктура, тонкі плівки, напівпровідникові матеріали, фізика твердого тіла, механічні властивості, електронна мікроскопія.
<b>Формат курсу</b>	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Матеріали та компоненти сучасної електроніки», «Фізичні основи електроніки», «Оптоелектроніка», «Фізика і хімія технологічного процесу в електроніці».

<p><b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b></p>	<p>Презентації, лекції, лабораторні роботи (робота у групі, команді), обговорення, дискусії.</p>												
<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Мультимедіа, платформа Teams, спектрофотометр СФ-46, рентгенівський дифрактометр, УЗ ванна, електронний мікроскоп, термостат, установка для вимірювання ефекту Холла, джерело монохроматичного світла, еліпсометр, лабораторні стенди, інфрачервона камера, інтерферометр цифрові мультиметри, персональні комп'ютери із встановленим програмним забезпеченням для керування осцилографом.</p>												
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 50-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30.</li> <li>• дві контрольні роботи: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20.</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки. Проводиться в письмовій формі з наступною усною співбесідою. Білет з іспиту включає в себе три питання з програми даного курсу і оцінюється в 50 балів. Загалом упродовж семестру 100 балів.</li> </ul> <p>Кожна <b>контрольна робота</b> складається з 5 теоретичних питань і проводиться у письмовій формі.  <b>Контрольна робота</b> оцінюється за 10 бальною системою за наступними критеріями:</p> <table border="1" data-bbox="576 1128 1533 1675"> <thead> <tr> <th>Бали</th> <th>Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9–10</td> <td>Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.</td> </tr> <tr> <td>6–8</td> <td>Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.</td> </tr> <tr> <td>3–5</td> <td>Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.</td> </tr> <tr> <td>1–2</td> <td>Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Не виконав.</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p>	Бали	Критерії оцінювання	9–10	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.	6–8	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.	3–5	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.	1–2	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.	0	Не виконав.
Бали	Критерії оцінювання												
9–10	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.												
6–8	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.												
3–5	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.												
1–2	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.												
0	Не виконав.												

**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.

**Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані під час семестру, виконанні самостійної роботи та бали підсумкової роботи. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; 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 та ін.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

**Оцінювання лабораторних робіт** (10 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 30) відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту звіту.

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

**0 балів**– лабораторна робота не виконана; відсутній звіт, або звіт є, але містить значну кількість помилок та недоліків; завдання роботи не виконані, а знання студента щодо теми лабораторної роботи відсутні.

**1 бал**– лабораторна робота частково виконана, але з грубими помилками в обчисленнях, оформленні або аналізі результатів; звіт є, проте містить багато недоліків (неточні формулювання, відсутність пояснень до виконаних дій, недостатній аналіз результатів); відповідь на питання викладача з теми роботи поверхнева або неповна.

**2 бали**– лабораторна робота виконана з незначними помилками, які не впливають суттєво на результат; звіт оформлений, але є дрібні недоліки (наприклад, відсутність деяких пояснень або незначна плутанина у викладенні); студент демонструє базові знання теми, може пояснити основні етапи виконання роботи та інтерпретувати отримані результати.

**3 бали**– лабораторна робота виконана повністю, всі завдання виконані правильно; звіт оформлений відповідно до вимог: містить опис методики, результати, розрахунки, висновки; студент впевнено відповідає на запитання, демонструючи глибоке розуміння теми та вміння пояснити методику виконання роботи.

**Іспит** оцінюється за 50 бальною системою згідно з наступними критеріями:

Бали	Критерії оцінювання
40–50	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.
25–39	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.
14–24	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
1–13	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.
0	Не виконав.

**Питання до іспиту**

1. Матеріали електроніки.
2. Значення контролю параметрів у виробництві електроніки.
3. Класифікація методів.
4. X-променеві методи.
5. Оптичні методи.
6. Акустичні методи.
7. Електромагнітні методи.
8. Теплові методи.
9. Комбіновані методи.
10. Роль фізичних методів у забезпеченні якості матеріалів.
11. Кристалічна структура матеріалів та методи її контролю.
12. Типи кристалічних ґраток, дефекти у кристалах.
13. Методи: рентгенівська дифракція (XRD), електронна мікроскопія (SEM, TEM).
14. Електричні параметри та методи їх контролю.
15. Контроль електропровідності та питомого опору.
16. Провідність, питомий опір, температурна залежність.
17. Чотирьохзондовий метод, метод Холла.
18. Діелектричні властивості та їх контроль.
19. Діелектрична проникність, тангенс кута втрат.
20. Методи вимірювання ємності (C-V характеристики), імпедансна спектроскопія.
21. Контроль напівпровідникових властивостей матеріалів.
22. Концентрація носіїв заряду, рухливість електронів і дірок.
23. Вольт-амперні характеристики, спектроскопія імпедансу.
24. Оптичні властивості та методи їх контролю.
25. Контроль прозорості та показника заломлення.
26. Оптична прозорість, коефіцієнт поглинання.
27. Методи: спектрофотометрія, рефрактометрія, еліпсометрія.
28. Контроль люмінесцентних властивостей.
29. Флуоресценція, фосфоресценція.
30. Методи: люмінесцентна спектроскопія.
31. Контроль фотопровідності та фотоелектричних ефектів.
32. Фотопровідність, оптична ширина забороненої зони.
33. Методи: фотострумова спектроскопія.
34. Теплові параметри та методи їх контролю.
35. Контроль теплопровідності та теплоємності.
36. Теплопровідність, теплоємність, температурна стабільність.
37. Методи: лазерний метод спалаху, DSC.
38. Контроль термомеханічних властивостей.
39. Теплове розширення, температура плавлення.
40. Методи: дилатометрія, термогравіметричний аналіз (TGA).
41. Механічні параметри та методи їх контролю.
42. Контроль міцності, твердості та пружності.
43. Міцність, модуль Юнга, твердість.
44. Методи: наноіндентація, механічне тестування.
45. Контроль зносостійкості та триботехнічних властивостей.
46. Фізика тертя та зносу.
47. Методи контролю магнітних матеріалів.
48. Принципи магнітного контролю.
49. Магнітно-резонансні методи.
50. Застосування в електроніці.
51. Наноматеріали та їх фізичні методи дослідження.
52. Контроль розмірно-залежних властивостей наноматеріалів.
53. Квантові ефекти.
54. Методи: AFM, TEM, STM.
55. Контроль параметрів наноматеріалів у електроніці.
56. Вуглецеві нанотрубки, графен, перовськіти.
57. Методи: DLS, спектроскопія.
58. Хімічні властивості та їх контроль.



	<p>59. Контроль хімічної стійкості матеріалів.  60. Корозійна стійкість, стійкість до агресивних середовищ.  61. Методи: електрохімічна імпедансна спектроскопія, потенціостат.  62. Контроль адгезії та сумісності матеріалів.  63. Адгезія, оброблюваність.  64. Радіаційна стійкість та екологічні параметри.  65. Контроль радіаційної стійкості матеріалів.  66. Радіаційно-індуковані дефекти у структурах.  67. Методи: гамма-спектрометрія, рентгенівська спектроскопія.  68. Екологічний контроль матеріалів для електроніки.  69. Екологічна безпека, можливість вторинної переробки.  70. Сучасні методи контролю параметрів матеріалів електроніки.  71. Інноваційні методи: лазерна абляція, нейтронна томографія.  72. Виклики та перспективи у матеріалознавстві.  73. Моделювання фізичних методів контролю параметрів матеріалів.  74. Роль моделювання у вдосконаленні фізичних методів контролю.  75. Моделювання як інструмент для прогнозування результатів вимірювань.  76. Основи математичного моделювання фізичних явищ.  77. Застосування моделювання для оптимізації контролю.  78. Перспективи розвитку моделювання у фізичних методах контролю.  79. Інтеграція з машинним навчанням для автоматизованого аналізу.  80. Використання квантових технологій.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

## СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Вступ. Матеріали електроніки. Вступ до фізичних методів контролю параметрів матеріалів електроніки. Значення контролю параметрів у виробництві електроніки.	Лекція	1, 7, 11, 12	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки. Ознайомлення з обладнанням для фізичних досліджень. 2 год.	1-й тиж. семестру
2	Класифікація методів. X-променеві методи. Оптичні методи. Акустичні методи. Електромагнітні методи. Теплові методи. Комбіновані методи. Роль фізичних методів у забезпеченні якості матеріалів.	Лекція	2, 4, 5, 7, 10, 12	Вимірювання питомого опору матеріалів ЛР. 1. 2 год.	2-й тиж. семестру
3	Кристалічна структура матеріалів та методи її контролю. Типи кристалічних ґраток, дефекти у кристалах. Методи: рентгенівська дифракція (XRD), електронна мікроскопія (SEM, TEM)..	Лекція	1, 2, 7, 10, 11	Контроль напівпровідникових параметрів методом Холла ЛР. 2. 2 год.	3-й тиж. семестру
4	Електричні параметри та методи їх контролю. Контроль електропровідності та питомого опору. Провідність, питомий опір, температурна залежність. Чотирьохзондовий метод, метод Холла. Діелектричні властивості та їх контроль. Діелектрична проникність, тангенс кута втрат. Методи вимірювання ємності (C-V характеристики), імпедансна спектроскопія. Контроль напівпровідникових властивостей матеріалів. Концентрація носіїв заряду, рухливість електронів і дірок. Вольт-амперні характеристики, спектроскопія імпедансу.	Лекція	1, 2, 3, 5	Рентгеноструктурний аналіз кристалічних матеріалів ЛР. 3. 2 год.	4-й тиж. семестру
5	Оптичні властивості та методи їх контролю. Контроль прозорості та показника заломлення. Оптична прозорість, коефіцієнт поглинання. Методи: спектрофотометрія, рефрактометрія, еліпсометрія.	Лекція	1, 6, 7	Проміжний контроль. Захист лабораторних робіт	5-й тиж. семестру

6	Контроль люмінесцентних властивостей. Флуоресценція, фосфоресценція. Методи: люмінесцентна спектроскопія. Контроль фотопровідності та фотоелектричних ефектів. Фотопровідність, оптична ширина забороненої зони. Методи: фотострумова спектроскопія.	Лекція	1, 6, 7	Основи електронної мікроскопії ЛР. 4. 2 год.	6-й тиж. семестру
7	Теплові параметри та методи їх контролю. Контроль теплопровідності та теплоємності. Теплопровідність, тепло-ємність, температурна стабільність. Методи: лазерний метод спалаху, DSC. Контроль термомеханічних властивостей. Теплове розширення, температура плавлення. Методи: дилатометрія, термогравіметричний аналіз (TGA).	Лекція	1, 6, 7, 12	Визначення показників заломлення та прозорості матеріалів ЛР. 5. 2 год.	7-й тиж. семестру
8	Механічні параметри та методи їх контролю. Контроль міцності, твердості та пружності. Міцність, модуль Юнга, твердість. Методи: наноіндентація, механічне тестування. Контроль зносостійкості та триботехнічних властивостей. Фізика тертя та зносу.	Лекція	1, 11, 12, 15	Проміжний контроль. Захист лабораторних робіт	8-й тиж. семестру
9	Методи контролю магнітних матеріалів. Принципи магнітного контролю. Магнітно-резонансні методи. Застосування в електроніці. Контрольна робота №1	Лекція	1, 3, 12	Дослідження люмінесцентних властивостей матеріалів ЛР. 6. 2 год.	9-й тиж. семестру
10	Наноматеріали та їх фізичні методи дослідження. Контроль розмірно-залежних властивостей наноматеріалів. Квантові ефекти. Методи: AFM, TEM, STM.	Лекція	1, 5, 7, 10, 12, 14	Дослідження поверхневих структур за допомогою АСМ ЛР. 7. 2 год.	10-й тиж. семестру
11	Контроль параметрів наноматеріалів у електроніці. Вуглецеві нанотрубки, графен, перовськіти. Методи: DLS, спектроскопія.	Лекція	1, 4, 5, 7, 14	Проміжний контроль. Захист лабораторних робіт	11-й тиж. семестру

12	Хімічні властивості та їх контроль. Контроль хімічної стійкості матеріалів. Корозійна стійкість, стійкість до агресивних середовищ. Методи: електрохімічна імпедансна спектроскопія, потенціостат. Контроль адгезії та сумісності матеріалів. Адгезія, оброблюваність.	Лекція	1, 6, 12, 15	Визначення оптичних властивостей тонких плівок. ЛР. 8. 2 год.	12-й тиж. семестру
13	Радіаційна стійкість та екологічні параметри. Контроль радіаційної стійкості матеріалів. Радіаційно-індуковані дефекти у структурах. Методи: гамма-спектрометрія, рентгенівська спектроскопія. Екологічний контроль матеріалів для електроніки. Екологічна безпека, можливість вторинної переробки.	Лекція	1, 5, 10	Теплові методи контролю матеріалів. ЛР. 9. 2 год.	13-й тиж. семестру
14	Сучасні методи контролю параметрів матеріалів електроніки. Інноваційні методи: лазерна абляція, нейтронна томографія. Виклики та перспективи у матеріалознавстві.	Лекція	1, 8, 10, 11	Проміжний контроль. Захист лабораторних робіт	14-й тиж. семестру
15	Моделювання фізичних методів контролю параметрів матеріалів. Роль моделювання у вдосконаленні фізичних методів контролю. Моделювання як інструмент для прогнозування результатів вимірювань.	Лекція	1, 9, 13, 16	Моделювання теплових процесів у матеріалах. ЛР. 10. 2 год.	15-й тиж. семестру
16	Основи математичного моделювання фізичних явищ. Застосування моделювання для оптимізації контролю. Перспективи розвитку моделювання у фізичних методах контролю: Інтеграція з машинним навчанням для автоматизованого аналізу. Використання квантових Контрольна робота №2	Лекція	1, 9, 13, 16	Заключне заняття. Підбиття семестрових підсумків. 2 год.	16-й тиж. семестру До іспиту