

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії

Факультету електроніки

Декан

Валерій ЖУЙКОВ

« \_\_\_\_ » « \_\_\_\_ » 2021 р.

МП.

**ПРОГРАМА**

**комплексного фахового випробування**

для вступу на освітню програму підготовки магістра

«Мікро- та наноелектроніка»

*за спеціальністю 153 Мікро- та наносистемна техніка*

Програму рекомендовано кафедрою:

Мікроелектроніки

Протокол № 14 від « 17 » « лютого » 2021 р.

В.о. зав. кафедри

Анатолій ОРЛОВ

## ВСТУП

Прийом на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційних рівнів магістра на освітню програму підготовки магістра «Мікро- та наноелектроніка» за спеціальністю 153 «Мікро-та наносистемна техніка» відбувається згідно Правил прийому до Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Для проведення вступних випробувань та конкурсного відбору на навчання за освітніми програмами підготовки магістрів наказом ректора створюються атестаційні комісії факультетів/інститутів, підкомісії за відповідними спеціальностями та з іноземних мов, які є робочим органом Приймальної комісії університету. Головою атестаційної комісії є декан факультету (директор інституту), головами підкомісій за спеціальностями призначаються завідувачі відповідних випускових кафедр, а членами – провідні професори (доценти), викладачі кафедри (викладачі інших кафедр) та куратори навчальних груп.

Одним з завдань атестаційної комісії факультету є затвердження та, не пізніше ніж за три місяці до початку прийому документів на відповідну форму навчання, оприлюднення (на сайті факультету та інформаційних стендах) назви фахової навчальної дисципліни, з якої будуть проведені вступні випробування (назви навчальних дисциплін при проведенні комплексного випробування) та програми з фахових вступних випробувань.

Програма комплексного фахового випробування для вступу на освітню програму підготовки магістра «Мікро- та наноелектроніка» за спеціальністю 153 «Мікро-та наносистемна техніка» визначає розділи навчальних дисциплін, які винесені на комплексне фахове випробування, перелік питань по кожному розділу, список рекомендованої літератури для самостійної підготовки студентів до комплексного фахового випробування, методику оцінки виконання завдань комплексного фахового випробування. Головним завданням програми є забезпечення можливості вступникам на навчання самостійно підготуватися до складання комплексного фахового випробування.

На комплексне фахове випробування для вступу на освітню програму підготовки магістра «Мікро- та наноелектроніка» за спеціальністю 153 «Мікро-та наносистемна техніка» винесено розділи наступних навчальних дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів за спеціальністю 153 «Мікро-та наносистемна техніка»:

- «Фізика твердого тіла»;
- «Твердотільна електроніка»;
- «Технологічні основи електроніки»;
- «Фізико-технологічні основи наноелектроніки».

### **Методика проведення комплексного фахового випробування (КФВ).**

Методика та технологія виконання і оцінювання КФВ наступні.

При призначенні аудиторій для проведення КФВ необхідно забезпечити кожного студента окремим робочим місцем (за столом – один студент).

КФВ проводиться за письмовою формою.

У час, зазначений у графіку, член атестаційної підкомісії роздає студентам варіанти контрольних завдань КФВ та робочі аркуші, відповідає на можливі запитання студентів щодо змісту КФВ, вимог до їх виконання і критеріїв оцінки та фіксує час початку виконання роботи. На виконання завдань КФВ надається до 135 хвилин.

По мірі виконання робіт вступники здають члену атестаційної підкомісії виконані роботи і звільняють аудиторію. Член атестаційної підкомісії фіксує час закінчення виконання роботи.

Перевірка робіт вступників виконується членами атестаційної підкомісії в день проведення вступного випробування. Оцінювання робіт виконується у відповідності з критеріями оцінки, наведеними у програмі нижче. Результати конкурсних заходів атестаційні комісії оголошують у наступний день після проведення відповідних випробувань.

### **Загальні вимоги до екзаменаційних завдань КФВ.**

Екзаменаційне завдання КФВ – це перелік формалізованих питань, вирішення яких потребує уміння застосовувати інтегровані знання програмного матеріалу дисципліни. Екзаменаційне завдання містить чотири запитання ( по одному з кожної дисципліни, які винесені на комплексне фахове випробування).

Екзаменаційні завдання повинні:

- охоплювати весь програмний матеріал навчальної дисципліни;
- мати кількість варіантів на 3-5 більше ніж кількість вступників, які одночасно виконують КФВ (але не менше 30 варіантів);
- мати однакову структуру (за кількістю питань), бути рівнозначної складності, а трудомісткість відповідати відведеному часу контролю (135 хвилин);
- за можливості зводити до мінімуму непродуктивні витрати часу на допоміжні операції, проміжні розрахунки та інше;
- використовувати відомі вступникам терміни, назви, позначення.

Усі екзаменаційні завдання КФВ повинні мати професійне (фахове) спрямування і вимагати від вступників не тільки відтворення знань окремих тем і розділів навчальних дисциплін, а і їх інтегрованого застосування. При виконанні КФВ вступники повинні продемонструвати як репродуктивні знання так і вміння використовувати набуті знання для вирішення практично спрямованих завдань.

## **ОСНОВНИЙ ВИКЛАД**

### **Перелік питань з дисциплін, які винесені на комплексне фахове випробування**

#### **1. Питання з дисципліни «Фізика твердого тіла»**

- 1.1. Природа хімічного зв'язку. Структура кристалів. Симетрія в кристалах. Дефекти в кристалах.
- 1.2. Енергія електрона у зонному спектрі напівпровідників. Наближення ефективної маси. Фізичні та геометричні властивості ефективної маси.

- 1.3. Динамічні властивості носіїв заряду. Рівняння дрейфового руху, дрейфова швидкість та мобільність у електричному полі.
- 1.4. Дифузійний механізм електропереносу. Дифузія і дрейф. Співвідношення Ейнштейна.
- 1.5. Власний напівпровідник. Залежність концентрації носіїв заряду та рівня Фермі від температури.
- 1.6. Домішкові напівпровідники. Залежність концентрації носіїв заряду та рівня Фермі від температури. Критичні температури. Глибокі домішки.
- 1.7. Компенсовані напівпровідники. Ефективна концентрація домішок. Порівняння з власними напівпровідниками.
- 1.8. Домішкові зони та концентраційне виродження у напівпровідниках.
- 1.9. Електрон – фононна взаємодія. Час фононної релаксації.
- 1.10. Іонне розсіювання. Час іонної релаксації.
- 1.11. Термоелектричний ефект Зеєбека. Коефіцієнт термоерс, його залежність від рівня легування та типу домішок. Порівняння термоерс напівпровідників і металів.
- 1.12. Термоелектричний ефект Пельтьє. Фізична модель процесів. Термоелектричне охолодження. Термоелектрична якість матеріалів.
- 1.13. Рекомбінація. Кількісні характеристики та механізми рекомбінації.
- 1.14. Рекомбінація через центри захвату. Природа центрів захвату. Залежність часу життя від температури, рівня легування основними домішками.
- 1.15. Дифузія, дрейф, генерація, рекомбінація. Дифузійна довжина та час життя.
- 1.16. Електрично активне поглинання світла. Квантовий вихід внутрішнього фотоефекту. Стаціонарна та релаксаційна фотопровідність.
- 1.17. Умови порушення нейтральності освітленого напівпровідника. Ефекти Дембера та фотемагнітний. Фізичні моделі ефектів.
- 1.18. Поглинання світла у напівпровідниках з градієнтом концентрації домішок. Максимальне та граничне значення фотоерс для напівпровідникового матеріалу.
- 1.19. Теплові коливання атомів. Фононні спектри. Особливості оптичних коливань іонних твердих тіл.
- 1.20. Теплоємність, температура Дебая, теплопровідність та термічне розширення твердих тіл.
- 1.21. Діелектрична поляризація твердих тіл. Кількісні характеристики. Класифікація механізмів поляризації.
- 1.22. Пружні механізми поляризації. Частотна дисперсія діелектричної проникності для пружних механізмів поляризації.
- 1.23. Теплова (релаксаційна) поляризація. Частотна дисперсія діелектричної проникності для теплових (релаксаційних) механізмів поляризації.
- 1.24. Спонтанна поляризація. Сегнетоелектрики, піроелектрики, електрети. Температура Кюрі, закон Кюрі - Вейсса.
- 1.25. Прямий та обернений п'єзоефекти. Електрострикція.

- 1.26. Гальваномагнітні ефекти Холла та Гаусса.
- 1.27. Магнітні властивості твердих тіл. Діамагнетизм, парамагнетизм локалізованих електронів.
- 1.28. Сильний магнетизм. Феромагнетики, антиферомагнетики, ферити.
- 1.29. Енергетичний розподіл електронів у металах. Поверхня Фермі. Електропровідність чистих металів та неупорядкованих сплавів.
- 1.30. Фононний спектр металів. Теплоємність та теплопровідність металів. Закон Відемана-Франца-Лоренца.

## **2. Питання з дисципліни «Твердотільна електроніка»**

- 2.1. Вольт-амперна характеристика р-п-переходу. Струми носіїв заряду у р-п-переході. Інжекція та екстракція неосновних носіїв заряду. Коефіцієнт інжекції.
- 2.2. Генерація та рекомбінація носіїв у р-п-переході. Бар'єрна та дифузійна ємність. Пробій р-п-переходу: тепловий, лавинний, тунельний.
- 2.3. Гетеропереходи. Контакт метал-напівпровідник. Бар'єр Шотткі. Омичний контакт.
- 2.4. Поверхневі стани. Структура метал-діелектрик-напівпровідник (МДН). Польовий ефект в МДН - структурах. Ємність МДН - структур.
- 2.5. Випрямні та імпульсні діоди. Принцип дії. Основні параметри.
- 2.6. Напівпровідникові стабілітрони. Варикапи. Принцип дії. Основні параметри.
- 2.7. Тунельні діоди. Лавино-пролітні діоди. Діоди Ганна. Принцип дії. Основні параметри.
- 2.8. Біполярні транзистори. Структура та принцип дії. Розподіл носіїв по структурі транзистора. Ефект Ерлі.
- 2.9. Основні параметри та характеристики біполярних транзисторів, їх залежність від температури та режиму роботи.
- 2.10. Імпульсні та частотні властивості транзисторів. Робота транзистора при високому рівні інжекції. Пробій транзисторів та змикання переходів.
- 2.11. Особливості структури інтегрального біполярного транзистора. Способи ізоляції елементів в інтегральних схемах. Транзистор з комбінованою ізоляцією
- 2.12. Конструкції інтегральних біполярних транзисторів. Багатоємітерний транзистор. Транзистор з діодом Шотткі. Транзистори типу р-п-р.
- 2.13. Модель інтегрального біполярного транзистора. Паразитні зв'язки. Діодне включення біполярного транзистора. Основні параметри різних схем включення.
- 2.14. Параметри МДН-транзисторів, важливі в процесі розробки інтегральних схем. Еквівалентна схема всіх ємностей МДН-транзистора.
- 2.15. МДН-транзистори с п - каналами та самосумісним заслоном. Параметри та характеристики МДН-транзисторів з коротким каналом.

- 2.16. Різновиди МДН-транзисторів. Комплементарні структури. Структури «кремній на діелектрики». Вертикальний МДН-транзистор.
- 2.17. Польові транзистори з керованим переходом метал-напівпровідник. Структура МЕР-транзистора. Основні параметри. Порівняння з іншими МДН-транзисторами.
- 2.18. Напівпровідникові резистори. Плівкові резистори. Основні параметри та структури.
- 2.19. Дифузійні, МДН та плівкові конденсатори. Індуктивні елементи. Основні параметри та структури.
- 2.20. Класифікація інтегральних мікросхем по конструктивно-технологічній та функціональній ознакам. Цифрові та аналогові інтегральні мікросхеми.
- 2.21. Основні логічні функції. Основні характеристики та параметри логічних елементів.
- 2.22. Транзисторна-транзисторна логіка. Базовий логічний елемент ТТЛ. Принцип дії у статичному режимі.
- 2.23. Емітерно-зв'язана логіка. Схема перемикача струму. Елемент малосигнальної емітерно-зв'язаної логіки. Основні параметри.
- 2.24. Інтегральна інжекційна логіка. Структура логічного елемента. Еквівалентна схема. Принцип дії. Основні параметри та характеристики.
- 2.25. Інвертор на  $n$  – канальних МДН – транзисторах. Перехідні процеси в інверторі. Основні параметри та характеристики.
- 2.26. Інвертор на комплементарних МДН – транзисторах. Порівняння з  $n$  – канальним інвертором.
- 2.27. Логічні елементи на МДН – транзисторах. Схема, принцип дії та топологія логічного елемента І-НЕ. Схема та принцип дії логічного елемента АБО-НЕ.
- 2.28. Елементи пам'яті статичного типу на МДН-транзисторах. Базовий елемент пам'яті. Основні параметри.
- 2.29. Елементи пам'яті динамічного типу на МДН-транзисторах. Принцип дії. Різновиди.
- 2.30. Прилади із зарядовим зв'язком. Принцип дії та основні параметри, Різновиди.

### **3. Питання з дисципліни «Технологічні основи електроніки»**

- 3.1. Вимоги, що пред'являються до напівпровідникових матеріалів та мікроелектронної технології. Класифікація напівпровідникових матеріалів.
- 3.2. Загальні характеристики напівпровідникових інтегральних мікросхем. Структура комплексів технологічних процесів.
- 3.3. Мікроклімат та виробнича гігієна. Чиста кімната. Технологічні середовища.
- 3.4. Епітаксійно-планарна структура з прихованим  $n^+$  шаром та послідовність технологічних процесів її виготовлення.

- 3.5. Ізопланарна структура і послідовність технологічних процесів її формування.
- 3.6. Комплементарні структури на МДН-транзисторах і послідовність технологічних процесів їх формування.
- 3.7. Структури кремній на сапфірі, їх різновиди та послідовність технологічних операцій формування.
- 3.8. Типові технологічні маршрути виготовлення біполярних і МОН напівпровідникових мікросхем.
- 3.9. Підготовка напівпровідникових підкладок інтегральних мікросхем. Методи сухої та рідинної обробки пластин. Системи плазмохімічної обробки.
- 3.10. Методи формування електронно-діркових переходів. Метод вплавлення, дифузії, іонної імплантації, епітаксії.
- 3.11. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Вакуумне технологічне обладнання для нанесення тонких плівок. Термовакuumний метод осадження тонких плівок.
- 3.12. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Осадження тонких плівок методами іонного розпилення. Катодне розпилення. Іонно-плазмове розпилення.
- 3.13. Технологічні процеси нанесення речовини на підкладку. Магнетронне розпилення. Фізичне та реактивне розпилення. Високочастотне розпилення.
- 3.14. Технологія одержання діелектричних шарів. Термічне окислення кремнію. Хімічні й електрохімічні методи нанесення діелектричних плівок з розчинів і газової фази.
- 3.15. Епітаксія. Особливості і різновиди епітаксійних процесів. Осадження епітаксійних шарів з парогазової фази. Особливості молекулярно-променевої епітаксії.
- 3.16. Рідинна епітаксія. Епітаксія з твердої фази. Лазерна епітаксія. Одержання і властивості приладів на епітаксимальних шарах арсеніду галію.
- 3.17. Літографічні процеси в технології мікроелектронних пристроїв. Основні фотохімічні процеси. Світлочутливі полімери і композиції.
- 3.18. Фоторизисти. Негативні фоторизисти. Позитивні фоторизисти. Особливості оптичної літографії, методи експонування.
- 3.19. Електронно-променева літографія. Рентгенівська літографія. Особливості іонно-променевої літографії.
- 3.20. Технологія тонкопліткових інтегральних мікросхем. Загальна характеристика технологічного процесу. Методи нанесення тонких плівок металів.
- 3.21. Особливості технології тонкопліткових гібридних інтегральних мікросхем. Контроль параметрів тонких плівок.
- 3.22. Механізм електропровідності плівок. Конструктивно-технологічні особливості створення мікроелектронних пристроїв на основі товстих плівок.

- 3.23. Особливості технології товстоплівкових мікросхем. Матеріали товстоплівкових мікросхем. Підкладки. Провідникові, резистивні пасти та діелектричні пасти.
- 3.24. Технологія формування малюнка товстоплівкових гібридних інтегральних мікросхем. Трафарети. Трафаретний друк.
- 3.25. Методи збирання і герметизації. Виготовлення корпусів. Особливості виготовлення корпусів. Теплові характеристики корпусів.
- 3.26. Розділення пластин на модулі. Методи з'єднання кристалу з виводами корпусу (з'єднання проволокою, бездротовий монтаж, з'єднання на смужковому носії).
- 3.27. Методи монтажу кристалу та електронних компонентів. Методи мікрозварювання (термокомпресія, точкове-контактне, ультразвукове, зварювання). З'єднання полімерними клеями.
- 3.28. Технологія поверхневого монтажу. Елементна база для поверхневого монтажу електронних компонентів. Комутаційні плати. Адитивна та субтрактивна технологія виготовлення комутаційних плат.
- 3.29. Технологія виготовлення плат друкованого монтажу. Технологічний процес збирання виробів на друкованих платах. Механізація і автоматизація процесів монтажу електронних компонентів.
- 3.30. Сучасні аспекти розвитку напівпровідникової мікроелектроніки. Основні тенденції та обмеження.

#### **4. Питання з дисципліни «Фізико-технологічні основи наноелектроніки»**

- 4.1. Квантові основи наноелектроніки, ефекти розмірного квантування. Характерні модельні задачі квантової механіки: бар'єри (тунелювання, інтерференційні ефекти).
- 4.2. Характерні модельні задачі квантової механіки: ями (квантування), періодичні структури (зонний спектр).
- 4.3. Твердотільні структури зниженої розмірності. Розподіл густини  $k$ - і  $E$ -станів у три-, дво-, одно- і нуль-вимірних квантових структурах.
- 4.4. Квантова точка як нульвимірний (0D) об'єкт. Технології створення. Області застосування.
- 4.5. Напівпровідникові надградки. Класифікація надградек (композиційні, леговані, композиційні леговані).
- 4.6. Енергетична структура, енергетичний спектр, вольт-амперна характеристика напівпровідникової надградки.
- 4.7. Електрооптичні ефекти у надградках. Драбина Штарка.
- 4.8. Поперечний транспорт у квантових шарах. Ефект резонансного тунелювання.
- 4.9. Тунелювання квантово-механічної частинки крізь потенціальний бар'єр. Коефіцієнти прозорості бар'єру.
- 4.10. Інтерференційні явища: на магніто- та електростатичному ефекті Ааронова-Бома.
- 4.11. Енергетический спектр електрона в магнітному полі. Рівні Ландау. Квант опору.



- 4.12. Цілочисельний квантовий ефект Холла. Дробовий квантовий ефект Холла. Експеримент та теоретичні аспекти.
- 4.13. Кулонівська блокада. Одноелектронний транзистор. Кулонівські сходинки.
- 4.14. Балістична провідність нанорозмірних провідників. Квант провідності.
- 4.15. Спін-залежний транспорт носіїв заряду. Гігантський магнетоопір.
- 4.16. Методи нанесення наноплівки: хімічне осадження з парової фази (CVD), молекулярно-променева епітаксія, лазерне нанесення (абляція), використання іонних променів.
- 4.17. Фізичні основи скануючої зондової мікроскопії. Скануючий тунельний мікроскоп. Атомний силовий мікроскоп.
- 4.18. Методи дослідження нанооб'єктів і наноструктур: оптична і нелінійно-оптична мікроскопія, використання електронних і іонних пучків.
- 4.19. Атомна інженерія. Локальне окислення металів і напівпровідників. Локальне хімічне осадження з газової фази.
- 4.20. Сучасна УФ літографія. Екстремальна УФ літографія. Електронно- та іонно-променева літографія. Нанодрук (наноімпрінт).
- 4.21. Нанокристаліти в неорганічних і органічних матеріалах. Золь-гель технологія. Самоорганізація при епітаксії.
- 4.22. Методи молекулярного напластовування. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт.
- 4.23. Критерії визначення наноматеріалів: розмір, розмірність і функціональні властивості.
- 4.24. Класифікація наноматеріалів і наноструктур: нанокристали, нанокластери, нульвимірні, лінійні, двовимірні і тривимірні наноструктури.
- 4.25. Властивості та приклади наноструктурованих матеріалів. Фрактальні наноструктури. Аерогелі.
- 4.26. Пористий кремній: отримання, енергетична діаграма, властивості, використання.
- 4.27. Пористий оксид алюмінію, отримання і наноструктури на його основі. Використання нанопористих оксидів.
- 4.28. Графен. Технологія отримання. Основні властивості. Области можливого використання.
- 4.29. Фулерени. Структура. Технологія отримання. Основні властивості.
- 4.30. Вуглецеві нанотрубки. Хіральність. Провідні і надпровідні властивості нанотрубок.

## ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

При виконанні екзаменаційних завдань КФВ заборонено використовувати будь-які допоміжні матеріали та електронні засоби (мобільні телефони, ноутбуки, планшети тощо).

### Критерії оцінювання виконання екзаменаційних завдань КФВ.

Критерії оцінки виконання завдань наступні.

Номер завдання	Максимальний бал	Типові помилки	Знижка балів, до
1	25	1.Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3 Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16
		6. Відповідь відсутня	25
2	25	1.Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3 Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16
		6. Відповідь відсутня	25
3	25	1.Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо.	1
		2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо).	4
		3 Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок.	8
		4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки.	12
		5. Відповідь містить принципові помилки.	16

		6. Відповідь відсутня	25
4	25	1. Вірна та вичерпна відповідь з усіма необхідними рисунками, формулами тощо. 2. Відповідь вірна але містить кілька незначних помилок (неточність у виконанні рисунків, формулювання основних понять тощо). 3. Відповідь вірна, але неповна (відсутні необхідні рисунки, формули тощо) або містить декілька несуттєвих помилок. 4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки. 5. Відповідь містить принципові помилки. 6. Відповідь відсутня	1 4 8 12 16 25
Сума	100		

Максимальна кількість балів – 100, відповідно шкала оцінювання загальних результатів буде такою:

Сумарна кількість балів	Оцінка ECTS	Числовий еквівалент оцінки
95 – 100 балів	Відмінно	5
85 – 94 балів	Дуже добре	4,5
75 – 84 балів	Добре	4
65 – 74 балів	Задовільно	3,5
60 – 64 балів	Достатньо	3
0 – 59 балів	Незадовільно*	0

\*При отриманні оцінки Незадовільно вступник виключається з конкурсного відбору.

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів) оцінкам ЄВІ (100...200 балів)

Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

## **Приклад типового екзаменаційного завдання комплексного фахового випробування**

### **Питання 1. Фізика твердого тіла**

Діелектрична поляризація твердих тіл. Кількісні характеристики. Класифікація механізмів поляризації.

### **Питання 2. Твердотільна електроніка**

Основні параметри та характеристики біполярних транзисторів, їх залежність від температури та режиму роботи.

### **Питання 3. Технологічні основи електроніки**

Особливості технології тонкоплівкових гібридних інтегральних мікросхем. Контроль параметрів тонких плівок.

### **Питання 4. Фізико-технологічні основи наноелектроніки**

Інтерференційні явища: на магніто- та електростатичному ефекті Ааронова-Бома.

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

### **По дисципліні «Фізика твердого тіла»**

1. Фізичне матеріалознавство: навч. посіб. / Ю.М. Поплавко, Л.П. Переверзєва, В.І. Ільченко, О.С. Воронов, Ю.І. Якименко. – К.:НТУУ «КПІ», 2011: Частина 1. Перспективні напрями матеріалознавства – 302 с.; Частина 2. Діелектрики – 392 с.; Частина 3. Провідники і магнетики – 372 с.; Частина 4. Напівпровідники – 336 с.
2. Поплавко Ю.М. Структура і симетрія твердих тіл: Навчальний посібник – Київ: Аверс, 2012 – 226с.
3. Поплавко Ю. М. Основи фізики магнітних явищ у кристалах: Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2007. - 216 с.
4. Поплавко Ю. М., Якименко Ю. І. Фізичні механізми п'єзоелектрики. – Київ: Аверс, 1997. – 152 с.
5. Москалюк В.А., Синєкоп Ю.С., Кассинг Р. Физика электронных процессов, часть I: Учеб. пособ. – Киев, УкрИНТЭИ, 2001.– 148 с.
6. Москалюк В.А. Физика электронных процессов, часть II: Учеб. пособ. – Киев, Аверс, 2004.– 186 с.
7. Болеста І.М. Фізика твердого тіла: Навчальний посібник. – Львів: Видавн. Центр ЛНУ ім. І.Франка, 2003. – 480 с.
8. Шалимова К. В. Физика полупроводников. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 390 с.
9. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. – М.: Мир. – 1986. – 304 с.

### **По дисципліні «Твердотільна електроніка»**

1. Твердотільна електроніка : підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко ; за заг. ред. Ю. І. Якименка. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 484 с.
2. Борисов О. В. Основи твердотільної електроніки: навч. посіб. / О. В. Борисов; за ред. Ю. І. Якименка. – К.: Освіта України, 2011. – 462 с.
3. Прохоров Е. Д. Твердотільна електроніка: Навч. посібник. — Х.: ХНУ ім. Каразіна, 2007. — 544 с.
4. Дружинін А. О. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: Навч. посібник. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. — 332 с.
5. Прищепа М.М., Погребняк В.П. Мікроелектроніка. Частина 1. Елементи мікроелектроніки. – Київ: Вища школа, 2004. – 431с.
6. Васильєва Л.Д., Медведенко Б.І., Якименко Ю.І. Напівпровідникові прилади. – Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2003. – 388с.
7. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2004.- 488 с.
8. Гусев В. А. Основы твердотельной электроники. — Севастополь: Изд-во Сев.НТУ, 2004 — 635 с.
9. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин — СПб.: Лань, 2002. — 480 с.

### **По дисципліні «Технологічні основи електроніки»**


1. Свечников Г.С. Интегральная микроэлектроника. Ограничения и перспективы. – Одесса: Астропринт, 2010. – 474с.
2. Мачулянський О.В., Татарчук Д.Д. Методичний посібник – електронне видання з курсу „Моделювання технології та ІМС ” : – К.: НТУУ „КПІ”, 2009. – 32 с.
3. Вербицкий В. Г. Ионные нанотехнологии в электронике. К., МП Леся, 2002. – 376 с.
4. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки. Навч. посібник у 2 т. — Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2010. — Т. 1. — 888 с.
5. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки. Навч. посібник у 2 т. — Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2010. — Т. 2. — 884 с.
6. Коледов Л. А.Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2007.— 400 с.
7. Ефимов И. Е., Козырь И. Я.Основы микроэлектроники: Учебник. 3-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2008. — 384 с.
8. Новосядлий С.П. Фізико-технологічні основи субмікронної технології великих інтегральних схем. — І.Франківськ: Сімик, 2003. — 351 с.

### По дисципліні «Фізико-технологічні основи наноелектроніки»

1. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Якименко Ю.І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навчальний посібник. - К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 299 с.
2. Нанoeлектроника: монография в двух книгах. Ю.И. Якименко, А.Н. Шмырева, Г.М.Младенов, В.М. Спивак, Е.Г. Колева, А.В.Богдан. Наноструктурированные материалы и функциональные устройства /Под ред. Якименко Ю.И. – Киев-София: Аверс, 2011. – 388 с.
3. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності: навч. посіб./ Ю.М.Поплавко, О.В.Борисов, В.І.Ільченко, Ю.І.Якименко. – К.:НТУУ «КПІ», 2010.-160 с.
4. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. –580 с.
5. Свечников Г.С., А.Н. Морозовская. Нанотрубки и графен – материалы электроники будущего. – К.:Логос, 2009. –164 с.
6. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Нанoeлектроника: Учеб. пособие Изд-во : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. –223 с.
7. Щука А.А. Нанoeлектроника. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.
8. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учеб. Пособие, Изд-во ЛОГОС, 2006. – 496 с.
9. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии/А.И. Гусев. – М. : Физматлит, 2005. – 410 с.
- 10.Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. К. Неволин. – М. : Техносфера, 2005. – 148 с.


### РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ

Професор кафедри МЕ, к.т.н., доц.



Анатолій ОРЛОВ

Доцент кафедри МЕ, к.т.н., доц.



Тетяна ВОЛХОВА