

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою
Факультету електроніки

Протокол № _____ від _____ 2017р.

Голова вченої ради _____ В.Я.Жуйков

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну програму підготовки магістра спеціалізації «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої» та «Мікроелектронні інформаційні системи»

Програму рекомендовано кафедрою
Мікроелектроніки

Протокол № 13 від 15 лютого 2017 р.

В.о. зав. кафедри _____ О.В. Борисов

Київ 2017

ВСТУП

Прийом на підготовку фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня магістра за спеціалізаціями «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої» та «Мікроелектронні інформаційні системи» відбувається згідно Положення КПІ ім. Ігоря Сікорського про прийом на навчання за освітньо-професійними програмами підготовки магістра затвердженого на засіданні Приймальної комісії КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Для проведення вступних випробувань та конкурсного відбору на навчання за освітньо-професійними 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 кафедр (викладачі інших кафедр) та куратори навчальних груп.

Одним з завдань атестаційної комісії факультету є затвердження та, не пізніше ніж за чотири 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 освітньо-професійну програму підготовки магістра за спеціалізаціями «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої» та «Мікроелектронні інформаційні системи» 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 освітньо-професійну програму підготовки магістра за спеціалізаціями «Мікро- та наноелектронні прилади і пристрої» та «Мікроелектронні інформаційні системи» винесено розділи наступних навчальних дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів за напрямом підготовки 6.050801 «Мікро та наноелектроніка»: «Фізика напівпровідників»; «Твердотільна електроніка»; «Технологія напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем»; «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

Розділи навчальних дисциплін, які винесені на комплексне фахове випробування

Розділ 1. Фізика напівпровідників

Природа хімічного зв'язку у напівпровідниках. Структура кристалів. Ідеальні та реальні кристали. Дефекти в кристалах.

Полікристалічні та аморфні напівпровідники. Зонна теорія твердого тіла. Енергетичні спектри електронів у металах, напівпровідниках, діелектриках. Зона провідності та валентна зона. Ефективна маса електрона. Домішкові рівні та домішкові зони. Поверхневі стани. Статистика електронів і дірок у напівпровідниках. Функція розподілу Фермі-Дірака. Умови електронейтральності. Концентрація носіїв заряду у власних і легованих напівпровідниках. Температурні залежності. Розподіл Максвелла-Больцмана. Електропровідність напівпровідників. Носії заряду у слабкому електричному полі. Взаємодія з фононами, іонами домішок та іншими дефектами. Рухливість електронів і дірок. Співвідношення Ейнштейна. Дифузія та дрейф носіїв заряду. Рівняння щільності електричного струму в напівпровідниках. Рівняння неперервності, рівняння Пуассона.

Генерація та рекомбінація носіїв заряду. Міжзонна рекомбінація та рекомбінація через домішки та дефекти. Теорія рекомбінації Шоклі-Ріда. Дифузійна довжина та час життя носіїв.

Носії заряду у сильному електричному полі. Гарячі носії. Лавинне розмноження у напівпровідниках.

Теплопровідність напівпровідників. Термоелектричні явища. Гальваномагнітні ефекти Холла та Гаусса.

Поглинання випромінювання у напівпровідниках. Фундаментальне, домішкове та решіткове поглинання випромінювання. Поглинання вільними носіями. Фотопровідність. Спектральна характеристика фотопровідності.

Ефекти випромінювання у напівпровідниках. Прямі та непрямі переходи носіїв заряду. Типи люмінесценції: інжекційна, фотолюмінесценція, електролюмінесценція.

Розділ 2. Твердотільна електроніка

Електронно-дірковий (p-n-) перехід. Інжекція та екстракція неосновних носіїв заряду. Вольт-амперна характеристика p-n-переходу. Струми носіїв заряду у p-n-переході, квазірівні Фермі. Коефіцієнт інжекції. Генерація та рекомбінація носіїв у p-n-переході. Бар'єрна та дифузійна ємність. Пробій p-n-переходу: тепловий, лавинний, тунельний. Гетеропереходи. Контакт метал-напівпровідник. Бар'єр Шоткі. Омичний контакт.

Поверхневі стани. Структура метал-діелектрик-напівпровідник (МДН). Польовий ефект в МДН - структурах. Ємність МДН - структур.

Напівпровідникові діоди. Основні характеристики діодів, їх залежність від температури та режимів. Еквівалентні схеми. Імпульсні та частотні властивості діодів.

Випрямні та імпульсні діоди. Діоди із збагаченням заряду. Варікапи. Стабілітрони. Тунельні та обернені діоди. Лавино-пролітні діоди. Діоди Шоткі. Діоди НВЧ. Діоди Ганна.

Біполярні транзистори. Структура та принцип дії. Розподіл носіїв по структурі транзистора. Ефект Ерлі. Основні параметри та характеристики транзисторів, їх залежність від температури та режиму. Імпульсні та частотні властивості транзисторів. Робота транзистора при високому рівні інжекції. Пробій транзисторів та змикання переходів. Шуми у транзисторах. Потужні транзистори. НВЧ -транзистори. Гетероструктурні біполярні транзистори.

Польові транзистори МДН з р-п-переходом і з бар'єром Шоткі. Принцип дії. Модуляція глибини каналу. Основні параметри та характеристики польових транзисторів. Частотні та імпульсні властивості. Шуми польових транзисторів на низьких і високих частотах. МДН - транзистори з індукованим та вмонтованим каналами. МНОН - структури.

Інтегральні мікросхеми. Елементи ІС: транзистори, діоди, резистори, конденсатори у складі ІС. Класифікація ІС по конструктивно-технологічній та функціональній ознакам. Цифрові та аналогові ІС. Напівпровідникові пристрої пам'яті та мікропроцесори. Біполярні ТТЛ-, ЕЗЛ - схеми. МДН-ІС: з р- та п-каналами, КМОН.

Прилади із зарядовим зв'язком. Принцип дії, основні параметри, області застосування.

Оптоелектронні прилади. Призначення та області застосування. Фотоприймачі: фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори, лавинні фотодіоди. Принцип дії, основні параметри та характеристики: фоточутливість, інерційність, мінімальний рівень реєстрації. Сонячні батареї. Напівпровідникові випромінювачі: світлодіоди та лазери. Прилади для систем відображення інформації. Оптрони та оптоелектронні інтегральні схеми.

Термоелектричні та гальваноманітні напівпровідникові прилади.

Твердотільні датчики та мікроелектронні перетворювачі інформації.

Функціональна електроніка (загальні уявлення).

Розділ 3. Технологія напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем

Визначення кристалографічної орієнтації напівпровідника. Орієнтоване різання, шліфовка та поліровка пластин.

Хімічне травлення та хімічна поліровка германію, кремнію та арсеніду галію. Хіміко-механічна поліровка. Фінішна очистка пластин.

Планарна технологія. Фізичні основи процесу дифузії. Основні рівняння. Практичні методи проведення процесів дифузії.

Методи отримання електронних та іонних потоків. Іонне легування. Плазмохімічні та іонно-плазмові методи обробки напівпровідникових і металічних шарів.

Епітаксія. Практичні методи епітаксiального нарощування. Розподіл домішок в епітаксiальних шарах. Дефекти епітаксiальних плівок. Одержання епітаксiальних гетеропереходів. Вирощування епітаксiальних плівок A_3B_5 . Порівняння газотранспортної, рідиннофазної та молекулярної епітаксії.

Термічне окислення кремнію у парах води, у сухому та вологому кисні. Розпилення та конденсація оксидів кремнію у вакуумі. Анодне окислення. Хімічне осадження окислу з газової фази. Маскуюча властивість плівок окислу кремнію. Заряджені домішки у плівках, методи керування поверхневим зарядом на кремнії. Плівки нітриду кремнію.

Одержання тонких плівок. Термічне випаровування у вакуумі. Іонно-плазмове розпилення. Хімічне та плазмохімічне осадження з газової фази. Матеріали тонкоплівкової технології.

Літографія. Типи літографічних процесів. Фоторезисти. Проекційна фотолітографія, електронно-променева літографія та рентгенівська літографія.

Фотошаблони та їх виготовлення. Дефекти мікросхем, пов'язані з фотолітографічними процесами.

Основи конструювання напівпровідникових ІС. Методи ізоляції елементів. Ізопланарна технологія, епік-процес, технологія «кремній на ізоляторі» та кремній у діелектрику.

Розділ 4. Фізико-технологічні основи нанoeлектроніки

Квантові основи нанoeлектроніки, ефекти розмірного квантування. Характерні модельні задачі квантової механіки: бар'єри (тунелювання, інтерференційні ефекти), ями (квантування), періодичні структури (зонний спектр).

Гетерогенні твердотільні структури: типи і параметри гетероструктур. Формування потенціального рельєфу в гетероструктурах, вплив просторового заряду. Зонна інженерія.

Твердотільні структури зниженої розмірності. Розподіл густини k - і E -станів у три-, дво-, одно- і нуль-вимірних квантових структурах. Заповнення станів носіями.

Напівпровідникові надградки. Модель Кроніга-Пенні. Класифікація надградек (композиційні, леговані, композиційні леговані). Енергетична структура, енергетичний спектр, вольт-амперна характеристика надградки.

Особливості фононного спектру в низькорозмірних структурах.

Поперечний транспорт у квантових шарах. Ефект резонансного тунелювання. Тунелювання квантово-механічної частинки крізь потенціальний бар'єр. Коефіцієнти прозорості бар'єру.

Інтерференційні явища: на магніто- та електростатичному ефекті Ааронова-Бома. Квантовий ефект Холла. Рівні Ландау. Квант опору.

Нульвимірні структури. Ефект одноелектронного тунелювання. Принцип кулонівської блокади. Кулонівські сходинок. Балістичний контакт.

Методи нанесення наноплівки: рідиннофазна епітаксія, лазерне напилення, використання іонних променів.

Фізичні основи скануючої зондової мікроскопії. Скануючий тунельний мікроскоп. Атомний силовий мікроскоп. Методи дослідження нанооб'єктів і наноструктур: оптична і нелінійно-оптична мікроскопія, використання електронних і іонних пучків. Атомна інженерія. Локальне окислення металів і напівпровідників. Локальне хімічне осадження з газової фази.

Сучасна УФ літографія. Екстремальна УФ літографія. Електронно- та іонно-променева літографія. Нанодрук (наноімпринт).

Нанокристаліти в неорганічних і органічних матеріалах. Золь-гель технологія. Самоорганізація при епітаксії. Методи молекулярного напластовування. Осадження плівок Ленгмюра-Блоджетт.

Критерії визначення наноматеріалів: розмір, розмірність і функціональні властивості. Класифікація наноматеріалів і наноструктур: нанокристали, нанокластери, нульвимірні, лінійні, двовимірні і тривимірні наноструктури.

Властивості та приклади наноструктурованих матеріалів. Фрактальні наноструктури. Аерогелі. Пористий кремній: отримання, енергетична діаграма, властивості, використання. Пористий оксид алюмінію, отримання і

наноструктури на його основі. Використання нанопористих оксидів. Графен. Фулерени. Вуглецеві нанотрубки.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

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

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	8

		декілька несуттєвих помилок. 4. Відповідь неповна, містить суттєві, але не принципові помилки. 5. Відповідь містить принципові помилки. 6. Відповідь відсутня	12 16 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	A	5
85 – 94 балів	B	4,5
75 – 84 балів	C	4
65 – 74 балів	D	3,5
60 – 64 балів	E	3
0 – 59 балів	F	0

При отриманні оцінки F вступник виключається з конкурсного відбору.

Приклад типового екзаменаційного завдання комплексного фахового випробування

Питання 1. Фізика напівпровідників

Гальваноманітні ефекти Холла та Гаусса.

Питання 2. Твердотільна електроніка

Шуми польових транзисторів на низьких і високих частотах.

Питання 3. Технологія напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем

Дефекти мікросхем, пов'язані з фотолітографічними процесами.

Питання 4. Фізико-технологічні основи наноелектроніки

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

По розділу 1

1. Поплавко Ю.М., Ільченко В.І., Воронов С.А., Якименко Ю.І. Физическое материаловедение. Часть 4. Напівпровідники Учеб. пособ. - Киев: НТУУ «КПІ», 2011.– 336 с.
2. Москалюк В.А., Синекон Ю.С., Кассинг Р. Физика электронных процессов, часть I: Учеб. пособ. – Киев, УкрИНТЭИ, 2001.– 148 с.
3. Москалюк В.А. Физика электронных процессов, часть II: Учеб. пособ. – Киев, Аверс, 2004.– 186 с.
4. Воронов С.А., Переверзева Л.П., Поплавко Ю.М. Физическое материаловедение. Часть 1. Перспективные направления материаловедения: Учеб. пособ. - Киев: НТУУ «КПІ», 2004. – 195 с.
5. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников: Учеб. пособ. – М.: «Наука», 1978. –616 с.
6. Зеегер К. Физика полупроводников /Пер. с англ. – М.: «Мир», 1977. – 615 с.
7. Шокли У., Рид У. Статистика рекомбинации дырок и электронов// Полупроводниковые электронные приборы. – М.: ИЛ, 1953. – С. 121-140.
8. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. – М.:Мир. – 1988. – 608 с.
9. Пека Г. П., Стріха В. І. Поверхневі та контактні явища у напівпровідниках: Підручник. – К.: Либідь, 1992. – 240 с.
10. Горюнова А.Н. Физика полупроводников. – М.: Советское радио. – 1978. – 342 с.
11. Ридли Б. Квантовые процессы в полупроводниках. – М.: Мир. – 1986. – 304 с.
12. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М.: Наука. – 1990. – 236 с.
13. Царенко О.М. Основи фізики напівпровідників і напівпровідникових приладів. Кіровоград, 2012.
14. Бонч-Бруевич В.Л. и др. Сборник задач по физике полупроводников. М.: Наука. – 1987. – 249 с.
15. Угай Я.А. Введение в химию полупроводников. – М.: Высшая школа. – 1985. – 302 с.
16. Джонс Г. Теория зон Бриллюэна и электронные состояния в кристаллах. – М.: Мир. – 1978. – 264 с.
17. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х кн.. – М.: Мир. – 1984.

По розділу 2

1. Борисов О. В. Основи твердотільної електроніки: навч. посіб. / О. В. Борисов; за ред. Ю. І. Якименка. – К.: Освіта України, 2011. – 462 с.
2. Твердотільна електроніка : підручник / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко ; за заг. ред. Ю. І. Якименка. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 484 с.
3. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2004.- 488 с.
4. Аваев Н.А., Наумов Ю.Е., Фролкин В.Т. Основы микроэлектроники. - М.: Радио и связь, 1991.- 288 с.

5. Ефимов И.Е., Козырь И.Я., Горбунов Ю.И. Микроэлектроника.- М.: Высшая школа, 1987.- 416 с.
6. Прищепа М.М., Погребняк В.П. Микроэлектроника. Часть 1. Элементы микроэлектроники. – Киев: Вища школа, 2004. – 431с.
7. Прищепа М.М., Погребняк В.П. Микроэлектроника. Часть 2. Элементы микросхемной техники. – Киев: Вища школа, 2004. – 502с.
8. Коледов Л.А. Технология и конструирование микросхем, микропроцессоров и микросборок.- М.: Радио и связь, 1989.- 421с.
9. Конструирование и технология микросхем. Курсовое проектирование: учебное пособие для вузов / под ред. Л.А. Коледова. – М.: Высшая школа, 1984. – 231 с.
10. Свечников Г.С. Интегральная микроэлектроника. Ограничения и перспективы. – Одесса: Астропринт, 2010. – 474с.

По розділу 3

1. Курносоев А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Высшая школа, 1986.
2. Березин А.С., Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем. – М.: Радио и связь, 1992.
3. Валиев К.А., Раков А.В. Физические основы субмикронной литографии. – М.: Радио и связь, 1984.
4. Тилл У., Лаксон Дж. Интегральные схемы: материалы, приборы, изготовление. – М.: Мир, 1985.
5. Броудай И., Мерей Дж. Физические основы микротехнологии. – М.: Мир, 1985.
6. Бургер Р., Донован Р. Окисление, диффузия, эпитаксия. – М.: Мир, 1969.
7. Киреев В.Ю., Данилин Б.С., Кузнецов В.И. Плазмохимическое и ионнохимическое травление микроструктур. – М.: Радио и связь, 1983.
8. Технология СБИС. Под ред. С. Зи. В 2-х книгах. Мир. – М. 1986.
9. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 528 с.
10. И. Е. Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность. Учеб. пособие для приборостроит. спец.вузов.— 2- е изд., перераб. и доп.— М.: Высшая школа, 1986.- 464 с.
11. И. Е. Ефимов, И.Я. Козырь, Ю.И. Горбунов Микроэлектроника: Проектирование, виды микросхем, функциональная микроэлектроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец.вузов. — 2- е изд., перераб. и доп.— М.: Высшая школа, 1986.- 416 с.
12. Ю. М. Калниболоцкий и др. Расчет и конструирование микросхем.— Киев: Вища школа, Головное изд — во, 1983.- 279 с.
13. Молекулярно-лучевая эпитаксия ,и гетероструктуры.: Пер. с англ./Под ред. Л. Ченга, К. Плога. — М: Мир, 1989 — 584 с.
14. Макаручук В. В. Методы литографии в нанотехнологии : учеб. пособие / В. В. Макаручук, И. А. Родионов, Ю. Б. Цветков. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. — 176 с.

15. Т. И. Д а н и л и н а, К. И. С м и р н о в а. Процессы микро и нанотехнологии: Учебное пособие. – Томск, 2004. – 258 с

По розділу 4

1. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Якименко Ю.І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навчальний посібник. - К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 299 с.
2. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учеб. Пособие, Изд-во ЛОГОС, 2006. – 496 с.
3. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Нанoeлектроника: Учеб. пособие Изд-во : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. –223 с.
4. Щука А.А. Нанoeлектроника. – М.: Физматлит, 2007. – 464 с.
5. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. –580 с.
6. Нанотехнологии в полупроводниковой электронике/ Отв. Редактор А.Л. Асеев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 368 с.
7. Кравченко А.Ф., Овсяк В.Н. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности.- Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. – 448 с.
8. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М. : Физматлит, 2005. – 410 с.
9. Нанoeлектроника: монография в двух книгах. Кн. 1. Г.М. Младенов, В.М. Спивак, Е.Г. Колева, А.В. Богдан. Введение в нанoeлектронные технологии. – Киев-София: Аверс, 2010. – 332 с.
10. Нанoeлектроника: монография в двух книгах. Кн. 2. 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.
11. Неволин В. К. Зондовые нанотехнологии в электронике / В. К. Неволин. – М. : Техносфера, 2005. – 148 с.
12. Свешников Г.С., А.Н. Морозовская. Нанотрубки и графен – материалы электроники будущего. – К.:Логос, 2009. –164 с.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ

Професор О.В. Борисов _____

Доцент Т.Л. Волхова _____