

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА



ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії

Роман ПЕТРИШИН

«*29*» *листопада* 2023

ПРОГРАМА ВСТУПНОГО ІСПИТУ
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобуття наукового ступеня «доктор філософії»
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 171 ЕЛЕКТРОНІКА

Чернівці - 2023

Перелік питань до фахового вступного іспиту

1. Природа хімічного зв'язку в напівпровідниках. Структура кристалів. Ідеальні і реальні кристали. Дефекти в кристалах. Властивості основних монокристалічних матеріалів мікроелектроніки.
2. Полікраталічні і аморфні напівпровідники. Зонна теорія твердого тіла. Енергетичні спектри електронів у металах, напівпровідниках, діелектриках. Зона провідності і валентна зона. Ефективна маса електрона. Власні та домішкові напівпровідники. Роль донорних та акцепторних домішок.
3. Основи статистичної фізики. Функція розподілу Фермі-Дірака. Концентрація електронів і дірок у зонах. Температурні залежності. Розподіл Больцмана. Критерій виродження електронного газу. Вироджені та неvirоджені напівпровідники.
4. Рекомбінація носіїв. Рекомбінація "зона-зона" і рекомбінація через домішки і дефекти. Теорія рекомбінації Шоклі-Ріда. Дифузійна довжина і час життя носіїв. Поверхнева рекомбінація.
5. Електропровідність напівпровідників. Носії заряду в слабкому електричному полі. Взаємодія з фононами, домішковими атомами, дефектами. Рухливість електронів і дірок. Умова електронейтральності. Дифузія і дрейф носіїв заряду. Співвідношення Ейнштейна. Носії заряду в сильному електричному полі. Гарячі електрони. Лавинне помноження в напівпровідниках. Електричні домени і струмові шнури. Ефект Ганна.
6. Рівняння для густини електричного струму в напівпровідниках. Рівняння неперервності. Рівняння Пуассона.
7. Електронно-дірковий (р-п) перехід. Інжекція і екстракція неосновних носіїв заряду. Вольт-амперна характеристика р-п переходу. Струми носіїв заряду в р-п переході, квазірівні Фермі. Коефіцієнт інжекції. Генерація та рекомбінація носіїв у р-п переході. Бар'єрна і дифузійна ємності. Пробіи р-п переходу: тепловий, лавинний, тунельний.
8. Гетеропереходи. Контакт метал-напівпровідник. Омічний і випрямляючий переходи Шотткі.
9. Поверхневі стани. Структури метал-діелектрик-напівпровідник (МДН). Польовий ефект у МДН-структурах. Ємність МДН-структур.
10. Теплопровідність напівпровідників. Термоелектричні явища. Ефект Холла.
11. Поглинання випромінювання у напівпровідниках. Власне та домішкове поглинання випромінювання, поглинання екситонами та вільними носіями. Фотопровідність. Спектральні характеристики фотопровідності. Інші види внутрішнього фотоефекту.
12. Ефекти випромінювання у напівпровідниках. Прямі та непрямі переходи носіїв заряду. Види люмінесценції: інжекційна, катодо-, фотолюмінесценція. Електролюмінесценція порошкових та плівкових напівпровідників. Основні матеріали оптоелектроніки: сполуки A^IVB^5 і A^IVB^6 .
13. Електро-, магніто- і акустооптичні ефекти в твердих тілах.

14. Напівпровідникові діоди. Основні параметри і характеристики діодів, їх залежність від температури і режиму. Еквівалентні схеми. Імпульсні і частотні властивості діодів.

15. Випрямляючі та імпульсні діоди. Діоди з накопиченням заряду. Варикапи. Стабілітрони. Тунельні та обернені діоди. Лавинно-пролітні діоди. Діоди Шотткі. Діоди Ганна. Діоди для СВЧ.

16. Біполярні транзистори. Структура і принцип дії. Розподіл носіїв у областях транзисторів. Ефект Ерлі. Основні параметри і характеристики транзисторів, їх залежність від температури і режиму. Еквівалентні схеми і математичні моделі транзистора: моделі Еберса-Молла, Лінвілла, зарядова. Імпульсні і частотні властивості транзисторів. Робота транзисторів при високому рівні інжекції. Пробій транзистора і перекриття переходів. Шуми в транзисторах. СВЧ-транзистори.

17. Тиристори, принцип їх дії і класифікація. Основні параметри і характеристики.

18. Польові транзистори МДН, з р-п переходом і з бар'єром Шотткі. Принцип дії. Модуляція глибини каналу. Основні параметри і характеристики польових транзисторів. Еквівалентні схеми польових транзисторів. Частотні та імпульсні властивості польових транзисторів. Шуми польових транзисторів у діапазоні низьких частот і на СВЧ. МДН транзистори з індукованим та вбудованим каналами. МДОН-структури.

19. Інтегральні мікросхеми. Елементи ІС: транзистори, конденсатори, конденсатори в складі ІС. Класифікація ІС за конструктивно-технологічними та функціональними ознаками. Цифрові і аналогові ІС. Напівпровідникові ЗП і мікропроцесори. Біполярні ТТЛ, ЕСЛ і I^2L -схеми, МДН-ІС: з р- і п-каналами, К/МОН. Основні різновиди матричних ВІС і НВІС. Принципи побудови та системотехнічні можливості ПЛІС і ПЛМ.

20. Прилади з зарядовим зв'язком. Принцип дії. Основні параметри і області застосування.

21. Оптиелектронні прилади. Призначення і області застосування. Фотоприймачі: фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори, лавинні фотодіоди. Основні параметри і характеристики: фоточутливість, виявна здатність, швидкодія. Сонячні батареї. Напівпровідникові випромінювачі: світлодіоди і лазери. Прилади для систем відображення інформації. Оптрони і оптиелектронні інтегральні мікросхеми.

22. Термoeлектричні і гальваномагнітні напівпровідникові прилади. Твердотільні давачі, разом з мікроелектронними перетворювачами інформації.

23. Акустоелектроніка, магнітоелектроніка, кріоелектроніка (загальні поняття). Функціональна електроніка.

24. Визначення кристалографічної орієнтації напівпровідників. Орієнтоване різання, шліфування пластин. Полірування пластин ІС. Станки для механічної обробки напівпровідників.

25. Хімічне травлення і хімічне полірування германію, кремнію і арсеніду галію. Хіміко-механічне полірування. Фінішне очищення пластин. Методи контролю якості очищення.

26. Планарна технологія. Фізичні основи процесу дифузії. Основні рівняння. Граничні умови і розрахункові формули для найважливіших - окремих випадків дифузії. Практичні методи проведення дифузійних процесів. Структурні схеми дифузійних печей.

27. Методи одержання електронних та іонних пучків. Іонне легування. Плазмохімічні та іонно-плазмові методи обробка напівпровідникових, діелектричних і металічних шарів. Дефекти, що вносяться електронно-іонною обробкою, їх усунення. Конструктивні схеми основних типів обладнання для електронно-іонної та іонно-хімічної обробки.

28. Епітаксія. Практичні методи епітаксiального нарощування. Методи контролю епітаксiальних шарів. Розподіл домішок в епітаксiальному гетеропереході. Вирощування епітаксiальних плівок A^3B^5 . Обладнання для епітаксiального нарощування плівок. Порівняння газотранспортної, рідкофазної та молекулярної епітаксiї.

29. Термічне окислення кремнію в парах води, в сухому та вологому кисні; розпилення і конденсація окислів кремнію у вакуумі; анодне окислення; хімічне осадження окислу з газової фази. Маскуюча здатність плівок двоокису кремнію. Заряджені домішки в плівках, методи зміни заряду плівок. Плівки нітриду кремнію.

30. Одержання тонких плівок термічним випаровуванням у вакуумі. Іонно-плазмове розпилення. Хімічне осадження з газової фази. Обладнання для одержання тонких плівок. Матеріали тонкоплівкової технології.

31. Фотолітографія. Основні типи обладнання для фотолітографії. Проекційна фотолітографія, електронолітографія та рентгенолітографія. Фотошаблони та їх виготовлення. Дефекти мікросхем, пов'язані з фотолітографічними процесами.

32. Основи конструювання структури напівпровідникових ІС. Методи ізоляції елементів. Ізопланарна технологія, епiк-процес, технологія "кремній на ізоляторі". Структура і властивості елементів ІС.

33. Зборка і монтаж напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Корпуси напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Методи герметизації. Безкорпусні прилади. Методи відводу тепла в потужних напівпровідникових приладах.

34. Тенденція розвитку планарної технології. Субмікронна технологія.

35. Організація контролю якості напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Методи вимірювання статичних, динамічних та імпульсних параметрів. Методи вимірювання шумових характеристик напівпровідникових приладів. Методи контролю ВІС та НВІС.

36. Види виробничих випробувань. Кількісні характеристики надійності. Експлуатаційна надійність. Надійність елементів ІС. Класифікація та основні види відмов. Механізми відмов. Статичні та фізичні методи аналізу та прогнозування відмов. Методи підвищення надійності напівпровідникових приладів та ІС. Дія радіації на напівпровідникові прилади та мікросхеми.

Критерії оцінювання

За програмою вступник до аспірантури складає іспит, який передбачає відповідь на три запитання,

- 1 теоретичне питання - 33 бали;
- 2 теоретичне питання-33 бали;
- 3 теоретичне питання - 34 бали.

1 теоретичне питання:

33-27 бал - якщо абітурієнт надав повну, вичерпну відповідь на питання, добре володіє матеріалом, здатен самостійно встановити причинно-наслідкові зв'язки та навести конкретні приклади;

26-20 балів – якщо абітурієнт правильно розкрив суть питання, проте допустив незначних помилок чи неточностей;

19-11 балів – якщо абітурієнт володіє матеріалом та фаховою термінологією на достатньому рівні, проте допустив помилки та неточності,;

10-6 балів – якщо абітурієнт частково розкрив зміст питання, допустив суттєві помилки; недостатньо володіє фаховою термінологією;

5-0 балів – якщо абітурієнт недостатньо розкрив зміст питання, допустив суттєві помилки; слабо володіє фаховою термінологією.

2 теоретичне питання:

33-27 бал - якщо абітурієнт надав повну, вичерпну відповідь на питання, добре володіє матеріалом, здатен самостійно встановити причинно-наслідкові зв'язки та навести конкретні приклади;

26-20 балів – якщо абітурієнт правильно розкрив суть питання, проте допустив незначних помилок чи неточностей;

19-11 балів – якщо абітурієнт володіє матеріалом та фаховою термінологією на достатньому рівні, проте допустив помилки та неточності,;

10-6 балів – якщо абітурієнт частково розкрив зміст питання, допустив суттєві помилки; недостатньо володіє фаховою термінологією;

5-0 балів – якщо абітурієнт недостатньо розкрив зміст питання, допустив суттєві помилки; слабо володіє фаховою термінологією.

3 теоретичне питання:

34-28 бал - якщо абітурієнт надав повну, вичерпну відповідь на питання, добре володіє матеріалом, здатен самостійно встановити причинно-наслідкові зв'язки та навести конкретні приклади;

27-20 балів – якщо абітурієнт правильно розкрив суть питання, проте допустив незначних помилок чи неточностей;

19-11 балів – якщо абітурієнт володіє матеріалом та фаховою термінологією на достатньому рівні, проте допустив помилки та неточності,;

10-6 балів – якщо абітурієнт частково розкрив зміст питання, допустив суттєві помилки; недостатньо володіє фаховою термінологією;

5-0 балів – якщо абітурієнт недостатньо розкрив зміст питання, допустив суттєві помилки; слабо володіє фаховою термінологією.

Підсумкова оцінка визначається шляхом суми оцінок, отриманих в результаті відповідей, та додаванням до неї 100-та балів.

Вступник своєю відповіддю повинен засвідчити високий рівень методологічних і теоретичних знань з електроніки

Критерії оцінювання	Кількість балів за 200-бальною шкалою
- розкриті і точно вжиті основні поняття; - сутність питань розкрито повно, розгорнуто, логічно; - використані приклади, що ілюструють теоретичні положення; - представлені різні точки зору на проблему; - відповіді обґрунтовані та послідовні; - повно і оперативно надано відповіді на додаткові запитання.	175-200 балів
- розкриті основні поняття; - сутність питань розкрита повно, логічно; - використані приклади, що ілюструють теоретичні положення; - представлені різні точки зору на проблему; - відповіді обґрунтовані та послідовні; - повно і оперативно надано відповіді на додаткові запитання.	150-174 бали
- розкрита тільки менша частина основних понять; - не точно використані основні категорії і поняття; - не повно дані відповіді за змістом питань; - не наведено приклади, які б ілюстрували теоретичні положення; - діалог з екзаменатором не вийшов; - виникли проблеми в обґрунтуванні висновків, аргументацій; - немає відповіді на більшість додаткових питань.	125-149 балів
- не розкрито жодне з основних понять; - не дані основні визначення категорій і понять дисципліни; - допущені суттєві неточності і помилки при викладі матеріалу.	100-124 бали

Література

1. У.Тилл, Дж.Лаксон. Интегральные схемы. Материалы, приборы, изготовление: Пер. с англ. под ред. М.В. Галь-перива.- М.: Мир, 1985.- 501 с.
2. А. Блихер. Физика силовых биполярных и полевых транзисторов: Пер. с англ. под ред. И.В. Грехова.- Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. Отд-ние, 1986.-248 с
3. Курносоев А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем: Учеб. пособие для вузов по спец. "Полупроводники и диэлектрики" и "Полупроводниковые приборы".- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Высшая школа, 1986.- 368 с.
4. Арсенид галлия в микроэлектронике: Пер.с англ.с сокращ. и доп. Под ред. Айнспрука, У.Уиссмана.-М.: Мир, 1988,- 223 с.
5. Р. Маллер, Т.Кейминс. Элементы интегральных микросхем: Пер. с англ.- М.: Мир, 1989.- 630 с.
- 6.Бодаренко В.М., Захарова С.В. Расчет ИС на МДП-структурах с использованием дискретных моделей для метода СКП.- К.: изд. 1990.- 25 с.
- 7.Абрамов И.И., Харитонов В.В. Численное моделирование элементов и интегральных схем.- Минск: Высш.шк. 1990.- 223 с.
8. Готра З.Ю., Бобицкий Я.В. Лазерні методи обробки в мікроелектроніці.- Львів: Світ, 1991.- 166 с.
9. Интеллектуальные интегрированные САПР РЭА и БИС: Сб. науч. тр. АН СССР, Ин-т автоматизации проектирования.-М.: Наука, 1990.-124 с.
- 10.Крюков Ю.Г., Ус Н.А. Схемотехника и автоматизация проектирования линейных интегральных схем с инжекционным питанием.- Воронеж, 1990.- 168 с.
- 11.Михайлов С.А. Проектирование матричных сверхбольших интегральных схем.- К: Техника, 1991.-143 с.
12. Моро Уэйн. МикролитогRAFия: Принципы, методы, материалы. (в 2 частях).- Мир, 1990.- 4.1 - 606 а, ч.2 -1239 с.
13. Росадо Л. Физическая электроника в микроэлектронике, М.: Высш. шк., 1991.- 330 с.
14. Румак Н.В. Компоненты МОП-интегральных микросхем.- Минск: Наука и техника, 1991.-311с.
15. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники: в 10 кн.- М.: Высш.шк.,-1990.
16. Черняев АВ. Метод ионной имплантации в технологии приборов и интегральных схем на арсениде галлия- М.: Радио в связь, 1990.- 85 с.
17. Алексеенко А.Г., Шагурин И.И. Микросхемотехника. - М.: Радио и связь .1990.- 495 с.
18. Березин А.С, Мочалкина О.Р. Технология и конструирование интегральных микросхем.- М.: Радио и связь, 1992.- 320 с.
19. Прохоров Э.Д Твердотельная электроника: Текст лекций.- Х: ХГУ, 1991.-ч.3.-109 с.