МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ І НАНОМАТЕРІАЛІВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан математичного факультету

_____ С.І. Гоменюк
(підпис) (ініціали та прізвище)

«_26_» _10_ 2018

ОСНОВИ СУЧАСНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки _____бакалавра_____
(назва освітнього ступеня)

спеціальності 104 “Фізика та астрономія”
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-професійна програма “ Фізика”
(назва)

Укладач **Яновський О.С. к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри прикладної фізики і наноматеріалів**

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри прикладної фізики і наноматеріалів

Протокол №1 від “22” серпня 2018 р.
Завідувач кафедри прикладної фізики і наноматеріалів

_____ В.Г. Міщенко
(підпис) (ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою математичного факультету

Протокол №3 від “25” жовтня 2018 р.
Голова науково-методичної ради математичного факультету

_____ О. С. Пшенична
(підпис) (ініціали, прізвище

2018 рік

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки, рівень вищої освіти</td><td>Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість кредитів - 3</td><td rowspan="2">10. Природничі науки</td><td>Нормативна</td></tr>
<tr><td>Цикл професійної підготовки</td></tr>
<tr><td>Розділів – 2</td><td>Спеціальність
104 Фізика та астрономія
(шифр і назва)</td><td>Рік підготовки:
3-й</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин - 90</td><td>Освітньо-професійна програма
Фізика
(назва)</td><td>Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання: – 3 год.
самостійної роботи студента – 3,5 год.</td><td rowspan="6">Рівень вищої освіти:
бакалаврський</td><td>28 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>14 год.</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>48 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю:
екзамен</td></tr>
</table>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи сучасної електроніки» є формування у студентів знань в області функціонування напівпровідникових приладів та особливостей їхнього застосування в електронних схемах. Курс містить інформацію про фізичні основи базових технологічних процесів виробництва напівпровідникових приладів, технологію виготовлення сучасних вуглецевих матеріалів.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є оволодіння фізичними принципами роботи приладів твердотільної електроніки що є основою їх функціонування; набуття вмінь визначати параметри і характеристики різних напівпровідникових приладів і елементів інтегральних мікросхем, необхідні для забезпечення їхніх штатних режимів роботи; оволодіння знаннями з особливостей експлуатації та застосування основних приладів електроніки на основі сучасних напівпровідникових та вуглецевих матеріалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: фізичні принципи роботи приладів твердотільної електроніки, що являються основою їх функціонування; параметри та характеристики різних напівпровідникових приладів і елементів інтегральних мікросхем, необхідні для

забезпечення їх штатних режимів роботи; принцип роботи електронних пристроїв в галузі функціональної мікроелектроніки; електричні та електронні властивості графену, перспективи застосування графену в наноелектроніці; що таке одноелектронне тунелювання, спінтроніка, квантові комп'ютери, молекулярна електроніка, політроника, нанофотоніка, наноплазмоніка та їхнє застосування в електронних пристроях.

вміти: складати схеми побудови електронних пристроїв у функціональній мікроелектроніці; будувати зонну діаграму гетеропереходів; визначати кількісні характеристики приладів та будувати вольт-амперні характеристики на традиційних і нових матеріалах, схеми та конструкції нанотранзисторів, світлодіодів та інших елементів в галузі одно електроніки.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких результатів навчання (компетентностей):

- **соціально-особистісні компетенції:** здатність узагальнювати наукову інформацію щодо історичного розвитку фізичної теорії та експерименту; здатність до грамотного викладення результатів науково-дослідної діяльності;
- **загальнонаукові компетенції:** уміння систематизувати результати інформаційного пошуку, використовувати інтернет-ресурси; володіння експериментальними і теоретичними методами дослідження фізичних систем, явищ і процесів.
- **загально-професійні компетенції:** здатність застосовувати сучасні експериментальні методи роботи з об'єктами фізики конденсованого стану в лабораторних умовах та умовах промислового виробництва, навички роботи із сучасною апаратурою; здатність застосовувати основні фізичні теорії і методи теоретичної фізики для опису фізичних законів і конкретних фізичних явищ.
- **спеціалізовано-професійні компетенції:** базові уявлення про основні галузі, сучасні досягнення та тенденції розвитку та принципи роботи перспективних пристроїв твердотільної електроніки.

Міждисциплінарні зв’язки.

Курс «Основи сучасної електроніки» є дисципліною, що тісно пов’язана та продовжує курси «Фізико-хімічні основи одержання напівпровідникових матеріалів», «Основи фізики поверхні напівпровідників» та «Фізика наноматеріалів». Викладання цього курсу базується на вивчені двох базових дисциплін «Електрика та магнетизм» та «Фізика напівровідників».

3. Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Елементи фізики напівпровідників та контактні явища. Напівпровідникові діоди

Тема 1. Вступ. Основні властивості напівпровідників.

Предмет і завдання дисципліни. Загальна характеристика Si, Ge, GaAs як основних матеріалів сучасної напівпровідникової електроніки. Основи зонної

теорії. Власна провідність, залежність концентрації власних носіїв заряду від температури. Донорні та акцепторні домішки, електронна та діркова провідність. Енергетичні діаграми власних та домішкових напівпровідників. Ширина забороненої зони Si та Ge.

Тема 2. **Утворення та властивості *p-n*-переходу.**

Утворення ***p-n***-переходу, дифузія та дрейф носіїв заряду в переході. Запірний шар. Енергетична діаграма ***p-n***-переходу в рівновазі, при прямому та зворотньому зміщенні. Випрямна здатність ***p-n***-переходу, прямий та зворотній струм переходу. Вольт-амперна характеристика переходу. Відмінність реального діоду від ідеального ***p-n***-переходу. Диференційний опір, бар'єрна та дифузійна ємність переходу.

Тема 3. **Будова та класифікація діодів.**

Будова та класифікація напівпровідникових (н/п) діодів. Опір бази діодів (площинних та точкових). Ефект модуляції опору бази силових діодів. Співвідношення між I_s та I для кремнієвих та германієвих діодів. Залежність зворотного струму діодів від напруги. Пробій ***p-n*** –переходу.

Тема 4. Тунельний та імпульсний діоди. Стабілітрон. Діоди Гана.

Властивості тунельного діоду. Енергетична діаграма тунельного діоду при нульовому, прямому та зворотньому зміщенні. Імпульсні діоди. Перехідні процеси при вмиканні, вимиканні діодів та перемиканні їх з прямого на зворотнє зміщення. Стабілітрон. ВАХ стабілітрона. Функціональні пристрої, засновані на ефекті Гана.

Розділ 2. Сучасні прилади електроніки, мікро- та наноелектроники

Тема 5. Біполярні та польові транзистори.

Загальні відомості про біполярні транзистори (БТ), їхні режими роботи та типи. Визначення, класифікація і система позначень БТ. Будова і технологія виготовлення сплавного транзистора. Принцип дії БТ в активному режимі. Схеми включення БТ. МОП-структури та польові транзистори. Одноелектронні транзистори. Транзистори на графенах та нанотрубках.

Тема 6. Прилади наноелектроніки.

Нанотранзисторні структури на традиційних матеріалах. Нанотранзисторні структури на новітніх матеріалах. Основи одноелектроніки. Спінтроніка. Квантові комп'ютери. Молетроніка. Політроніка. Нанофотоніка. Наноплазмоніка.

Тема 7. Прилади та пристрої спінтроніки.

Основні поняття та визначення спінтроніки. Особливості приладів та пристроїв спінтроніки. Анізотропний магніторезистивний ефект та гігантський магнітоопір. Спін-вентильні структури. Гранульовані плівкові сплави. Структури із тунелюванням електронів. Спінові транзистори.

Тема 8. Прилади та пристрої квантової електроніки.

Короткі історичні відомості про виникнення та розвиток квантової електроніки. Основні тенденції у розвитку сучасної квантової електроніки.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	сам.роб.			л	п	лаб	сам.роб.	
						інд.						інд.
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	0
Розділ 1. Елементи фізики напівпровідників та контактні явища. Напівпровідникові діоди.												
Тема 1. Вступ. Основні властивості напівпровідників.	8	2			6							
Тема 2. Утворення та властивості ***р-n***-переходу.	12	4		2	6							
Тема 3. Будова та класифікація діодів.	10	2		2	6							
Тема 4. Тунельний та імпульсний діоди. Стабілітрон. Діоди Гана.	10	4			6							
Разом за розділом 1	40	12		4	24							
Розділ 2. Сучасні прилади електроніки, мікро- та наноелектроники												
Тема 5. Біполярні та польові транзистори.	14	4		4	6							
Тема 6. Прилади наноелектроніки.	14	4		4	6							
Тема 7. Прилади та пристрої спінтроніки.	12	4		2	6							
Тема 8. Прилади та пристрої квантової електроніки.	10	4			6							
Разом за розділом 2	50	16		10	24							
Усього годин	**90**	**28**		**14**	**48**							

5. Теми лекційних занять

№ теми з/прогр	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ. Основні властивості напівпровідників.	2
2	Утворення та властивості ***р-n***-переходу.	4
3	Будова та класифікація діодів.	2
4	Тунельний та імпульсний діоди. Стабілітрон. Діоди Гана.	4
5	Біполярні та польові транзистори.	4
6	Прилади наноелектроніки.	4
7	Прилади та пристрої спінтроніки.	4
8	Прилади та пристрої квантової електроніки.	4
	Разом	28

6. Теми лабораторних занять

№ теми з/прогр	Назва теми	Кількість годин
2	Вивчення структури і правил користування радіоелектронними приладами. Вимірювання параметрів радіоелектронних сигналів та його похибки.	2
3	Дослідження нерозгалуженого лінійного електричного кола постійного струму.	2
5	Дослідження розгалуженого лінійного електричного кола постійного струму.	4
6	Дослідження лінійних чотириполюсників.	4
7	Дослідження нелінійних чотириполюсників.	2
	Разом	14

7. Самостійна робота

№ теми з/прогр	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ. Основні властивості напівпровідників.	6
2	Утворення та властивості ***p-n***-переходу.	6
3	Будова та класифікація діодів.	6
4	Тунельний та імпульсний діоди. Стабілітрон. Діоди Гана.	6
5	Біполярні транзистори.	6
6	Прилади наноелектроніки.	6
7	Прилади та пристрої спінтроніки.	6
8	Прилади та пристрої квантової електроніки.	6
	Разом	48

8. Види контролю і система накопичення балів

	Вид контрольного заходу	Кількість контрольних заходів	Кількість балів за 1 захід	Усього балів
1	Підготовка завдання самостійної роботи	4	6	24
2	Контрольні роботи за результатами вивчення розділів 1 і 2	2	15	30
3	Семінар по завершенню вивчення розділу 1	1	6	6
4	Екзамен. Проводиться по завершенню вивчення дисципліни. (екзаменаційний білет передбачає відповідь на два теоретичних питання та виконання одного практичного завдання (задачі)).	1	40	40
	Усього	**8**		**100**

Розподіл балів за видами роботи та формами контролю

Форма контролю	**Кількість балів**	**Примітки**
ОЦІНЮВАННЯ ПІДГОТОВКИ ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ (З ПРЕДСТАВЛЕННЯМ РЕЗУЛЬТАТІВ НА ПРАКТИЧНОМУ ЗАНЯТТІ**)**		
Тему поточного заняття письмово відтворено у відповідності до вимог. Студент виявляє розуміння основоположних теоретичних теорій і фактів, уміє наводити приклади на підтвердження цього.	4	За 1 контрольний захід.
Студент обізнаний деякими поняттями, проте тема викладена не в повному обсязі.	2	
Домашня підготовка не виконана.	0	
ВИСТУП НА СЕМІНАРІ ОЦІНЮЄТЬСЯ ЗА ТАКОЮ ШКАЛОЮ		
Студент демонструє сформоване мислення, знання і розуміння всього програмного матеріалу в повному обсязі, самостійне, впевнене і правильне застосування знань в конкретних умовах Викладення матеріалу послідовне, логічне, обґрунтоване, безпомилкове, вміле формування висновків та узагальнень.	6	За 1 контрольний захід.
Студент демонструє знання і розуміння тільки основного програмового матеріалу в обсязі, який дозволяє застосовувати наступний програмний матеріал; застосування окремих знань в конкретних умовах при допомозі викладача; допущення окремих суттєвих помилок.	4	
Студент демонструє поверхове знання і розуміння основного програмного матеріалу; непослідовний виклад матеріалу з допущенням істотних помилок; невміння робити узагальнення та висновки; невміння застосовувати знання у практичній діяльності.	2	

Форма контролю	Кількість балів	Примітки
РЕЗУЛЬТАТ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ ОЦІНЮЄТЬСЯ ЗА ТАКОЮ ШКАЛОЮ		
Студент правильно виконує не менше 90% завдань; письмова робота оформлена акуратно та у відповідності до вимог. Всі завдання роботи повністю виконані без помилок, що відповідає виявленню студентом всебічного системного і глибокого знання програмного матеріалу; засвоєнню ним основної і додаткової літератури; чіткому володінню понятійним апаратом, методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вмінню використовувати їх для розв'язання як типових, так і нетипових практичних ситуацій; виявленню творчих здібностей в розумінні, викладенні та використанні навчально-програмного матеріалу.	15	За 1 контрольний захід.
Студент правильно виконує не менше 60% завдань. Всі завдання роботи повністю виконані без суттєвих помилок, що відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах теоретичного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для розв'язання типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок	10	
Студент правильно виконує не менше 30% завдань. Всі завдання роботи повністю виконані без суттєвих помилок, що відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах теоретичного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для розв'язання типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок;	6	
Студент правильно виконує менше 20% завдань. Студент володіє основними методами, без істотних помилок формулює основні твердження теоретичного питання; окремі завдання виконані з недоліками; у більшості завданнях зроблені грубі помилки або вони не виконані	4	
Студент правильно виконує менше 10% завдань. Більше 90% всіх завдань роботи виконано неправильно, що відповідає виявленню значних прогалин у знаннях основного програмного матеріалу; не досить упевненому володінню окремими поняттями, методиками та інструментами, про що свідчать принципові помилки під час їх використання.	2	

Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	*Залік*
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

9. Рекомендована література

Основна

1. Готра З. Ю. Технологія електронної техніки: навч. посіб. у 2-х т. Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2010. Т.1. 888 с.
2. Фізичні основи спінтроніки / Товстолиткін О.І., Боровий М.О., Курилюк В.В., Куницький Ю.А. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 500 с.
3. Основи спінтроніки: матеріали, прилади та пристрої: навч. посіб. / Куницький Ю.А., Курилюк В.В., Однодворець Л.В., Проценко І.Ю. Суми: Сумський державний університет, 2013. 127 с.
4. Барыбин А.А., Сидоров В.Г. Физико-технологические основы электроники. СПб.: Издательство «Лань», 2001. 272 с.
5. Петров А.Н. Твердые материалы. Химия дефектов, структура и свойства твердых тел: учеб. пособие. Екатеринбург: Уральский гос. университет им. А. М. Горького, 2008. 172 с.

Додаткова

1. Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н. Кремний - материал наноэлектроники. Москва: Техносфера, 2007. 352 с.
2. Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: учеб. для вузов. Москва: МИСИС, 2003. 234 с.
3. Мильвидский М.Г. Полупроводниковые материалы в современной электронике. Москва: Наука, 1986. 144с.

Інформаційні ресурси

1. Сайт технічної бібліотеки (формати djvu або pdf): веб-сайт. URL: http://techlibrary.ru/books.htm
2. Спеціалізована пошукова система: веб-сайт. URL: http://www.ebdb.ru
3. Наукова інформаційна система scientbook: веб-сайт. URL: http://scientbook.com/index.php
4. Сайт видання «Материалы электронной техники»: веб-сайт. URL: http://www.rudmet.ru/catalog/journals/6/
5. Сайт видання «Progress in Photovoltaics: Research and Applications»: веб-сайт. URL: http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1099-159X
6. Наукова інформаційна система scientbook: веб-сайт. URL: http://scientbook.com/index.php

Погоджено Мельникова О.В.
навчальний відділ
«25» січня 2019р.

Додаток

Доповнення та зміни до робочої програми навчальної дисципліни

Протокол засідання кафедри (дата та номер)	Внесені зміни	Підпис завідувача кафедри, дата