

Міністерство освіти і науки України
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
Фізико-технічний факультет
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор _____

“ _____ ” _____ 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Поверхня аморфних тіл

Освітня програма	Прикладна фізика та наноматеріали
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Галузь знань	10 Природничі науки

Івано-Франківськ
2022

Робоча програма спецкурсу «Поверхня аморфних тіл»
для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії
спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали. „___” _____, 2022 р.
– ___ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)
Яремій Іван Петрович, професор кафедри матеріалознавства і новітніх
технологій, доктор фізико-математичних наук, професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри матеріалознавства і новітніх
технологій

Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри матеріалознавства і новітніх технологій

“29” серпня 2022 р. _____ Богдан ОСТАФІЙЧУК

Схвалено методичною комісією фізико-технічного факультету.

Протокол від “30” серпня 2022 р. № 1

“30” серпня 2022 р.

Голова _____
(підпис)

Михайло ЯЦУРА
(прізвище та ініціали)

© Прикарпатський національний
університет імені Василя Стефаника,
2022 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 10 Природничі науки	За вибором	
Модулів – 1	Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2021-й	-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин –90		3-й	-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	третій освітньо-науковий рівень – доктор філософії	Лекції	
		20 год.	год.
		Практичні, семінарські	
		10 год.	год.
		Лабораторні	
		__ год.	__ год.
		Самостійна робота	
60 год.	год.		
Індивідуальні завдання:			
__ год.			
Вид контролю:			
__екзамен__			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: $40/80=0,5$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у аспірантів поглиблених професійних знань, прикладних навичок і компетенцій в галузі матеріалознавства аморфних матеріалів, орієнтованого на спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Завдання: в результаті вивчення дисципліни аспіранти мають набути знання про головні чинники, які регулюють будову аморфних матеріалів, а відповідно і їх властивості, та методи отримання, модифікації та дослідження аморфних матеріалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

володіти теоретичним матеріалом в обсязі, який передбачений навчальною програмою даного курсу;

знати: методи отримання аморфних матеріалів; будову аморфних матеріалів; термодинаміку аморфних матеріалів; властивості аморфних матеріалів; сфери застосування аморфних матеріалів; особливості методів дослідження аморфних матеріалів; методи та прилади для контролю властивостей матеріалів.

вміти: вирішувати теоретичні та прикладні проблеми процесів отримання, застосування та дослідження аморфних матеріалів.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про аморфний стан речовини

Вступ. Природа аморфного стану. Два види затвердіння речовини. Різниця між кристалічним та аморфним станом твердих тіл. Універсальні закономірності в структурі неупорядкованих твердих тіл. «Мікрокристалічні» та «кластерні» моделі некристалічного стану. Модель випадкових щільно упакованих сфер.

Загальні закономірності кристалізації речовини. Залежність вільної енергії системи від розміру зародка твердої фази. Загальні закономірності аморфізації речовини. Температурна залежність швидкості утворення центрів кристалізації та швидкості росту кристалів. Фазові переходи і аморфізація металів і сплавів. Виділення фаз із аморфоутворюючих розплавів: зародкоутворення і ріст кристалів.

Зміна фізичних властивостей при аморфізації рідини. Температура утворенню аморфного стану. Критична швидкість охолодження і тенденція до аморфізації. ТТТ-діаграми.

Термодинаміка аморфного стану. Теплоємність і теплопровідність; термодинамічні функції.

Відмінність між аморфним і склоподібним станами.

Характерні особливості поверхні аморфних тіл.

Основні методи структурних досліджень некристалічних твердих тіл (дифракційні методи, ядерний гама-резонанс, тощо). Х-променеві методи дослідження аморфних речовин. Функція радіального розподілу.

Змістовий модуль 2. Аморфні металічні сплави

Способи отримання аморфних металічних сплавів. Гартування із рідкого стану. Метод спінінгування розплаву. Метод витягування розплаву з тигля. Осадження на охолоджені підкладки при іонно-плазмовому і термічному напыленні. Отримання аморфізованих металічних шарів за допомогою лазерної обробки. Розпилення електричним полем. Іонна імплантація. Аморфізація електроіскровим розрядом.

Умови отримання аморфних металічних сплавів. Структурний та кінетичний критерій.

Моделі структури аморфних металічних сплавів. Квазірідинна та квазікристалічна модель аморфних металічних сплавів. Аморфно-нанокристалічні структури. Дисклинаційна модель. Модель Егамі.

Дефекти в аморфних металічних сплавах. Точкові, мікроскопічні протяжні, макроскопічні дефекти. Дисклинації.

Структурна релаксація в аморфних металічних сплавах. Залежність вільної енергії конденсованого стану від температури і об'єму. Термічна стабільність і кристалізація аморфних металічних сплавів.

Хімічні зв'язки в аморфних металах і сплавах. Фізико-хімічні властивості поверхні аморфних матеріалів. Поверхневі сегрегації. Взаємодія кисню з поверхнею аморфних металічних сплавів та корозійні властивості.

Пружні і непружні властивості аморфних металічних сплавів. Діаграми розтягу кристалічних та аморфних матеріалів. Пружна і в'язка складові деформації.

Електричні і магнітні властивості аморфних металічних сплавів. Температурна залежність електро- і магнітоопору в немагнітних і магнітних аморфних сплавах. Типи магнітних структур аморфних магнетиків.

Змістовий модуль 3. Аморфні напівпровідники та надпровідники.

Неорганічні стекла

Загальна характеристика аморфних напівпровідників.

Зонна структура аморфних напівпровідників. Зонні діаграми аморфних напівпровідника

Електричні властивості аморфних напівпровідників. Оптичні властивості аморфних напівпровідників: поглинання і пропускання, фотолюмінесценція,

показник заломлення і дисперсія світла. Фотоіндуковані структурні перетворення у напівпровідниках.

Отримання аморфних напівпровідників. Найбільш вивчені аморфні напівпровідники. Аморфний кремній/ Селен. Халькогенідні стекла.

Аморфні надпровідники. Критичні параметри аморфних надпровідників. Поведінка аморфних надпровідників в процесі структурної релаксації та термічної обробки.

Неорганічні стекла. Загальні характеристики неорганічного скла. Основні властивості скла. Види технічних стекол та скловиробів. Ситали.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
лек.		пр. (сем.)	лаб.	інд.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про аморфний стан речовини						
Тема 1. Природа аморфного стану.		2	1	–	–	6
Тема 2. Загальні закономірності кристалізації речовини.		2	1			6
Тема 3. Зміна фізичних властивостей при аморфізації рідини. Поверхня.		2	1			6
Тема 4. Основні методи структурних досліджень некристалічних твердих тіл		2	1			6
Змістовий модуль 2. Аморфні металічні сплави						
Тема 5. Способи отримання аморфних металічних сплавів.		2	1	–	–	6
Тема 6. Моделі структури аморфних металічних сплавів.		2	1	–	–	6
Тема 7. Властивості аморфних металічних сплавів.		2	1			6
Змістовий модуль 3. Аморфні напівпровідники та надпровідники. Неорганічні стекла						
Тема 8. Аморфні напівпровідники.		2	1	–	–	6
Тема 9. Аморфні надпровідники.		2	1	–	–	6
Тема 10. Неорганічні стекла.		2	1	–	–	6
Усього годин		90	20	10	–	60

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про аморфний стан речовини		
1	Універсальні закономірності в структурі неупорядкованих твердих тіл.	2
2	Виділення фаз із аморфоутворюючих розплавів: зародкоутворення і ріст кристалів. Зміна поверхневої енергії.	2
Змістовий модуль 2. Аморфні металічні сплави		
3	Методи отримання аморфізованих металічних шарів	2
4	Дефекти в аморфних металічних сплавах. Електричні і магнітні властивості аморфних металічних сплавів.	2
Змістовий модуль 2. Теорія сплавів		
5	Оптичні властивості аморфних напівпровідників. Поведінка аморфних надпровідників в процесі структурної релаксації та термічної обробки.	1
6	Види технічних стекел та скловиробів. Ситали.	1
	Усього годин	10

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Різниця між аморфним і склоподібним станом	6
2	Кінетика кристалізації	6
3	Зміна механічних властивостей при нагріванні аморфних тіл	6
4	Особливості методів дослідження некристалічних твердих тіл	6
5	Розвиток методів отримання аморфних матеріалів	6
6	Сучасні моделі аморфної структури	6
7	Структурні дефекти в аморфних тілах	6
8	Характерні особливості аморфних напівпровідників	6
9	Характерні особливості аморфних надпровідників	6
10	Ситали	6
	Усього годин	60

7. Методи контролю

- Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу, в т. ч методом тестування.
- Перевірка якості виконання практичних робіт.
- Іспит.

8. Розподіл балів, які отримують аспіранти

Поточне тестування, семінарські заняття та самостійна робота						
Змістовий модуль №1				Змістовий модуль №2		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
5	5	5	5	5	5	5

Поточне тестування, семінарські заняття та самостійна робота			Екзамен
Змістовий модуль №3			
T8	T9	T10	
5	5	5	50

T1, T2 ... – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80 – 89	B	добре	
70 – 79	C		
60 – 69	D	задовільно	
50 – 59	E		
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

9. Методичне забезпечення

- 1) Лекції, завдання для практичних робіт.
- 2) Програмне забезпечення: навчально-контролюючі програми з кожної теми курсу.

10. Рекомендована література

Базова

1. Гусев А. И. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства / А. И. Гусев. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 198 с.

2. Шпак А. П. Кластерные и наноструктурные материалы / А. П. Шпак, Ю. А. Куницкий, В. Л. Карбовский. – К. : Академперіодика, 2001. – 588 с.
3. Петров А. Л. Структура и свойства неупорядоченных твердых тел / А. Л. Петров, А. А. Гаврилюк, С. М. Зубрицкий. – Иркутск, 2004. – 70 с.
4. Аморфні та мікрокристалічні матеріали. Навчально-методичний посібник / І.П. Яремій, Р.В. Ільницький, С.І. Яремій – Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2011. – 62 с.
5. І.П. Яремій Структура і властивості аморфних матеріалів. / Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2014. – 120 с.
6. Д.К Белашенко. Структура жидких аморфных металлов. М.: Металлургия, 1985.
7. К. Судзуки, Х. Футзимори, К. Хасимото. Аморфные металлы. М.: Металлургия, 1987. 327 с.
8. Аморфные металлические сплавы / Немошкаленко В. В., Романова А. В., Ильинский А. Г. [и др.] ; под ред. В. В. Немошкаленко. – К. : Наук. Думк, 1987. – 248 с.
9. Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела / А. Фельц. – М. : Мир, 1986. – 556 с.
10. Ковнеристый Ю. К. Физико-химические основы создания аморфных металлических сплавов / Ю. К. Ковнеристый, Э. К. Осипов, Е. А. Трофимова. – М. : Наука, 1983. – 144 с.
11. Под ред. Г.Й. Гьунтеродта, Г. Бека. Металлические стекла: ионная структура, электронный перенос и кристаллизация. М.: Мир, 1983.
12. Комник Ю. Ф. Физика металлических пленок. Размерные и структурные эффекты / Ю. Ф. Комник. – М. : Атомиздат, 1979. – 264 с.
13. Хандрих К. Аморфные ферро- и ферримагнетики : пер. с нем. / К. Хандрих, С. Кобе. – М. : Наука, 1982. – 293 с.
14. Б.С. Митин, В.А. Васильев. Порошковая металлургия аморфных и микрокристаллических материалов. М.: Металлургия, 1992. 128 с.
15. И.В. Золотухин. Физические свойства аморфных металлических материалов. М.: Металлургия, 1986. 176 с.
16. В. С. Минаев. Стеклообразные полупроводниковые сплавы. М.: Металлургия, 1991. 406 с.

Додаткова

1. Г.Л. Петраковский. Аморфные магнетики. УФН. – 1981. – Т. 134. С. 305.
2. И.В. Золотухин, Ю.Е. Калинин. Аморфные металлические сплавы УФН. – 1990. – Т. 160, №9. С. 77 – 110.
3. И.В. Золотухин, Ю.Е. Калинин и др. Проблемы исследования структуры аморфных металлических сплавов. М.: МИСиС, 1984. 179 с.
4. Под ред. Хакамавы Й. Аморфные полупроводники и приборы на их основе М.: Металлургия, 1986. 377 с.
5. М.Е. Докунин. Влияние термообработки на необратимые изменения свойств аморфных металлических сплавов Автореф. к. ф.-м. н., Москва, 2004.

6. Шудегов В. Е. Роль дисклинаций в физике твердого тела. Дисклинации в континууме и кристаллах / В. Е. Шудегов. – Ижевск, 1989. – 29 с.
7. Глезер А. М. Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы / А. М. Глезер // Рос. хим. ж. – 2002. – Т. XLVI. – №5. – С. 57 – 63.
8. Малиновский В. К. Неупорядоченные твердые тела: универсальные закономерности в структуре, динамике и явлениях переноса / В. К. Малиновский // ФТТ. – 1999. – Т. 41. – В. 5. – С. 805 – 808.
9. Воронов С. А. Физическое материаловедение. Ч. 1. Перспективные направления материаловедения / С. А. Воронов, Л. А. Переверзева, Ю. М. Поплавко. – К. : РВВ ИМФ им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, 2004. – 196 с.
10. Адлер Д. Приборы на аморфных полупроводниках / Д. Адлер // УФН. – 1978. – Т. 125. – В. 4. – С. 707 – 730.
11. Белашенко Д. К. Структура жидких аморфных металлов / Д. К. Белашенко. – М. : Металлургия, 1985. – 130 с.
12. Аморфные металлические сплавы / Под ред. Ф. Е. Люборского. – М. : Металлургия, 1987. – 464 с.
13. Металлические стекла: ионная структура, электронный перенос и кристаллизация / Под ред. Г. Й. Гьунтеродта, Г. Бека. – М. : Мир, 1983. – 376 с.
14. Петраковский Г. Л. Аморфные магнетики / Г. Л. Петраковский // УФН. – 1981. – Т. 134. – С. 305.