

Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
проректор з навчальної роботи
С.В. Шарин

« »

2021 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Статистика носіїв заряду у твердих тілах

Освітньо-наукова програма 104 «Фізика та астрономія»

Освітній рівень третій (освітньо-науковий)

Спеціальність 104 «Фізика та астрономія»

Галузь знань 10 «Природничі науки»

Робоча програма _____ курсу «Термодинаміка реальних кристалів» _____
(назва навчальної дисципліни)
для студентів за спеціальністю _____ 104 Фізика та астрономія
» _____, 20__ р. – __ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)
Прокопів Володимир Васильович, завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла,
кандидат фізико-математичних наук, професор. _____

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “ ____ ” _____ 2021 р. № ____

Завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла _____ (Прокопів В.В.)

Схвалено методичною комісією факультету.

Протокол від “ ____ ” _____ 2021 р. № ____

Голова _____ (Яцура М.М.)

© Прокопів В.В., 2021 рік
© ДВНЗ «Прикарпатський
національний університет імені
Василя Стефаника», 2021 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 – 6	Галузь знань: <u>10 природничі науки</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 1	Спеціальність: <u>104 Фізика та астрономія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 1		1-й	
Загальна кількість годин – 180		Семестр	
		1-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 8	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії</u>	Лекції	
		40 год.	
		Практичні, семінарські	
		20 год.	
		Самостійна робота	
		120 год.	
		Індивідуальні завдання: __	
		год.	
		Вид контролю: <u>залік, екзамен</u>	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: $60/120=0,5$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою дисципліни є ознайомлення студентів з структурою власних і домішкових дефектів у напівпровідникових кристалах, можливостями моделювання, розрахунку та керування їх дефектною структурою для отримання матеріалів з необхідними властивостями.

Завдання: у результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати про:

- структуру власних і домішкових дефектів у напівпровідниках;
- моделювання дефектоутворення в напівпровідниках методом квазіхімічних реакцій;
- метод термодинамічних потенціалів для опису процесів дефектоутворення;
- методи кристалоквазіхімічного опису дефектоутворення у напівпровідниках;

вміти:

- будувати моделі дефектоутворення в складних напівпровідниках методом квазіхімічних реакцій при а) розупорядкуванні за Шотткі б) розупорядкуванні за Френкелем в) антиструктурному розупорядкуванні;
- розраховувати залежності концентрації вільних носіїв заряду від температури та тиску при різних типах дефектного розупорядкування та різного зарядового стану дефектів;
- розраховувати залежності температури термодинамічного р-п-переходу від парціального тиску пари компонентів при двотемпературному відпалі напівпровідникових кристалів;
- застосовувати метод термодинамічних потенціалів для опису процесів дефектоутворення;
- описувати процеси дефектоутворення в напівпровідникових кристалах кристалоквазіхімічними методами;
- використовувати сучасне комп'ютерне програмне забезпечення для розв'язання задач фізики твердого тіла.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль.

Тема 1. Структура власних і домішкових дефектів у напівпровідниках.

Тема 2. Теплова генерація дефектів. Закон діючих мас.

Тема 3. Природа і тип власних дефектів.

Тема 4. Домішкові дефекти в напівпровідникових кристалах.

Тема 5. Моделювання дефектоутворення в напівпровідниках методом квазіхімічних реакцій..

Тема 6. Квазіхімічне моделювання дефектоутворення у халькогенідах свинцю.

Тема 7. Квазіхімія власних атомних дефектів у кристалах телуриду олова.

Тема 8. Квазіхімія власних атомних дефектів у кристалах телуриду кадмію.

Тема 9. Вплив області гомогенності на концентрацію точкових дефектів

Тема 10. Термодинаміка власних атомних дефектів у напівпровідникових матеріалах. Умова рівноваги. Термодинамічний потенціал кристала.

Тема 11. Умова електронейтральності. Вільна коливна енергія.

Тема 12. Конфігураційна ентропія.

Тема 13. Концентрація точкових дефектів у кристалі при його рівновазі з парою. Умова рівноваги. Хімічний потенціал.

Тема 14. Чисельне розв'язування отриманих систем рівнянь та основні результати.

Тема 15. Параметри точкових дефектів.

Тема 16. Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у напівпровідниках.

Тема 17. Представлення дефектів нестехіометрії. Метод кристалоквазіхімічного аналізу.

Тема 18. Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у легованих напівпровідниках.

Тема 19. Кристалоквазіхімія твердих розчинів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	ла б	інд	с.р.	
Модуль						
Змістовний модуль 1						
1	2	3	4	5	6	7
Структура власних і домішкових дефектів у напівпровідниках	10	2	2			6
Теплова генерація дефектів. Закон діючих мас.	8	2				6
Природа і тип власних дефектів.	8	2				6
Домішкові дефекти в напівпровідникових кристалах.	8	2				6
Моделювання дефектоутворення в напівпровідниках методом квазіхімічних реакцій.	18	4	2			12
Квазіхімічне моделювання дефектоутворення у халькогенідах свинцю.	8	2				6
Квазіхімія власних атомних дефектів у кристалах телуриду олова.	8	2				6
Квазіхімія власних атомних дефектів у кристалах телуриду кадмію.	10	2	2			6
Вплив області гомогенності на концентрацію точкових дефектів	8	2				6
Термодинаміка власних атомних дефектів у напівпровідникових матеріалах. Умова рівноваги. Термодинамічний потенціал кристала	12	2	4			6
Умова електронейтральності. Вільна коливна енергія.	8	2				6
Конфігураційна ентропія	10	2	2			6
Концентрація точкових дефектів у кристалі при його рівновазі з парою. Умова рівноваги. Хімічний потенціал.	8	2				6
Чисельне розв'язування отриманих систем рівнянь та основні результати.	8	2				6

Параметри точкових дефектів.	10	2	2			6
Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у напівпровідниках.	10	2	2			6
Представлення дефектів нестехіометрії.	10	2	2			6
Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у легованих напівпровідниках.	8	2				6
Кристалоквазіхімія твердих розчинів.	10	2	2			6
Усього годин	180	40	20			120

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структура власних і домішкових дефектів у напівпровідниках.	2
2	Моделювання дефектоутворення в напівпровідниках методом квазіхімічних реакцій.	2
3	Розрахунок концентрації точкових дефектів методом квазіхімічних реакцій у кристалах халькогенідах свинцю.	2
4	Розрахунок концентрації точкових дефектів методом квазіхімічних реакцій у кристалах телуриду кадмію.	2
5	Розрахунок концентрації точкових дефектів в напівпровідникових кристалах методом термодинамічних потенціалів.	4
6	Визначення конфігураційної ентропії кристала.	2
7	Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у напівпровідниках.	2
8	Розрахунок концентрації точкових дефектів в легованих напівпровідникових кристалах методом кристалоквазіхімії.	2
9	Кристалоквазіхімія твердих розчинів.	2
	Усього годин	20

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структура власних і домішкових дефектів у напівпровідниках	6
2	Теплова генерація дефектів. Закон діючих мас.	6
3	Природа і тип власних дефектів.	6
4	Домішкові дефекти в напівпровідникових кристалах.	6
5	Моделювання дефектоутворення в напівпровідниках методом квазіхімічних реакцій.	12
6	Квазіхімічне моделювання дефектоутворення у халькогенідах свинцю.	6
7	Квазіхімія власних атомних дефектів у кристалах телуриду олова.	6
8	Квазіхімія власних атомних дефектів у кристалах телуриду кадмію.	6
9	Вплив області гомогенності на концентрацію точкових	6

	дефектів	
10	Термодинаміка власних атомних дефектів у напівпровідникових матеріалах. Умова рівноваги. Термодинамічний потенціал кристала	6
11	Умова електронейтральності. Вільна коливна енергія.	6
12	Конфігураційна ентропія	6
13	Концентрація точкових дефектів у кристалі при його рівновазі з парою. Умова рівноваги. Хімічний потенціал.	6
14	Чисельне розв'язування отриманих систем рівнянь та основні результати.	6
15	Параметри точкових дефектів.	6
16	Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у напівпровідниках.	6
17	Представлення дефектів нестехіометрії.	6
18	Кристалоквазіхімічний опис дефектоутворення у легованих напівпровідниках.	6
19	Кристалоквазіхімія твердих розчинів.	6
	Усього годин	120

8. Методи контролю

- Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу:
 - тестування з кожної теми курсу;
 - доповіді на практичних заняттях;
- Перевірка якості засвоєння вмінь і навичок:
 - оцінювання якості розв'язування задач на практичних заняттях;
 - домашні розрахункові роботи.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Підсумковий тест (екзамен) (залік)	Сума
Змістовий модуль		50	100
Тест	Практичні		
T1...19			
1-40			

T1, T2 ... T19 – теми лекційних занять.

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	не зараховано з можливістю

		складання	повторного складання
0-25	Б	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Рекомендована література

Базова

1. Прокопів В.В., Горічок І.В., Туровська Л.В. Термодинаміка реальних напівпровідникових кристалів/ Навчальний посібник / В.В. Прокопів, І.В. Горічок, Л.В. Туровська – Івано-Франківськ: Видавництво «Плай» ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2009. – 100 с.

2. Фреїк Д.М., Прокопів В.В., Галушак М.О. та ін. Кристалохімія і термодинаміка атомних дефектів у сполуках АІVВVI. – Івано-Франківськ: Плай, 2000. – 164 с.

Допоміжна

3. Креггер Ф. Химия несовершенных кристаллов. – М: Мир, 1969. – 654 с.

4. Баранській П. І. та ін. Напівпровідникова електроніка. – Київ: Наукова думка, 1975. – 703 с.

5. Болтакс Б.И. Диффузия и точечные дефекты в полупроводниках. – Л.: Наука, 1972. – 384 с.

6. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников / Под ред. В.М. Глазова. – М.: Высшая школа, 1982. – 528 с.

7. Бублик В.Т. и др. Расчет области гомогенности арсенида галлия // Кристаллография. – 1979. – Т. 24. – Вып. 6. – С. 1230-1236.

8. Медведев С.А. Физика и химия соединений А2В6. М.: Мир, 1970.

9. Корбутяк Д.В., Мельничук С.В., Корбут Є.В., Борисик М.М. Телурид кадмію і домішково-дефектні стани та детекторні властивості. – К.: Іван Федоров, 2000.

10. Фочук П.М., Панчук О.Е., Щербак Л.П. Природа домінуючих точкових дефектів у кристалах CdTe: область насичення Cd // Фізика і хімія твердого тіла. – 2004 – Т. 5. – № 1. – С. 136–141.

11. Прокопів В.В., Фочук П.М., Горічок І.В., Вержак Є.В. Опис процесів дефектоутворення у бездомішкових кристалах кадмій телуриду методом термодинамічних потенціалів // Фізика і хімія твердого тіла. – 2007. – Т. 8. – № 2. – С. 380–387.

12. Лісняк С.С. Кристаллоквазіхімічеська модель досліджень в хімії твердого тіла // Изв. АН СССР. Неорган. матеріали. 1992. Т. 29. № 9. С. 1913-1917.

13. Лісняк С.С., Фреїк Д.М., Галушак М.О., Прокопів В.В., Іванишин І.М., Борик В.В. Кристаллоквазіхімія дефектів в халькогенідах свинцю // Фізика і хімія твердого тіла. – 2000. – Т.1. №1. С. 131-133