

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені ІВАНА ФРАНКА
Кафедра фізики твердого тіла

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор

“ _____ ” _____ 2017 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ ТОНКИХ ПЛІВОК

| | |
|----------------|--|
| галузь знань: | 10 Природничі науки |
| спеціальність: | 105 Прикладна фізика та наноматеріали |
| спеціалізація: | фізика напівпровідників і діелектриків, фізика металів |
| факультет: | фізичний |

Робоча програма навчальної дисципліни “**Фізика і технологія тонких плівок**” для підготовки бакалавра з природничих наук за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, 2017.
– 6 с.

Розробник:

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики твердого тіла Турко Б. І.

Програма затверджена на засіданні кафедри фізики твердого тіла

Протокол № ____ від _____

Завідувач кафедри фізики твердого тіла

_____ В. Б. Капустяник

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол № ____ від _____

Голова Вченої ради фізичного факультету

_____ П. М. Якібчук

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни “Фізика і технологія тонких плівок”)

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни |
|---|--|--------------------------------------|
| Кількість кредитів – 3 | Галузь знань: <i>10 Природничі науки</i> | <i>Денна форма навчання</i> |
| Модулів – 1 | Спеціальність: <i>105 Прикладна фізика та наноматеріали</i> | <i>Вибіркова</i> |
| Блоків змістових модулів – 1 | | Рік підготовки – <i>четвертий</i> |
| Загальна кількість годин – 90 | Спеціалізація: | Семестр – 8 |
| Тижневих годин: аудиторних – 2 самостійної роботи – 2,625 | <i>Фізика напівпровідників і діелектриків, Фізика металів</i> | Лекції – 16 год |
| | | Лабораторні – 32 год |
| | | Самостійна робота – 42 год |
| | Освітньо-кваліфікаційний рівень: <i>бакалавр</i> | Вид контролю – <i>іспит</i> |

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить – 1,143.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою і завданням навчальної дисципліни “Фізика і технологія тонких плівок” є формування необхідних теоретичних знань і практичних навиків, які дозволять створювати та інтерпретувати якісні і кількісні характеристики тонкоплівкових матеріалів, виводити закономірності взаємозв'язків між їхнім хімічним складом, кристалічною та електронною структурою і фізичними властивостями, розширення науково-технічного світогляду студентів.

В результаті вивчення цього курсу студент повинен

знати:

технології отримання тонких плівок, фізичні основи формування тонкоплівкових покриттів, методи дослідження структури, складу і фізичних властивостей тонких плівок.

вміти:

створювати плівкові матеріали з наперед заданою кристалічною структурою, хімічним складом і товщиною, вимірювати товщину, величину макронапружень і адгезію та критичну температуру конденсації, розраховувати енергію активації заліковування дефектів кристалічної будови.

Навчальний курс охоплює **3 кредити (90 год)**. Курс складається з 16 год лекційних занять, 32 год лабораторних занять та 42 год самостійної роботи. Тижневе навантаження студента складає 2 год аудиторних занять та 2,625 год самостійної роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Тонкі плівки: визначення, класифікація, механізми і стадії їхнього росту. Вступ. Цілі і завдання курсу. Визначення тонких плівок. Етапи досліджень поверхні і тонких плівок. Класифікація плівок і їхні основні параметри. Методи нанесення тонких плівок, їхня класифікація.

Тема 2. Закономірності утворення і росту плівок.

Теорії зародкоутворення у тонких плівках. Падіння на підкладку і термічна акомодация. Капілярна модель. Атомні моделі. Часткова і повна конденсації. Експерименти зі зародкоутворення у тонких плівках. Структурні наслідки утворення зародків у тонких плівках. Стадії росту плівки. Утворення дефектів у процесі росту.

Тема 3. Техніка високого вакууму.

Вакуумні насоси. Матеріали, які використовують у вакуумних системах. техніка монтажу вакуумних систем. Конструкція і робочі характеристики вакуумних систем. Виявлення натікання. Методи вимірювання тиску. Аналіз спектру залишкових газів.

Тема 4. Вакуумне випаровування.

Теорія випаровування. Швидкість випаровування. Механізми випаровування. Розподіл молекул, що випаровуються за напрямками. Конструкції випарників та їхнє використання. Розподіл осаджених плівок за товщиною. Випаровування сполук, сплавів і сумішей. Апаратура і методи контролю процесу осадження плівок.

Тема 5. Фізичний механізм розпилення матеріалів під дією іонного бомбардування (іонне розпилення).

Методи іонного розпилення. Плазма. Іонні пучки. Коефіцієнти і порогові енергії розпилення. Швидкості розпалюваних атомів. Кутовий розподіл матеріалу, що розпилюється. Аналіз розпилених речовин. Зміни, які відбуваються на поверхні розпилюваного матеріалу. теоретичні моделі іонного розпилення.

Тема 6. Отримання плівок методом іонного розпилення.

Самостійний тліючий розряд. Тліючий розряд, що підтримується термоелектронною емісією і магнітним полем. Обладнання для розпилення і фактори, які впливають на швидкість нанесення плівок. Захоплення домішок у процесі нанесення плівок. Реактивне розпилення. Високочастотне розпилення. Експериментальні дані. Методики вимірювання і розрахунку товщини плівок.

Тема 7. Епітаксійні методи отримання тонких плівок.

Епітаксія тонких плівок з газової фази. Епітаксія і характер межі розділу “плівка - підкладка”. Епітаксія і псевдоморфізм. Режими гетероепітаксійного росту. Епітаксія і основні чинники, що її формують. Епітаксія і фонові домішки. Епітаксія і морфологія та орієнтація поверхні підкладки. Молекулярно-променева епітаксія (МПЕ). Формування і розподіл поверхнею підкладки молекулярних пучків. Ріст плівки у методі МПЕ. Підкладки у методі МПЕ. МПЕ шарів кремнію та систем АПІВУ. Легування і контроль параметрів у методі МПЕ. Газофазна епітаксія з металоорганічних сполук (МОС гідридна епітаксія). Легування у процесі МОС гідридної епітаксії. Рідиннофазна епітаксія (РФЕ). Фізико-хімічні основи методу РФЕ. Класифікація способів РФЕ. Механізми і кінетика кристалізації за РФЕ.

4. Структура навчальної дисципліни

| № | Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | |
|-----------------|--|-----------------|----------|-----------|-----------|
| | | лк | пр | лаб | ср |
| МОДУЛЬ 1 | | | | | |
| 1 | Тонкі плівки: визначення, класифікація, механізми і стадії їхнього росту. | 2 | – | 4 | 6 |
| 2 | Закономірності утворення і росту плівок. | 2 | – | 4 | 6 |
| 3 | Техніка високого вакууму. | 2 | – | 4 | 6 |
| 4 | Вакуумне випаровування. | 2 | – | 4 | 6 |
| 5 | Фізичний механізм розпилення матеріалів під дією іонного бомбардування (іонне розпилення). | 2 | – | 4 | 6 |
| 6 | Отримання плівок методом іонного розпилення. | 2 | – | 4 | 6 |
| 7 | Епітаксійні методи отримання тонких плівок. | 4 | – | 8 | 6 |
| | ВСЬОГО | 16 | – | 32 | 42 |

5. Темі лабораторних занять

| № | Назва теми | Кількість годин |
|-----------------|--|-----------------|
| МОДУЛЬ 1 | | |
| 1 | Вступне заняття | 2 |
| 2 | Конструкція, принцип роботи та можливості вакуумного універсального поста ВУП-5М | 4 |
| 3 | Методи очищення підкладок від забруднень перед вирощуванням тонких плівок. | 4 |
| 4 | Отримання тонких плівок термічним вакуумним випаровуванням. | 4 |
| 5 | Отримання тонких плівок магнетронним розпиленням. | 4 |
| 6 | Високочастотне магнетронне та високочастотне магнетронне реактивне розпилення. | 4 |
| 7 | Хімічні методи отримання тонких плівок. | 4 |
| 8 | Методи дослідження структури тонких плівок. | 4 |
| 9 | Заключне заняття | 2 |
| | ВСЬОГО | 32 |

6. Методи навчання

Використовуються такі методи навчання:

- а) *словесні* – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;
- б) *наочні* – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами та графіками;

в) *практичні* – виконання лабораторних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень, узагальнень та аналізу та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об'єктів.

7. Розподіл балів, що присвоюються студентам

Контроль знань здійснюється за результатами іспиту.

Шкала оцінювання: вузу, національна та ECTS

| Оцінка ECTS | Оцінка в балах | Оцінка за національною шкалою | |
|----------------|----------------|-------------------------------|------------|
| | | Екзамен | |
| A | 90–100 | 5 | відмінно |
| B | 81–89 | 4 | дуже добре |
| C | 71–80 | | добре |
| D | 61–70 | 3 | задовільно |
| E | 51–60 | | достатньо |

8. Рекомендована література

Базова:

1. Технологія тонких плёнок (справочник) / под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Нью-Йорк, 1970, в 2 томах, Т. 1. - М.: Сов. Радио. – 1977. – 664 с.
2. Технологія тонких плёнок (справочник) / под ред. Л. Майссела, Р. Глэнга. Нью-Йорк, 1970, в 2 томах, Т. 2. - М.: Сов. Радио. – 1977. – 768 с.
3. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навч. посібник. – Львів: В-во «Львівська політехніка», 2009. - 580 с.
4. Розанов Л. Н. Вакуумная техника: Учеб. для вузов по спец. «Вакуумная техника». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 320 с.
5. Вакуумная техника: Справочник / Е. С. Фролов, В. Е. Минайчев, А. Т. Александрова и др. / под общ. ред. Е. С. Фролова, В. Е. Минайчева. – М.: Машиностроение, 1992. – 480 с.
6. Pelliccione M. and Lu T.-M. Evolution of Thin Film Morphology. Modeling and Simulations. N. Y.: Springer, 2008. - 206 p.
7. Берлин Е. В. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е. В. Берлин, С. А. Двинин, Л. А. Сейдман. – М.: Техносфера, 2007. – 176 с.
8. Оура К., Лифшиц В.Г., Саранин А.А., Зотов А.В., Катаяма М. Введение в физику поверхности. - М.: Наука, 2006, - 490 с.
9. Handbook of Thin-Film Deposition Processes and Techniques. 2nd Ed. / Ed. by Krishna Seshan. - N. Y.: William Andrew Publishing, 2002. - 656 p.
10. Wasa K. Thin Film Materials Technology: Sputtering of Compound Materials / Ed. by K. Wasa, M. Kitabatake, H. Adachi. - N. Y.: William Andrew, Inc., 2004. - 518 p.

Допоміжна:

Періодичні видання:

1. Журнал фізичних досліджень.
2. Вісник Львівського університету. Серія фізична.
3. Thin Solid Films.

Інформаційні ресурси:

1. www.nanohub.org
2. www.znannya.org
3. <http://nauka.name/>
4. www.nbu.gov.ua/portal/natural/nano/