

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОНОКРИСТАЛІВ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор,

чл. -кор. НАН України

Ігор ПРИТУЛА



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

**ОСНОВИ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ТА
ОДЕРЖАННЯ ВИРОБІВ З НИХ**

132 Матеріалознавство

Затверджено Вченою радою Інституту монокристалів Національної академії наук України
(протокол №9 від 26.09.2023 р.)

Викладач:

Вовк Олена Олександрівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник Інституту монокристалів Національної академії наук України

Харків-2023

ВСТУП

Робоча програма навчальної дисципліни “Основи обробки матеріалів та одержання виробів з них” складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії спеціальності: 132 Матеріалознавство.

Пререквізити навчальної дисципліни: володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі технічних наук, знати основні поняття матеріалознавства, володіти знаннями про властивості оптичних матеріалів, що використовуються у науці та техніці; володіти методами отримання та дослідження оптичних матеріалів

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання основ обробки матеріалів та процесів виготовлення оптичних деталей; розуміння закономірностей та механізмів кожного етапу обробки, особливостей побудови технологічного процесу в залежності від виду та фізико-хімічних властивостей оптичного матеріалу. Отримані знання будуть використані при розробці методик одержання оптичних кристалів та керамік з необхідною якістю матеріалу, обґрунтуванні та виборі параметрів техпроцесів та специфікацій при виготовленні зразків для оптичних досліджень та тестових зразків для функціонального використання.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Знайомство аспірантів, що спеціалізуються галузі матеріалознавства, з основами обробки матеріалів та виготовлення виробів з них.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Знайомство з оптичними матеріалами та виробами з них, з основами обробки матеріалів, особливостями, умовами та механізмами основних етапів виготовлення оптичних деталей, основними та допоміжними матеріалами, інструментом та технологічним устаткуванням для обробки, основними характеристиками оптичних виробів та методами їх контролю.

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна
Денна форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
4-й
Лекції
40 год
Практичні, семінарські заняття
10
Самостійна робота
40 год.

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких результатів навчання:

РН1. Проявляти наукові погляди та підходи при проведенні експертного аналізу наукових даних, оцінювати вплив технологічних факторів на властивості матеріалів.

РН5. Визначити закономірності та особливості поведінки матеріальних об'єктів.

РН7. Визначатись з факторами та критеріями, які необхідно враховувати при оцінці наслідків розвитку виробництва на стан довкілля.

РН9. Проводити на регіональному рівні оцінку та облік технічних ризиків, що можуть погіршувати стан довкілля.

РН12. Демонструвати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень.

РН19. Знайти оригінальне рішення, направлене на розв'язання конкретної науково-технічної проблеми.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Вступ. Інститут монокристалів, напрямки роботи. Оптичні матеріали, що виробляються в інституті та методи їх отримання. Виготовлення оптичних деталей.

Розділ 1. Види оптичних матеріалів, їх властивості та виготовлення оптичних деталей

Тема 1. Оптичні матеріали, вироби з них. Специфікація виробів. Види оптичних матеріалів. Оптичне скло, номенклатура оптичного скла. Скло для ІЧ-діапазону, для лазерних елементів, кварцове скло, сітали. Оптичні монокристали, для ІЧ-діапазону, для лазерної генерації. Оптичні полікристали (оптична кераміка). Оптичне волокно: характеристика та методи виробництва.

Тема 2. Оптичні деталі. Креслення. Вимоги до матеріалу. Вимоги до точності виготовлення. Параметри оптичних деталей, що контролюються.

Тема 3. Основні етапи обробки оптичних матеріалів. Контроль якості матеріалу. Різання. Шліфування закріпленням та вільним абразивом. Механічне полірування, фінішне полірування. Взаємодія одиничного алмазного зерна з оброблюваною поверхнею при механічній обробці. Полірування: механічне, хіміко-механічне, хімічне. Обладнання.

Тема 4. Абразивні матеріали та інструмент. Класифікація абразивних матеріалів та їх основні параметри. Зернистість порошків абразивних матеріалів та їх позначення. Алмазний інструмент. Шліфувальники, полірувальники. Допоміжні матеріали.

Тема 5. Виготовлення оптичних деталей із скла. Виготовлення заготовок, відпал. Шліфування зв'язаним та вільним абразивом. Суспензії для шліфування. Механічне полірування.

Тема 6. Оптичні покриття та з'єднання оптичних деталей. Методи нанесення, властивості. З'єднання оптичних деталей, оптичні клеї, з'єднання методом оптичного контакту.

Розділ 2. Обробка оптичних кристалічних матеріалів. Порушений приповерхневий шар: структура та методи дослідження. Виготовлення деталей з сапфіру.

Тема 7. Оптичні кристалічні матеріали та особливості їх механічної обробки. Основні фізико-механічні та фізико-хімічні властивості оптичних кристалічних матеріалів. Методи контролю якості кристалів. Кристалографічне орієнтування кристалів. Механічна обробка кристалів в залежності від мікротвердості. Механічна обробка оптичних кристалічних матеріалів з мікротвердістю більше 10^6 Па.

Тема 8. Порушений приповерхневий шар при механічній обробці. Причини його утворення та поетапне видалення. Структура порушеного приповерхневого шару. Еволюція поверхні в процесі обробки, шорсткість. Структурна досконалість поверхні, криві дифракційного відбиття.

Тема 9. Сапфір та виготовлення деталей з сапфіру. Фізичні властивості. Градації якості сапфіру. Конструкційний сапфір. Виготовлення оптичних вікон, підкладок. Кристалографічне орієнтування кристалів. Різання, шліфування. Механічне полірування, абразивні порошки, пасти. Хіміко-механічне полірування сапфіру, механізм. Полірувальні суспензії. Анізотропія полірування різних кристалографічних площин сапфіру, кутова анізотропія.. Одержання підкладок з сапфіру з терасно-ступінчастим рельєфом поверхні.. Атомно-силова мікроскопія в дослідженні поверхні.

Розділ 3. Виготовлення прецизійних елементів для лазерної техніки та вікон спецпризначення. Обробка кристалів з мікротвердістю менше 10^6 Па.

Тема 10. Обробка кристалів з мікротвердістю менше 10^6 Па. Обробка водорозчинних кристалів, напівпровідникових матеріалів. Механічне та хіміко-механічне полірування напівпровідникових матеріалів. Безконтактне полірування. Методи контролю основних параметрів. Особливості механічної обробки оптичної кераміки.

Тема 11. Виготовлення прецизійних елементів для лазерної техніки та вікон спецпризначення. Вимоги до технічних параметрів виробів: якість матеріалу, площинність, перпендикулярність, клин, оптична якість поверхні. Основні етапи технологічного процесу виготовлення елементів з сапфіру, гранатів, боратів, магній-алюмінієвої шпінелі. Особливості фінішного етапу полірування.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	усього	у тому числі		
		л	п	с. р.
1	2	3	4	5
Розділ 1				
Вступ		3		
Тема 1		4		4
Тема 2		5		4
Тема 3		5		5
Тема 4		6		5
Тема 5		3		3
Тема 6		2		2

Разом за розділом 1	51	28		23
Розділ 2				
Тема 7		1		1
Тема 8		1	5	1
Тема 9		6	5	5
Разом за розділом 2	25	8	10	7
Розділ 3				
Тема 10		2		2
Тема 11		2		2
Разом за розділом 3	8	4		4
Залік	6			6
Усього годин	90	40	10	40

4. Теми практичних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
П1	Виготовлення вікон та підкладок з сапфіру	5
П2	Дослідження поверхні методом атомно-силової мікроскопії	5
	Разом	10

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Тема 1. Оптичні матеріали, вироби з них.	4
2	Тема 2. Оптичні деталі. Креслення	4
3	Тема 3. Основні етапи обробки оптичних матеріалів	5
4	Тема 4. Абразивні матеріали та інструмент	5
5	Тема 5. Виготовлення деталей із скла	3
6	Тема 6. Оптичні покриття та з'єднання оптичних деталей	2
7	Тема 7. Оптичні кристалічні матеріали та особливості їх механічної обробки	1
8	Тема 8. Порушений приповерхневий шар при механічній обробці	1
9	Тема 9. Сапфір та виготовлення деталей з сапфіру	5
10	Тема 10. Обробка кристалів з мікротвердістю менше 10^6 Па	2
11	Тема 11. Виготовлення активних елементів та захисних вікон спецпризначення	2
12	Підготовка до заліку	6
	Разом	40

6. Методи контролю

Засвоєння матеріалу по дисципліні забезпечується циклом лекцій, проведенням практичних робіт, а також самостійною роботою.

7. Схема нарахування балів

Поточний контроль, практичні роботи, самостійна робота														Залік	Сума
Розділ 1						Розділ 2					Розділ 3		Разом		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	П1	П2	T10	T11			
4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	8	4	4	60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

8. Питання до заліку

1. Оптичні матеріали та вироби з них. Специфікація виробів. Види оптичних матеріалів.
2. Оптичне скло, номенклатура оптичного скла. Скло для ІЧ-діапазону, для лазерних елементів, кварцове скло, сітали.
3. Оптичні монокристали, для ІЧ-діапазону, для лазерної генерації.
4. Оптичні полікристали (оптична кераміка).
5. Оптичні деталі, етапи виготовлення, контроль параметрів оптичних деталей.
6. Оптичні деталі. Креслення оптичних деталей.
7. Вимоги до матеріалу оптичних деталей. Вимоги до точності виготовлення. Параметри оптичних деталей, що контролюються.
8. Основні етапи обробки: різання, шліфування, механічне полірування, фінішне полірування.
9. Шліфування закріпленим та вільним абразивом. Взаємодія одиничного алмазного зерна з оброблюваною поверхнею при механічній обробці.
10. Полірування: механічне, хіміко-механічне, хімічне.
11. Класифікація абразивних матеріалів та їх основні параметри.
12. Зернистість порошків абразивних матеріалів та їх позначення. Алмазний інструмент. Шліфувальники, полірувальники. Допоміжні матеріали
13. Виготовлення оптичних деталей із скла. Виготовлення заготовок зі скла, відпал.
14. Шліфування зв'язаним та вільним абразивом при виготовленні оптичних деталей із скла. Суспензії для шліфування. Механічне полірування оптичних деталей із скла.

15. Оптичні покриття та з'єднання оптичних деталей. Методи нанесення, властивості. З'єднання оптичних деталей, оптичні клеї, з'єднання методом оптичного контакту.
16. Оптичні кристалічні матеріали та особливості їх механічної обробки. Основні-фізико-механічні та фізико-хімічні властивості оптичних кристалічних матеріалів. Кристалографічне орієнтування кристалів. Методи контролю якості кристалів.
17. Механічна обробка кристалів в залежності від мікротвердості. Механічна обробка оптичних кристалічних матеріалів з мікротвердістю більше 10^6 Па.
18. Порушений приповерхневий шар при механічній обробці. Причини його утворення та поетапне видалення. Структура порушеного приповерхневого шару. Еволюція поверхні в процесі обробки, шорсткість. Структурна досконалість поверхні, криві дифракційного відбиття.
19. Сапфір та виготовлення деталей з сапфіру. Фізичні властивості сапфіру. Градації якості сапфіру. Конструкційний сапфір. Виготовлення оптичних вікон, підкладок з сапфіру.
20. Кристалографічне орієнтування кристалів сапфіру. Різання, шліфування. Механічне полірування, абразивні порошки, пасти.
21. Хіміко-механічне полірування сапфіру, механізм. Полірувальні суспензії.
22. Анізотропія полірування різних кристалографічних площин сапфіру, кутова анізотропія. Одержання підкладок з сапфіру з терасно-ступінчатим рельєфом поверхні.
23. Методи дослідження поверхні. Шорсткість поверхні. Атомно-силова мікроскопія в дослідженні поверхні.
24. Обробка кристалів з мікротвердістю менше 10^6 Па. Методи контролю основних параметрів. Обробка водорозчинних кристалів.
25. Обробка напівпровідникових матеріалів. Механічне та хіміко-механічне полірування напівпровідникових матеріалів. Безконтактне полірування.
26. Особливості механічної обробки оптичної кераміки.
27. Виготовлення прецизійних елементів для лазерної техніки та вікон спецпризначення. Вимоги до технічних параметрів виробів: якість матеріалу, площинність, перпендикулярність, клин, оптична якість поверхні.
28. Основні етапи технологічного процесу виготовлення прецизійних елементів з сапфіру, гранатів, боратів, магній-алюмінієвої шпінелі. Особливості фінішного етапу прецизійного полірування.

9. Рекомендована література

Основна література

1. Advances In CMP/Polishing Technologies For The Manufacture Of Electronic Devices, Ed. by Toshiro Doi, Ioan D. Marinescu, Syuhei Kurokawa, Elsevier Inc., 2012, 317 p.
2. Handbook of Lapping and Polishing. Ed. by Ioan D. Marinescu, Eskart Uhlmann, Toshiro K. Doi, CRC Press, 2007, 492 p.

3. Yiqing Chen, Liangchi Zhang. Polishing of Diamond Materials. Mechanisms, Modeling and Implementation. Springer-Verlag London 2013, 174 p., [DOI 10.1007/978-1-84996-408-1](https://doi.org/10.1007/978-1-84996-408-1).
4. Cutting and Polishing Optical and Electronic materials, G. W. Fynn, J. A. Powel, IOP Publishing Ltd., 1988, 229 p.
5. Handbook of Ceramic Grinding & Polishing, Ed. by Ioan D. Marinescu, Hans K. Tonshoff and Ichiro Inasaki, Elsevier Inc., 2015, 486 p.

Допоміжна література

1. Tribology Of Abrasive Machining Processes Second, Ed. by Ioan D. Marinescu, W. Brian Rowe, Boris Dimitrov, Hitoshi Ohmori, Elsevier Inc., 2012, 586 p., [DOI 10.1016/B978-1-4377-3467-6.00001-X](https://doi.org/10.1016/B978-1-4377-3467-6.00001-X).
2. Elena R. Dobrovinskaya, Leonid A. Lytvynov, Valerian Pishchik. Sapphire. Material, Manufacturing, Applications, Shpringer, 2009, 481 p., [DOI 10.1007/978-0-387-85695-7](https://doi.org/10.1007/978-0-387-85695-7).
3. E.A. Vovk, A.T. Budnikov, M.V. Dobrotvorskaya, S.I. Krivonogov, Danko A.Ya. Mechanism of the Interaction between Al₂O₃ and SiO₂ during the Chemical-Mechanical Polishing of Sapphire with Silicon Dioxide // Journal of Surface Investigation. Xray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2012, Vol. 6, No. 1, pp. 115–121.
4. E.A. Vovk. Deagglomeration of aerosil in polishing suspension for chemical-mechanical polishing of sapphire // Functional materials, 2015, V.22, No.1, 110-115.
5. E.A. Vovk. Chemical-mechanical polishing of sapphire by polishing suspension based on aerosil // Functional materials, 2015, V.22, No.2, 252-257.
6. Hirofumi Suzuki, Mutsumi Okada, Yoshiharu Namba, Tomohiro Goto. Superfinishing of polycrystalline YAG ceramic by nanodiamond slurry, CIRP Annals – Manufacturing Technology 68 (2019) 361-364, [DOI 10.1016/j.cirp.2019.04.062](https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.04.062).
7. Qiufa Luo, Jing Lu, Xipeng Xu, Feng Jiang. Removal mechanism of sapphire substrates (0001, 1120 and 1010) in mechanical planarization machining, Ceram. Int. 43(18) (2017) 16178-16184, [DOI 10.1016/j.ceramint.2017.08.194](https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.08.194).
8. Xiaolei Shi, Guoshun Pan, Yan Zhou, Li Xu, Chunli Zou, Hua Gong. A study of chemical products formed on sapphire (0001) during chemical–mechanical polishing, Surface & Coatings Technology 270 (2015) 206–220.