М.О. РОМАНЮК

Практикум з кристалооптики і кристалофізики

ЗМІСТ

Вступ 11

Розділ 1

Вирощування кристалів з розчину та виготовлення зразків для досліджень фізичних властивостей

1.1. Вирощування кристалів з водного розчину 13
1.1.1. Приготування розчину та ріст кристала 15
1.2. Виготовлення зразків для досліджень 20
1.2.1. Орієнтація та вирізання заготовки зразка 20
1.2.2. Обробка поверхні зразка 23
Контрольні запитання 26
Література 26

1.3. Дослідження оптичної однорідності зразків 26
1.3.1. Загальні поняття 26
1.3.2. Вимірювання параметрів шорсткості оптичних поверхонь 28
1.3.3. Завдання і порядок вимірювань 37
Контрольні запитання 38
Література 38

Розділ 2

Дослідження симетрії та оптичних властивостей кристалів за допомогою поляризаційного мікроскопа

2.1. Вивчення симетрії моделей кристалічних багатогранників 39
2.1.1. Точкова симетрія кристалів 39
2.1.2. Симетрія та установка кристалів різних сингоній. Вибір кристалографічних осей 45
2.1.3. Симетрія та можливі фізичні властивості кристалів 50
2.1.4. Завдання і порядок виконання роботи 52
Контрольні запитання 53
Література 53

2.2. Вивчення поляризаційного мікроскопа 54
2.2.1. Будова та характеристики поляризаційного мікроскопа типу МИН-8 54
2.2.2. Методика освітлення мікроскопа 55
2.2.3. Юстування поляризаційної системи та об'єктивів мікроскопа 58
2.2.4. Завдання і порядок виконання роботи 59
Контрольні запитання 59
Література 59

2.3. Дослідження погасання кристалів різних сингоній 60
2.3.1. Погасання кристалів і його зв'язок з їхньою симетрією 60
2.3.2. Підготовка мікроскопа 63
2.3.3. Завдання і порядок виконання роботи 63
Контрольні запитання 63
Література 64

2.4. Визначення двопроменезаломлення кристалів 64
2.4.1. Обгрунтування методики вимірювань 64
2.4.2. Реалізація методик вимірювань і завдання 70
Контрольні запитання 76
Література 76

2.4.3. Визначення двопроменезаломлення при великих різницях ходу ...77
2.4.4. Завдання і порядок виконання роботи 79
Контрольні запитання 81
Література 81

2.5. Коноскопічні дослідження кристалів 82
2.5.1. Отримання та опис коноскопічних фігур зразків різних орієнтацій та сингоній 84
2.5.2. Визначення знака кристалів 87
2.5.3. Дисперсія оптичних індикатрис 89
2.5.4. Завдання і порядок виконання роботи 92
Контрольні запитання 92
Література 93

2.6. Встановлення назви та орієнтації кристалофізичних осей зразків методом Федорова 93
2.6.1. Основи методу Федорова 93
2.6.2. Юстування оптичних систем мікроскопа та столика Федорова. Установка зразка в поляризаційній системі мікроскопа 95
2.6.3. Визначення вісності кристалічного зразка 97
2.6.4. Встановлення орієнтації і назви осей оптичної індикатриси та знака кристала 98
2.6.5. Завдання і порядок виконання роботи 102
Контрольні запитання 103
Література 103

2.7. Візуалізація доменної структури фероїків, магнетиків та рідких кристалів оптичним методом 103
2.7.1. Фізичні основи візуалізації доменів 103
2.7.2. Підготовка мікроскопа та зразків 104
2.7.3. Завдання і порядок виконання роботи 106
Контрольні запитання 106
Література 106

Розділ 3

Дослідження спектрів показників заломлення та двопроменезаломлення кристалів

3.1. Значення показників заломлення у фізиці і в техніці 107
3.1.1. Обгрунтування методики визначення показників заломлення імерсійним методом Обреїмова 109
3.1.2. Опис установки і практичні поради 111
Контрольні запитання 114
Література 114

3.2. Вимірювання дисперсії показників заломлення фотографічним методом Обреїмова 114
3.2.1. Опис методики експерименту та обчислень показників заломлення 114
3.2.2. Дослідження температурних змін показників заломлення 118
3.2.3. Завдання і порядок виконання роботи 122
Контрольні запитання 123
Література 123
Додатки 124

3.3. Одночасне визначення локальних температурних змін товщини та показника заломлення зразка 126
3.3.1. Обгрунтування методики і приклади її застосувань 126
3.3.2. Завдання і порядок виконання роботи 129
Контрольні запитання 129
Література 129

3.4. Вимірювання показника заломлення методом рефрактометра 130
3.4.1. Обгрунтування методики 130
3.4.2. Імерсійні рідини та досліджувані зразки 135
3.4.3. Завдання і порядок виконання роботи 137
Контрольні запитання 137
Література 137

3.5. Вимірювання показника заломлення методом призми 138
3.5.1. Характеристика та обгрунтування методики 138
3.5.2. Опис та юстування гоніометра ГС-5 140
3.5.3. Завдання і порядок виконання роботи 145
Контрольні запитання 146
Література 146

3.6. Дослідження температурної і спектральної залежності двопроменезаломлення 147
3.6.1. Обгрунтування методики вимірювань двопроменезаломлення 147
3.6.2. Завдання і порядок виконання роботи 147
Контрольні запитання 148

Література 148
Додаток 149

3.7. Дослідження температурних змін кута між оптичними осями кристалів з інверсією знаку двопроменезаломлення 149
3.7.1. Опис явища та обгрунтування методики вимірювань 149
3.7.2. Завдання і порядок виконання роботи 156
Контрольні запитання 156
Література 156

Розділ 4

Вимірювання спектрів поглинання кристалів

4.1. Дослідження спектрів поглинання кристалів в області кварцового ультрафіолету 157
4.1.1. Опис спектрів та обгрунтування методики вимірювань 157
4.1.2. Порядок роботи на спектрофотометрі типу СФ-26 162
4.1.3. Порядок вимірювання пропускання зразка 163
4.1.4. Завдання і порядок виконання роботи 164
Контрольні запитання 165
Література 166

4.2. Дослідження спектрів відбиття у вакуумному ультрафіолеті 165
4.2.1. Про прилади для області вакуумного ультрафіолету 166
4.2.2. Спектрограф ДФС-5 167
4.2.3. Джерело випромінювання в області енергій 6–22 еВ 169
4.2.4. Камера зразків 172
4.2.5. Хід експерименту 175
4.2.6. Розрахунок спектрів відбиття та оптичних сталих зразка 177
4.2.7. Загальні поради експериментатору 180
4.2.8. Порядок виконання роботи 181
4.2.9. Завдання до роботи 182
Контрольні запитання 184
Література 184

Розділ 5

Дослідження ефектів просторової дисперсії світла

5.1. Визначення кута повороту площини поляризації світла у відсутності лінійного двопроменезаломлення 185
5.1.1. Опис явища та схема установки 185
5.1.2. Завдання і порядок виконання роботи 190
Контрольні запитання 190
Література 190

5.2. Визначення діагональних компонент тензора гірації при наявності лінійного двопроменезаломлення 191
5.2.1. Опис явища та обгрунтування методики вимірювань 191
5.2.2. Завдання і послідовність операцій вимірювання 199
5.2.3. Розрахунок компонент тензора гірації 200
5.2.4. Модернізація первинної методики експерименту 201
Контрольні запитання 203
Література 204

Розділ 6

Дослідження діелектричних, дилатометричних та електро-механічних властивостей кристалів

6.1. Діелектричні властивості фероїків 205
6.1.1. Загальні поняття про поляризацію діелектриків 205
6.1.2. Релаксаційна поляризація 206
6.1.3. Резонансна поляризація 209
6.1.4. Діелектричні втрати. Провідність при релаксаційній поляризації 211
6.1.5. Діелектричні втрати при пружній поляризації. Провідність 216
6.1.6. Частотна залежність діелектричної проникності 218

6.2. Температурна і частотна залежність діелектричної проникності фероїків типу лад–безлад 222
6.2.1. Про частотні дослідження діелектричних характеристик фероїків в області фазового переходу 222
6.2.2. Дослідження спонтанної поляризації і коерцитивного поля 223
6.2.3. Початкова діелектрична проникність. Діелектричні втрати 228
6.2.4. Завдання і порядок виконання роботи 231
Контрольні запитання 232
Література 233

6.3. Дослідження температурного розширення кристалів 234
6.3.1. Природа температурного розширення 234
6.3.2. Експериментальні методи дослідження температурного розширення кристалів 236
6.3.3. Завдання і порядок виконання роботи 240
Контрольні запитання 240
Література 241

6.4. Дослідження температурної залежності п'єзоелектричних і пружних сталих та коефіцієнтів електромеханічного зв'язку кристалів методом резонансу- антирезонансу 241
6.4.1. Обгрунтування методики та схема установки 241
6.4.2. Завдання і порядок виконання роботи 246
Контрольні запитання 247
Література 247

6.5. Дослідження низькочастотної поляризації кристалів сегнетової солі за змінами доменної структури 248
6.5.1. Двійникова будова фероїків та її прояви при дослідженні їхніх фізичних властивостей 248
6.5.2. Характеристика доменів різних типів кристалів та методів їхньої візуалізації 252
6.5.3. Завдання і порядок виконання роботи 261
Контрольні запитання 262
Література 262

Розділ 7

Мас–спектрометричне дослідження термічної стійкості кристалів

7.1. Опис явища та методики експерименту 263
7.1.1. Опис термічної стійкості кристалів, значення таких досліджень 263
7.1.2. Схема мас-спектрометра МХС-6 265
7.1.3. Порядок роботи на мас-спектрометрі МХС-6 266
7.1.4. Дослідження характеристик мас-спектрометра 271
7.1.5. Монтаж зразка та хід експерименту 272
7.1.6. Вимкнення мас-спектрометра 274
Контрольні запитання 275
Література 276

Розділ 8

Дослідження оптичних параметричних ефектів у кристалах

8.1. Дослідження лінійного електрооптичного ефекту 277
8.1.1. Феноменологічний опис ефекту та схеми експерименту 277
8.1.2. Завдання і порядок виконання роботи 281
Контрольні запитання 281
Література 282

8.2. Визначення головних п'єзооптичних констант 282
8.2.1. Феноменологічний опис п'єзооптичного ефекту 282
8.2.2. Схема установки 285
8.2.3. Завдання і порядок виконання роботи 289
Контрольні запитання 290
Література 290

8.3. Дослідження магнітооптичних ефектів 290
8.3.1. Феноменологічний опис магнітооптичних ефектів. Визначення сталої Верде 290
8.3.2. Характеристика установки 292
8.3.3. Завдання і порядок виконання роботи 294
Контрольні запитання 294
Література 295

8.4. Дослідження баричного зміщення температури фазового переходу фероїків оптичним методом 295
8.4.1. Феноменологічний опис явища 295
8.4.2. Завдання і порядок виконання роботи 297
Контрольні запитання 298
Література 298

8.5. Дослідження спонтанних та індукованих нелінійних діелектричних властивостей фероїків 299
8.5.1. Феноменологічний опис спонтанної поляризації фероїків 299
8.5.2. Експериментальне визначення коефіцієнта α термодинамічного потенціалу фероїка 304
8.5.3. Дослідження нелінійності у парафазі. Визначення коефіцієнта β 306
8.5.4. Дослідження впливу електричного поля на положення точки фазового переходу T_C, максимальне значення діелектричної проникності ε_{max} та оцінка полів радіаційних дефектів 307
Контрольні запитання 307
Література 307

8.6. Дослідження дифракції світла на об'ємних акустичних хвилях 308
8.6.1. Опис закономірностей взаємодії світлових та звукових хвиль 308
8.6.2. Схема установки і завдання роботи 311
8.6.3. Порядок виконання роботи 312
Контрольні запитання 312
Література 313

8.7. Визначення швидкості поширення поверхневих ультразвукових хвиль методом дифракції світла 313
8.7.1. Опис акустооптичної взаємодії світлових та поверхневих звукових хвиль 313
8.7.2. Опис установки для механічної та електронної селекції дифрагованого пучка світла 316
8.7.3. Завдання і порядок виконання роботи 316
Контрольні запитання 317
Література 317

Розділ 9

Деякі застосування оптичної анізотропії у метрології

9.1. Реперна температурна точка на базі інверсії знаку двопроменезаломлення кристалів 318
9.1.1. Шкали температури. Моделі температурної точки 318
9.1.2. Недоліки відомих методів вимірювання температури 322
9.1.3. Схема реалізації температурної точки на базі інверсії знаку двопроменезаломлення 323

9.1.4. Завдання та порядок виконання роботи 323
Контрольні запитання 325
Література 325

9.2. Вимірювання температури на базі двопроменезаломлення кристалів .. 325
9.2.1. Недоліки відомих методів вимірювання температури 325
9.2.2. Оптичні методи вимірювання температури 326
9.2.3. Схема кристалооптичного методу вимірювання температури 328
9.2.4.Завдання і порядок виконання роботи 330
Контрольні запитання 331
Література 331
9.3. Визначення тиску на базі інверсії знаку двопроменезаломлення 331
9.3.1. Обгрунтування методики 331
9.3.2. Завдання і порядок виконання роботи 334
Контрольні запитання 335
Література 335

9.4. Вимірювання великих доз жорсткої радіації 336
9.4.1. Радіаційні зміни двопроменезаломлення кристалів тригліцинсульфату 336
9.4.2. Оптичний метод визначення дози радіації, поглинутої кристалом 337
9.4.3. Завдання і методика експерименту 338
Контрольні запитання 338
Література 338

Рекомендована література 339

Додатки 344