Л.А. БУЛАВІН
Б.І. СОКОЛОВСЬКИЙ
Ю.О. ПЛЕВАЧУК
В.М. СКЛЯРЧУК

ПЕРЕХІД МЕТАЛ-НЕМЕТАЛ В ІОННО-ЕЛЕКТРОННИХ РІДИНАХ

КИЇВ – 2008

Л.А. Булавін
Б.І. Соколовський
Ю.О. Плевачук
В.М. Склярчук

Перехід метал-неметал в іонно-електронних рідинах

Київ

2008

УДК 544.2
ББК 22.333.5
П 27

Рекомендовано до друку Вченою радою фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка (протокол № 11 від 25.03.2008 р.)

Автори:

Л.А. Булавін, академік НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор;
Б.І. Соколовський, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник;
Ю.О. Плевачук, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник;
В.М. Склярчук, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник.

Рецензенти:

М.Ф. Головко, член-кор. НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор;
М.П. Козловський, доктор фізико-математичних наук, професор;
В.Я. Прохоренко, доктор фізико-математичних наук, професор.

У монографії представлені результати експериментальних досліджень переходу метал-неметал у багатокомпонентних металевих і напівпровідникових розплавах, так званих іонно-електронних рідинах. Основна увага приділена експериментальному дослідженню кінетики електронів і трансформації енергетичного спектру електронів у термодинамічно гомогенних та гетерогенних розплавах при переході метал-неметал. Використані електрофізичні методи досліджень температурних і концентраційних залежностей властивостей розплавів.

Монографія розрахована на студентів, аспірантів фізичних факультетів університетів, а також науковців, які працюють у галузі фізики рідин, фізики твердого тіла та ядерної фізики.

Монографія видана за сприяння української компанії ТзОВ "Каскад-Продакшн ЛТД"

ISBN 978-966-182-004-2

З М І С Т

ВСТУП 6

РОЗДІЛ 1.
ПЕРЕХІД МЕТАЛ-НЕМЕТАЛ У НЕВПОРЯДКОВАНИХ СИСТЕМАХ 8

1.1 Перехід метал-неметал та ближній порядок 10
1.2 Локалізація електронів і перехід Андерсона 12
1.3 Моделі енергетичного спектру і кінетика електронів термодинамічно однорідних невпорядкованих систем 15
1.4 Термодинамічні аспекти переходу метал-неметал 20
1.5 Флуктуації поблизу критичної точки 26
1.6 Перколяційний перехід метал-неметал 29
1.7 Енергетична структура електронного спектру гетерофазних невпорядкованих систем 33
1.8 Особливості кінетики електронів і посилення металічних властивостей неоднорідних рідин 36

РОЗДІЛ 2.
МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІОННО-ЕЛЕКТРОННИХ РІДИН ТА РІДИННИХ СИСТЕМ 51

2.1 Особливості досліджень високотемпературних розплавів 52
2.2 Обладнання для роботи при високих тисках 54
2.3 Конструкція нагрівача 54
2.4 Вимірювальна комірка 56
2.5 Приготування зразків 62
2.6 Дослідження електрофізичних властивостей в автоматичному режимі 65
2.6.1 Методика вимірювання електропровідності 66
2.6.2 Методика вимірювання коефіцієнта термо-е.р.с 71
2.7 Контроль температурного поля 74
2.8. Програмований вимірювальний комплекс і комп'ютерна обробка результатів 75
2.9 Похибки вимірювання електропровідності та термо-е.р.с 78
2.10 Методика вимірювання густини і проведення диференціально-термічного аналізу 80

РОЗДІЛ 3.
ПЕРЕХІД НАПІВПРОВІДНИК-МЕТАЛ У ТЕЛУРІ І ТЕЛУРИДІ МІДІ 89

3.1 Електропровідність, термо-е.р.с., густина..... 91
3.2 Перехід напівпровідник-метал у телурі..... 103
3.3 Особливості металізації розплаву CuTe 112
3.4 Оцінка електронної складової теплопровідності..... 113

РОЗДІЛ 4.
ПЕРЕХІД НАПІВПРОВІДНИК-МЕТАЛ У РОЗПЛАВАХ ХАЛЬКОГЕНІДІВ АРСЕНУ ТА В РІДКОМУ СЕЛЕНІ ПРИ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ..... 118

4.1 Розплави стехіометричного складу As_2Te_3, As_2Te_2-As_2Se_3, As_2Se_3..... 120
4.2 Розплав $As_{51,3}Se_{48,7}$..... 123
4.3 Розплав селену 125
4.4 Співвідношення між електропровідністю і термо-е.р.с. в області переходу напівпровідник-метал..... 129
4.4.1 Зіставлення з теорією..... 129
4.4.2 Модель енергетичного спектру в рідкому напівпровіднику..... 133
4.4.3 Зміна з температурою енергетичного спектру в халькогенідах арсену стехіометричного складу..... 136
4.5 Металізація рідкого селену..... 142

РОЗДІЛ 5.
ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В СИСТЕМАХ З РОЗШАРУВАННЯМ In-Te, In-Se, Pb-Ga..... 147

5.1 Температурні і часові характеристики процесів гомогенізації систем з розшаруванням..... 147
5.2 Енергетичні аспекти процесів гомогенізації..... 156
5.3 Електрофізичні властивості систем In-Te, In-Se..... 160
5.4 Електрофізичні властивості системи Pb-Ga..... 183
5.5 Переміщення границі розділу розшарованих фаз..... 193

РОЗДІЛ 6.
ПЕРЕХОДИ МЕТАЛ-НЕМЕТАЛ І РОЗШАРУВАННЯ В СИСТЕМАХ Tl-Te, Tl-Se, Tl-Te-Se..... 208

6.1 Особливості процесів гомогенізації..... 208
6.2 Електропровідність та термо-е.р.с. систем Tl-Te, Tl-Se, Tl-Te-Se..... 215
6.3 Профіль електрофізичних властивостей..... 222

РОЗДІЛ 7.
РОЗШАРУВАННЯ ТА КРИТИЧНІ ПАРАМЕТРИ ДВОКОМПОНЕНТНИХ СИСТЕМ З РІЗНИМ ТИПОМ МІЖЧАСТИНКОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ..... 249

7.1 Методика визначення кривих співіснування рідина-рідина..... 249
7.2 Криві двофазової рівноваги досліджених бінарних розплавів..... 264
7.2.1 Системи In-Te, In-Se..... 264
7.2.2 Системи Tl-Te, Tl-Se..... 267
7.2.3 Система Pb-Ga 270
7.2.4 Закономірності трансформації області обмеженої розчинності системи Tl-Te при заміщенні телуру селеном..... 272
7.3 Аналіз кривих двофазової рівноваги 278
7.3.1 Критичні показники кривих двофазової рівноваги систем In-Te, In-Se, Tl-Te та Tl-Se..... 278
7.3.2 Критичний показник кривої рівноваги системи Pb-Ga 286
7.4 Критичні амплітуди систем з різним типом міжчастинкової взаємодії... 288
7.5 Вплив зміни енергетичного спектру електронів на форму кривої рівноваги рідина-рідина 291
7.6 Концентраційна еволюція електронного енергетичного спектру розплавів метал-халькоген 295
7.7 Температурна трансформація енергетичного спектру носіїв заряду в розплавах метал-халькоген..... 298