

**Б. С. Бокштейн
Ю. В. Похвиснев
А. О. Родин**

**ФИЗИКА ПРОЦЕССОВ
НА ПОВЕРХНОСТЯХ
РАЗДЕЛА
В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ**



**URSS
МОСКВА**

**Бокштейн Борис Самуилович,
Похвиснев Юрий Валентинович,
Родин Алексей Олегович**

Физика процессов на поверхностях раздела в металлах и сплавах:
Учебное пособие. — М.: ЛЕНАНД, 2022. — 160 с. (Классика инженерной мысли: металловедение.)

Настоящее учебное пособие было создано на основе учебного курса, который авторы в различных вариантах в течение многих лет читали бакалаврам, магистрам и аспирантам Института новых материалов и нанотехнологий Национального исследовательского технологического университета «МИСиС». В первой части изложены основы термодинамического описания поверхностей раздела. Во второй и третьей частях рассмотрены процессы, протекающие на основе диффузионного переноса атомов по границам зерен и по внешней поверхности. Помимо лекционного материала книга содержит задачи с решениями, домашние задания и контрольные вопросы для проверки усвоения полученных знаний.

Издание предназначено для студентов, бакалавров и магистров, специализирующихся в области физики металлов, материаловедения и физико-химических исследований в металлургии. Оно может быть также полезно аспирантам, научным работникам и инженерам, работающим в металлургической, авиационной и машиностроительной промышленности.

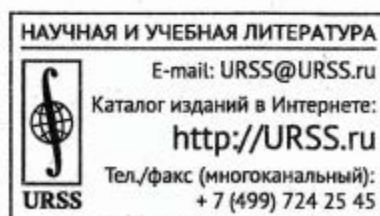
Формат 60×90/16. Печ. л. 10. Зак. № АС-7025.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, проспект 60-летия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978-5-9710-9775-4

© ЛЕНАНД, 2022



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

Оглавление

Предисловие	6
Введение	7
Глава 1. Термодинамика поверхностей раздела	13
1. Метод избытков Гиббса.....	13
2. Изотермы адсорбции	17
2.1. Изотерма Лангмюра	17
2.2. Статистический вывод изотермы Лангмюра—МакЛина	19
2.3. Изотерма с отравленными местами.....	22
2.4. Адсорбция на неоднородной поверхности	23
3. Модель Гуггенгейма. Уравнения Жуховицкого.....	25
4. Взаимодействие примесей на поверхности	28
5. Адсорбции с образованием комплексов	30
6. Компьютерное моделирование атомных комплексов на границах зерен	33
7. Фазовые переходы на границах зерен. Концентрационный фазовый переход.....	38
8. Экспериментальные методы изучения адсорбции в границах зерен.....	44
Контрольные вопросы к главе 1	50
Задачи к главе 1	53

Глава 2. Диффузия по границам зерен	56
1. Первые эксперименты	56
2. Самодиффузия по границам зерен. Модель Фишера.....	58
3. Кинетические режимы самодиффузии по границам зерен.....	66
4. Движущие силы диффузии в границах зерен.....	69
5. Экспериментальные результаты самодиффузии по границам зерен.....	71
6. Особенности гетеродиффузии. Коэффициент обогащения	73
7. Вычисление коэффициента обогащения на основе диффузионных измерений.....	76
8. Влияние адсорбции на диффузию по границам зерен	80
9. Диффузия вдоль одиночных границ зерен и границ фаз	84
10. Механизм диффузии по границам зерен	91
Контрольные вопросы к главе 2	93
Задачи к главе 2	95
Глава 3. Поверхностная диффузия	99
1. Структура поверхности. Модель TLK. Механизм поверхностной диффузии	99
2. Сглаживание поверхностного гофра.....	102
3. Механизмы сглаживания поверхностного гофра	104
4. Канавки термического травления.....	108
5. Канавки жидкометаллического травления	110

6. Диффузия по границам зерен в наноматериалах	112
Контрольные вопросы к главе 3	115
Задачи к главе 3	116
Решения задач	118
Решения задач к главе 1	118
Решения задач к главе 2	128
Решения задач к главе 3	139
Литература	144
Приложения	145
1. Домашнее задание № 1 к разделу «Термодинамика поверхностей раздела» (многовариантная задача).....	145
2. Домашнее задание № 2 к разделу «Термодинамика поверхностей раздела»	148
3. Домашнее задание № 3 к разделу «Диффузия по границам зерен»	153