


Г. М. Мокроусов, О. Н. Зарубина, Т. П. Бекезина

# МЕЖФАЗНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ



Г. М. МОКРОУСОВ,  
О. Н. ЗАРУБИНА,  
Т. П. БЕКЕЗИНА

МЕЖФАЗНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ  
И ФОРМИРОВАНИЕ  
ПОВЕРХНОСТИ  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВ  
В ЖИДКИХ СРЕДАХ

*Учебное пособие*



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ · МОСКВА · КРАСНОДАР  
2021

Мокроусов Г. М., Зарубина О. Н., Бекезина Т. П.

**М 74** Межфазные превращения и формирование поверхности многокомпонентных полупроводников в жидких средах: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 112 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

**ISBN 978-5-8114-1872-5**

В пособии на примере полупроводников типа  $A^{III}V$  и  $A^{II}V$  рассмотрены типичные межфазные превращения (потенциалопределяющие реакции), протекающие в системах многокомпонентное соединение-вода (рН). При этом поверхность представлена в виде структуры, состоящей из поверхностного фазового слоя и приповерхностного кристаллического слоя, находящегося между поверхностным фазовым слоем (или при отсутствии такового — раствором) и объемом твердого тела. Данное пособие поможет моделировать границы раздела фаз сложных неорганических веществ и материалов, целенаправленно прогнозировать и создавать их межфазные границы с необходимым составом и строением путем различных (электро) химических операций, устранять или вводить дефекты в приповерхностные области кристаллических веществ, управлять свойствами структур типа П-М, П-Д и осуществлять наноструктурирование поверхности кристаллических материалов.

Пособие предназначено на студентов, обучающихся по направлениям «Химия», «Химия, физика и механика материалов», «Фундаментальная и прикладная химия», аспирантов, преподавателей химических вузов и факультетов, а также специалистов, работающих в области физикохимии полупроводников, формирования и модификации поверхности твердых тел для создания функциональных материалов и полупроводниковых структур, а также в области материаловедения и технологии структур. Оно будет полезно специалистам, разрабатывающим и производящим различного рода (нано, микро, макро) структуры на основе полупроводников и металлов с использованием водных и неводных сред, а также при решении вопросов их стабильности, включая коррозионную стойкость.

ББК 24.5я73

Издается в авторской редакции

#### Рецензент

*Т. С. МИНАКОВА* — кандидат химических наук, доцент, профессор кафедры физической и коллоидной химии Томского государственного университета.

Обложка  
*Е. А. ВЛАСОВА*

*Охраняется законом РФ об авторском праве.  
Воспроизведение всей книги или любой ее части  
запрещается без письменного разрешения издателя.  
Любые попытки нарушения закона  
будут преследоваться в судебном порядке.*

© Издательство «Лань», 2021  
© Коллектив авторов, 2021  
© Издательство «Лань»,  
художественное оформление, 2021

## Оглавление

|   |    |
|---|----|
| <b>Введение</b> .....   | 5  |
| <b>Глава 1</b>  |    |
| <b>Теоретические основы методов формирования поверхности твердых тел</b> .....  | 6  |
| 1.1 Процессы на границе простое вещество – H <sub>2</sub> O (рН) .....  | 6  |
| 1.2 Термодинамика превращений на межфазной границе простое вещество – H <sub>2</sub> O (рН) .....   | 10 |
| 1.2.1 Превращения на межфазной границе элементов III и V групп-H <sub>2</sub> O (рН) .....  | 10 |
| 1.2.2 Превращения на межфазной границе элементов II и VI групп-H <sub>2</sub> O (рН) .....  | 18 |
| 1.3 Превращения на межфазной границе водная среда (рН)-многокомпонентное вещество на примере соединений элементов II - VI и III - V групп .....   | 24 |
| 1.3.1 Превращения на межфазной границе полупроводник типа A <sup>III</sup> B <sup>V</sup> -H <sub>2</sub> O (рН) .....  | 25 |
| 1.3.2 Превращения на межфазной границе полупроводник типа A <sup>IV</sup> B <sup>VI</sup> -H <sub>2</sub> O (рН) .....  | 32 |
| 1.4 Состав и строение межфазных границ полупроводников A <sup>III</sup> B <sup>V</sup> , формируемых различными методами .....  | 37 |
| 1.4.1 Граница объем твердого тела – поверхностный фазовый слой (или раствор) .....  | 38 |
| 1.4.2 Образование приповерхностного кристаллического слоя, находящегося между поверхностным фазовым слоем (или при отсутствии такового – раствором) и объемом кристалла; его состав, строение и протяженность ..... | 41 |
| <b>Глава 2</b>  |    |
| <b>Химические и электрохимические методы формирования поверхности твердых тел и полупроводниковых структур</b> .....  | 45 |
| 2.1 Общие понятия о методах подготовки поверхности и типах травителей .....   | 45 |
| 2.2 Составы травителей для полировки поверхности и выявления дефектов кристаллической структуры полупроводников .....   | 48 |
| 2.3 Локальное анизотропное травление полупроводников .....  | 51 |
| 2.3.1 Общие сведения, термины .....   | 52 |
| 2.3.2 Боковое подтравливание и форма фигур травления .....  | 56 |
| 2.3.3 Профиль и огранка канавок при анизотропном травлении .....  | 58 |
| 2.3.4 Угловое подтравливание и способы его уменьшения .....   | 61 |
| 2.3.5 Составы анизотропных травителей и их применение для локального анизотропного травления в технологии микроэлектроники .....  | 65 |
| 2.4 Электрохимические методы формирования структур полупроводник-металл, полупроводник – диэлектрик .....   | 77 |
| 2.4.1 Основные понятия кинетики электродных процессов. Предмет и значение кинетики электродных процессов .....  | 77 |
| 2.4.2 Электрохимическое осаждение металлов .....  | 83 |
| 2.4.3 Электроосаждение металлов и сплавов на полупроводники .....   | 85 |
| 2.4.4 Анодное растворение и пассивность металлов .....  | 87 |
| 2.4.5 Анодирование металлов и полупроводников .....   | 90 |
| <b>Глава 3</b>  |    |
| <b>Описание практических занятий</b> .....  | 94 |
| 3.1 Основные темы и вопросы для проведения расчетных семинарских занятий. Задачи для самостоятельной работы .....   | 94 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>3.2 Основные темы и краткое описание практических занятий по подготовке поверхности полупроводников и получения структур</b> ..... | 95  |
| 3.2.1 Локальное анизотропное травление полупроводников .....  | 95  |
| 3.2.2 Полирующее травление полупроводников и выявление дислокаций .....   | 96  |
| 3.2.3 Электрохимическое осаждение металлов и структуры полупроводник–металл .....   | 97  |
| 3.2.4 Электрохимическая пассивация и оксидирование полупроводников, структуры полупроводник–диэлектрик .....                          | 101 |
| <b>3.3 Вопросы для самоконтроля</b> .....   | 104 |
| <b><i>Литература</i></b> .....  | 105 |