

АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛОРУССКОЙ ССР
Витебское отделение Института физики
твёрдого тела и полупроводников

В.В.Клубович Н.К.Толочко

МЕТОДЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ

МИНСК
«НАВУКА І ТЭХНІКА»
1991

УДК 548.5

Клубович В. В., Толочко Н. К. Методы выращивания кристаллов из растворов. — Мн.: Навука і тэхніка, 1991. — 296 с. — ISBN 5-343-00706-6.

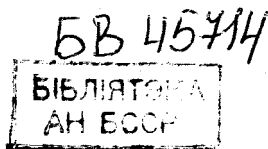
Представлено наиболее полное и подробное исследование современного состояния, основных тенденций и проблем развития технологии выращивания кристаллов из низкотемпературных растворов. Обобщен опыт советских и зарубежных специалистов в области выращивания водорастворимых кристаллов, имеющих важное техническое применение. Рассмотрены многочисленные методы и устройства выращивания, как традиционные, так и новейшие, получившие распространение в последние годы; даны их классификации и характеристики с учетом современных представлений о механизмах роста кристаллов. Впервые приведено описание оригинальных технологических разработок, выполненных авторами.

Книга предназначена для научных и инженерно-технических работников, занимающихся выращиванием кристаллов, проектировщиков кристаллизационной аппаратуры, студентов.

Табл. 6. Ил. 123. Библиогр.: 431 назв.

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук И. Д. Захаренко,
д-р физ.-мат. наук В. М. Варикаш



К $\frac{1604110000-82}{M316(03)-91}$ 44-91

ISBN 5-343-00706-6

© В. В. Клубович, Н. К. Толочко,
1991

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава 1. Общие вопросы классификации и терминологии	
1.1. Принципы классификации и упорядочение терминологии . . .	5
1.2. Основные понятия и определения технологии выращивания кристаллов	8
1.3. Способы отображения структурных характеристик методов, процессов и систем	12
Глава 2. Основные процессы технологии выращивания кристаллов	
2.1. Общие положения	14
2.2. Гидромеханические процессы	18
2.3. Тепловые процессы	33
2.4. Массообменные (диффузионные) процессы	44
2.5. Химические процессы	51
2.6. Механические процессы	54
Глава 3. Основные методы выращивания кристаллов (принципы создания пересыщения)	
3.1. Схемы классификации методов	56
3.2. Кристаллизация при изменении температуры раствора . . .	59
3.3. Кристаллизация при испарении растворителя	65
3.4. Кристаллизация при химических реакциях в условиях встречной диффузии	69
3.5. Кристаллизация при рециркуляции растворителя	74
3.6. Кристаллизация при естественной конвекции раствора . . .	77
3.7. Кристаллизация при вынужденной конвекции раствора . . .	82
3.8. Кристаллизация из кипящих растворов	88
3.9. Сравнительная характеристика основных методов выращивания кристаллов	93
Глава 4. Основные направления развития технологии выращивания кристаллов	
4.1. Общие положения	99
4.2. Увеличение скорости роста кристаллов	102
4.3. Повышение качества кристаллов	116
4.4. Проблема зародышеобразования при выращивании кристаллов	125
4.5. Автоматизация процессов выращивания кристаллов	136
Глава 5. Динамические методы выращивания кристаллов	
5.1. Тенденции развития динамических методов выращивания . .	145
5.2. Закономерности роста кристаллов в динамическом режиме . .	151
5.3. Виды течений раствора в динамических методах выращивания	156

5.4. Особенности выращивания кристаллов из растворов, перемешиваемых аксиально-поточными мешалками	160
5.5. Обтекание кристаллов потоками раствора, обладающими градиентом скорости	164
5.6. Выращивание кристаллов при наличии ветрового течения раствора	170
5.7. Особенности выращивания кристаллов при различных вариантах вращения кристаллодержателя и кристаллизатора	175

Глава 6. Выращивание кристаллов во взвешенном состоянии

6.1. Особенности роста кристаллов в условиях гидродинамического подвешивания	178
6.2. Выращивание кристаллов в потоке раствора, образованном гидронасосом	181
6.3. Выращивание кристаллов в потоке раствора, образованном аксиально-поточной мешалкой	184
6.4. Выращивание кристаллов в потоке раствора, вращающемся вокруг горизонтальной оси	188

Глава 7. Выращивание кристаллов под действием механических колебаний

7.1. Особенности использования механических колебаний для интенсификации химико-технологических процессов	191
7.2. Выращивание кристаллов под действием низкочастотных вибраций	194
7.3. Выращивание кристаллов в ультразвуковом поле	206

Глава 8. Специальные методы выращивания кристаллов

8.1. Выращивание кристаллов методом кристаллизации пленки раствора на поверхности роста	209
8.2. Выращивание кристаллов методом градиентной перекристаллизации	213
8.3. Выращивание кристаллов методом осмоса	215
8.4. Кристаллизация под действием электрических и магнитных полей	216
8.5. Выращивание кристаллов методами электрокристаллизации, электролиза и электролитического концентрирования	219
8.6. Выращивание кристаллов под действием света	221
8.7. Выращивание кристаллов в центрифугах	222
8.8. Выращивание нитевидных кристаллов	223

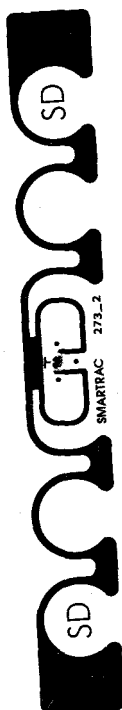
Глава 9. Симметрия и подобие питающих сред

9.1. Симметрия питающих сред в динамических методах выращивания кристаллов	225
9.2. Классификация динамических методов выращивания по признакам симметрии питающих сред	227
9.3. Влияние симметрии и подобия питающих сред на процессы роста для различных видов движения кристалла и раствора	234
9.4. Выращивание кристаллов в питающей среде с шаровой симметрией	235
9.5. Повышение симметрии питающих сред путем выращивания кристаллов во встречных потоках раствора	236
9.6. Классификация динамических методов выращивания по признаку подобия питающих сред	237
9.7. Гидродинамические причины гетерогенности растущих кристаллов	243
9.8. Рост кристаллов и преобразования подобия	252
9.9. Об изменениях внешней симметрии и внешнего подобия растущего кристалла и их взаимосвязи	258

Глава 10. Теория подобия и моделирования для процессов выращивания кристаллов

10.1. Общие положения	263
10.2. Критерии подобия и критериальные уравнения	264
10.3. Математическое моделирование	268
10.4. Физическое моделирование	272

Литература	280
----------------------	-----



Научное издание

Клубович Владимир Владимирович
Толочко Николай Константинович

МЕТОДЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ
ИЗ РАСТВОРОВ

Заведующая редакцией С. В. Машканова. Редактор Н. Т. Ломако. Художник Н. Г. Славянин.
Художественный редактор В. В. Савченко. Технический редактор В. А. Витенко. Корректор
Н. Т. Ломако.

ИБ № 3869

Печатается по постановлению РИСО АН БССР. Сдано в набор 04.06.90. Подписано в печать 04.06.91.
Формат 60×90 1/16. Бум. офсетная. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 18,5.
Усл. кр.-отт. 18,5. Уч.-изд. л. 18,96. Тираж 520 экз. Зак. 1510. Цена 3 р. 60 к.
Издательство «Навука і тэхніка» Академии наук БССР и Государственного комитета БССР
по печати. 220067. Минск, Жодинская, 18. Типография им. Франциска Скорны издательства
«Навука і тэхніка». 220067. Минск, Жодинская, 18.