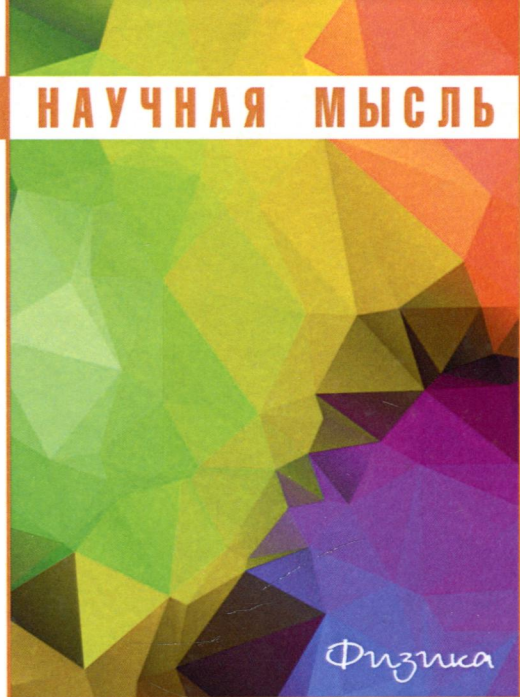


НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



Л.И. Квеглис, В.Б. Кашкин

**ДИССИПАТИВНЫЕ
СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ
ПЛЕНКАХ**



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY



НАУЧНАЯ МЫСЛЬ

СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

**Л.И. КВЕГЛИС
В.Б. КАШКИН**

ДИССИПАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ В ТОНКИХ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ

МОНОГРАФИЯ

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
академик *В.Ф. Шабанов*

Москва
ИНФРА-М

Красноярск
СФУ

2018

УДК 539.21(075.4)

ББК 22.3

К32

Рецензенты:

Р.Г. Хлебопрос, д-р физ.-мат. наук, проф., директор Международного центра исследований экспериментальных состояний при Красноярском научном центре СО РАН;

А.Г. Багмут, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой «Теоретическая и экспериментальная физика» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» (Украина)

Квеглис Л.И.

К32 Диссипативные структуры в тонких нанокристаллических пленках : монография / Л.И. Квеглис, В.Б. Кашкин ; отв. ред. В.Ф. Шабанов. — М. : ИНФРА-М ; Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. — 203 с. — (Научная мысль).

ISBN 978-5-16-013405-5 (ИНФРА-М)

ISBN 978-5-7638-2101-7 (СФУ)

Обообщен опыт исследований физических эффектов в диссипативных структурах методами обработки изображений, в том числе с применением преобразования Фурье. Исследованы диссипативные структуры в аморфных и нанокристаллических пленках. Рассмотрено моделирование процессов взрывной кристаллизации и формирующихся атомных структур.

Предназначена для специалистов в области материаловедения и физики конденсированного состояния. Может быть полезна аспирантам и студентам, интересующимся электронной микроскопией.

УДК 539.21(075.4)

ББК 22.3

ISBN 978-5-16-013405-5 (ИНФРА-М)
ISBN 978-5-7638-2101-7 (СФУ)

© Квеглис Л.И.,
Кашкин В.Б., 2011, 2018
© Сибирский федеральный
университет, 2011, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Возможность появления диссипативных структур в аморфных и нанокристаллических пленках	6
1.1. Некоторые сведения о проблемах самоорганизации	6
1.1.1. Введение	6
1.1.2. Синергетика	7
1.1.3. S-теорема Климонтовича	8
1.1.4. Производство энтропии	12
1.1.5. Принцип максимальности производства энтропии ..	13
1.1.6. Устойчивость	14
1.2. Аморфное и нанокристаллическое состояния, структура и свойства аморфных и нанокристаллических материалов	15
1.2.1. Введение	15
1.2.2. Структуры Франка – Каспера	20
1.2.3. Плавление и квазиплавление нанокристаллических частиц и пленок	22
1.2.4. Проблемы феноменологии очень вязких жидкостей	22
1.2.5. Элементы теории сдвиговой трансформационной зоны	29
1.2.6. Проблема Саффмана – Тейлора	33
1.2.7. Модели агрегации, ограниченной диффузией	35
1.2.8. Взрывная кристаллизация	37
Глава 2. Методы получения и исследования пленочных материалов	43
2.1. Методы получения пленочных материалов	43
2.2. Исследование структуры пленок	45
2.2.1. Магнитный контраст	46
2.2.2. Особенности электронно-дифрактометрического измерения интенсивности в электронограммах	46
2.2.3. Метод просвечивающей электронной микроскопии	49
2.2.4. Моделирование структуры аморфных и нанокристаллических пленок	53
2.2.5. Элементы теории Рюэля – Такенса – Ньюхауса	53
2.2.6. Субгармоническая неустойчивость и окна периодичности	54
2.2.7. Оценка величины внутренних напряжений	55
Глава 3. Двумерное преобразование Фурье и обработка изображений	57
3.1. Свойства преобразования Фурье	57
3.2. Контраст при дефокусировке в электронном микроскопе	61

3.3. Дискретное преобразование Фурье	65
3.4. Новый алгоритм ускорения двумерного дискретного преобразования Фурье	69
3.5. Двумерное изображение: статистический подход	75
3.6. Модели случайных полей	80
3.7. Некоторые свойства спектра мощности импульсного однородного изотропного случайного поля	88
3.8. Обработка изображений	102
3.8.1. Изменение яркости и контраста	102
3.8.2. Линейная фильтрация в частотной плоскости	106
3.8.3. Локальная фильтрация	112
3.8.4. Глобальная фильтрация изображений с использованием сингулярного спектрального анализа	122
Глава 4. Исследования структуры и структурных превращений в аморфных и нанокристаллических пленках	129
4.1. Ближний порядок в нанокристаллических пленках сплавов переходных металлов	129
4.2. Структуры Франка – Каспера в пленках Fe ₂ Tb и Co–Pd	133
4.3. Модульный дизайн трехмерных кластеров	142
4.4. Атомное упорядочение в пленках сплава Co–Pd	144
4.5. Эксперименты по взрывной кристаллизации	149
4.5.1. Пленки Fe–C	149
4.5.2. Пленки Co–C	152
Глава 5. Моделирование процессов взрывной кристаллизации и формирующихся атомных структур	156
5.1. Двумерные структуры	156
5.2. Моделирование трехмерной квазикристаллической структуры	157
5.3. Моделирование процессов автоволнового окисления и взрывной кристаллизации нанокристаллических пленок Fe–C	164
5.3.1. Модификация модели DLA	164
5.3.2. Расчет энергии, запасенной в пленке, с помощью модели активных столкновений Стромберга	167
5.4. Различные формы изогнутых кристаллов	169
5.5. Применение полученных результатов к проблемам высокой ударной вязкости стали Гадфильда	172
Заключение	182
Список литературы	185