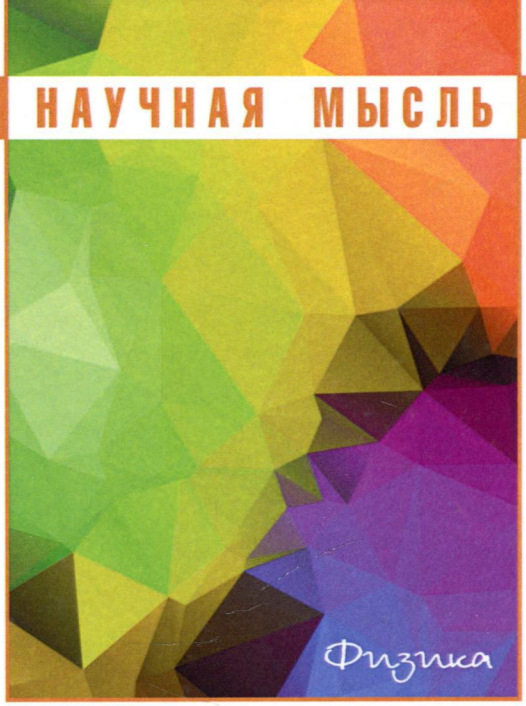

Л.И. Квеглис, В.Б. Кашкин

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)

Обобщен 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_2Tb 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