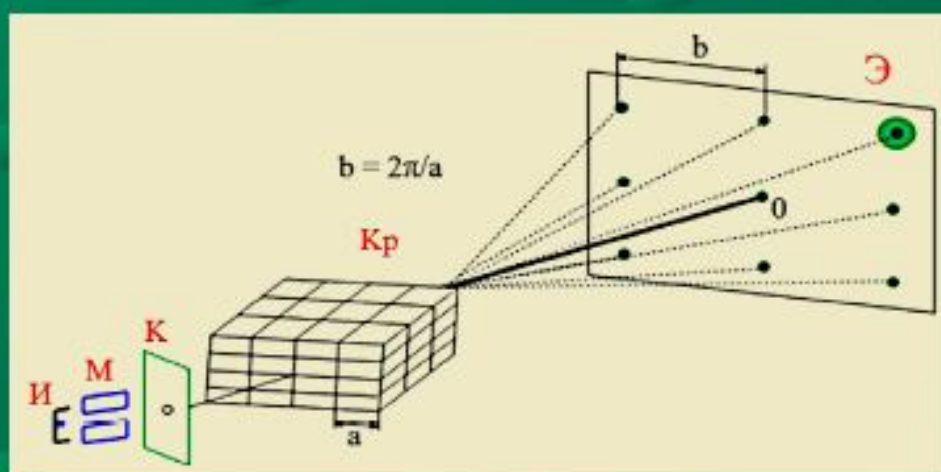


# ОСНОВЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ



НАЛЬЧИК  
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА»

---

---

**ОСНОВЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ  
ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

НАЛЬЧИК  
2013

УДК 53(01);539.26:539.3:548.7

ББК 22.37:22.346

О75

О75 Основы динамической высокоразрешающей дифрактометрии функциональных материалов [Текст] : монография / В. Б. Молодкин, М. В. Ковальчук, И. М. Карнаухов, В. Ф. Мачулин, В. Е. Сторижек, Э. Х. Мухамеджанов, А. И. Низкова, С. В. Лизунова, Е. Н. Кисловский, С. И. Олиховский, Б. В. Шелудченко, С. В. Дмитриев, Е. С. Скакунова, В. В. Молодкин, В. В. Лизунов, В. А. Бушуев, Р. Н. Кютт, Б. С. Карамурзов, А. А. Дышеков, Т. И. Оранова, Ю. П. Хапачев. – Нальчик : Каб.-Балк. ун-т, 2013. – 130 с. – 500 экз. – ISBN 978-5-7558-0522-3.

В монографии раскрыта физическая природа и разработаны принципы применения обнаруженного авторами явления уникального повышения структурной чувствительности и появления информативной возможности решения задач многопараметрической диагностики монокристаллических систем с дефектами при использовании многократного рассеяния рентгеновских лучей, нейтронов и электронов. Это явление обусловлено формированием кристаллом с дефектами в процессе многократного рассеяния взаимодействующих стоячих диффузных и брэгговских волновых полей, управляемых условиями дифракции и зависящих от характеристик дефектов. Указанное явление используется для создания основ и практической реализации неразрушающей количественной диффузодинамической комбинированной дифрактометрии многопараметрических монокристаллических материалов и многослойных систем с дефектами нескольких типов.

Предлагается типовой проект оригинальных диагностических станций нового поколения, которые могут быть использованы на любом современном синхротроне или источнике нейтронов.

Монография предназначена для исследователей в области диагностики дефектов в кристаллах и изделий нанотехнологий, а также аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

УДК 53(01);539.26:539.3:548.7

ББК 22.37:22.346

ISBN 978-5-7558-0522-3

© Кабардино-Балкарский  
государственный университет, 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. ДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ РАССЕЯНИЯ В КРИСТАЛЛАХ С ДЕФЕКТАМИ НЕСКОЛЬКИХ ТИПОВ .....	9
1.1. Дифференциальные отражательные способности .....	9
1.1.1. Общие выражения .....	9
1.1.2. Геометрия дифракции по Брэггу .....	12
1.1.3. Геометрия дифракции по Лауэ .....	15
1.1.4. Коэффициент экстинкции .....	17
1.2. Динамическая теоретическая модель трехосевой дифрактометрии кристаллических систем с дефектами .....	22
1.3. Основы диагностики монокристаллических материалов с дефектами нескольких типов за счет использования явления уникально чувствительной к характеристикам дефектов многообразности динамической картины рассеяния .....	30
1.4. Радикальное различие влияния характеристик дефектов в кристаллах и условий дифракции на кинематическую и динамическую картины рассеяния рентгеновских лучей, нейтронов, электронов и других заряженных частиц .....	41
1.4.1. Кинематический случай .....	41
1.4.2. Случай динамического рассеяния .....	42
1.5. Обоснование путем моделирования целесообразности использования эффекта многообразности и комбинированного подхода для создания многопараметрической диагностики монокристаллов с дефектами нескольких типов .....	49
1.6. Результаты многопараметрической диффузодинамической комбинированной дифрактометрии кристаллов с несколькими типами дефектов .....	50
2. ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИФУЗНОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ МНОГОСЛОЙНЫХ СИСТЕМ С НЕОДНОРОДНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ОТ СЛОЯ К СЛОЮ ДЕФЕКТАМИ .....	55
2.1. Теоретическая модель .....	55
2.2. Анализ и реализация принципиально новых функциональных возможностей неразрушающей диагностики многослойных систем с дефектами .....	59
2.3. Установление эффекта влияния условий дифракции на избирательность чувствительности кривых отражения к какому-либо из присутствующих типов дефектов и возможности радикального дополнительного повышения информативности и однозначности диагностики многослойных систем на этой основе .....	64

2.4. Физические принципы создания на основе разработанных моделей и обнаруженных эффектов многопараметрической кристаллографии многослойных систем с дефектами .....	68
2.5. Результаты многопараметрической диагностики многослойных сверхрешеток с самоорганизованными решетками квантовых точек .....	70
3. СОЗДАНИЕ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ГРАНАТОВЫХ СИСТЕМ $Y_3Fe_5O_{12}/GD_3Ga_5O_{12}/Y_3Fe_5O_{12}$ СО СЛОЖНОЙ ЯЧЕЙКОЙ И НЕОДНОРОДНО РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ КАК ОТ СЛОЯ К СЛОЮ, ТАК И ВНУТРИ СЛОЕВ МАКРОДЕФОРМАЦИЯМИ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ И МИКРОДЕФЕКТАМИ НЕСКОЛЬКИХ ТИПОВ .....	74
3.1. Вступление .....	74
3.2. Эксперимент .....	76
3.3. Анализ результатов измерений .....	79
3.3.1. Модель дефектной структуры .....	79
3.3.2. Статистическая обработка измеренных КДО и обсуждение .....	82
4. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТОВ МНОГОКРАТНОСТИ РАССЕЯНИЯ .....	93
4.1. Физическое обоснование выбора оригинальных диагностических станций с оптимальным комплексом принципиально новых функциональных возможностей .....	93
4.1.1. Комплекс станций многопараметрической кристаллографии несовершенств структуры на основе стоячих диффузных волн ...	93
4.1.2. Станция медико-биологической диагностики .....	111
4.1.3. Станция трансмутации радиоактивных элементов .....	113
4.1.4. Станция наноразмерного пучка синхротронного излучения для нанотехнологических исследований .....	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	114
ЛИТЕРАТУРА .....	119

## ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

Монография посвящается раскрытию физической природы и разработке принципов практического применения обнаруженного недавно авторами принципиально важного и обеспечивающего радикальное расширение функциональных возможностей структурной диагностики материалов нанотехнологии явления уникального повышения при многократном рассеянии структурной чувствительности (на несколько порядков величины) и появления информативной возможности решения задач многопараметрической диагностики за счет обнаруженных зависимостей характера влияния характеристик дефектов на картины рассеяния от условий дифракции при многократном брэгговском и диффузном рассеянии рентгеновских лучей, нейтронов, электронов и других заряженных частиц в монокристаллических системах с дефектами. Утверждается, что это явление обусловлено формированием кристаллом с дефектами в процессе многократного рассеяния самоорганизованных стоячих брэгговского и диффузных волновых полей, управляемых условиями дифракции и зависящих от характеристик дефектов. Формирование такого зонда с атомноразмерной периодичностью и соответствующей уникальной разрешающей способностью обеспечивает сильную зависимость характера последующего многократного взаимодействия кристалла с этим волновым полем от их взаимной локализации, которые (и взаимодействие, и локализация) управляются как условиями дифракции, так и характеристиками дефектов. В результате динамическая картина рассеяния оказывается зависящей от условий дифракции и характеристик дефектов взаимосвязанным образом, в отличие от кинематического случая. В монографии рассмотрены разнообразные механизмы конкурентного воздействия разного рода эффектов многократности на результат взаимодействия указанного зонда с кристаллом и формирования чувствительной к отклонениям от периодичности многообразности за счет обеспечения тем или иным способом взаимосвязанности зависимостей картины динамического рассеяния от условий дифракции и характеристик дефектов, которая и является причиной, обуславливающей открытое явление. Это явление используется для создания основ и практической реализации неразрушающей количественной диффузодинамической комбинированной дифрактометрии впервые многопараметрических монокристаллических материалов и многослойных систем с дефектами нескольких типов.

Излагаются результаты создания необходимых в случаях многопараметрических систем с усложненной структурой как теоретических моделей, так и новых подходов и принципов и их практической реализации для осуществления многопараметрической диагностики, т.е. однозначного решения обратной задачи восстановления по картинам многократного рассеяния, экспериментально полученным в различных целенаправленно выбранных условиях динамической дифракции, характеристик нескольких типов дефектов и различных параметров сверхструктуры монокристаллических материалов и изделий нанотехнологий. В частности, созданы основы и практически осуществлена диагностика монокристаллов кремния с дефектами нескольких типов, многослойных систем с неоднородно распределенными от слоя к слою дефектами нескольких типов, многослойных сверхрешеток с самоорганизованными решетками квантовых точек, ионно-имплантированных гранатовых систем  $Y_3Fe_5O_{12}/Gd_3Ga_5O_{12}/Y_3Fe_5O_{12}$  со сложной ячейкой и неоднородно распределенными как от слоя к слою, так и внутри слоев макродеформациями разной природы и микродефектами нескольких типов.

Предлагается типовой проект оригинальных диагностических станций, разработанных учеными Украины и России. Включены результаты, которые могут быть использованы на любом современном синхротроне или источнике нейтронов.

Монография предназначена для исследователей в области диагностики дефектов в кристаллах и изделий нанотехнологий, а также аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

Монография создана трудами сотрудников:

Института металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины, Учреждения Российской академии наук «Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова», Научно-исследовательского центра «Курчатовский институт» (Россия), Института физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, Института прикладной физики НАН Украины, Московского государственного университета (Москва, Россия), Физико-технического института им. Иоффе РАН (Россия) и Кабардино-Балкарского госуниверситета (Россия).

**Член-корреспондент НАН Украины,  
профессор В.Б. Молодкин**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Von Laue M. *Rontgenstrahlinterferenzen* (Leipzig: Akademische Verlagsges., 1948).
2. Hammond C. *The Basics of Crystallography and Diffraction*. 2<sup>nd</sup> ed. (London: Oxford University Press, 2001).
3. James R.W. *Solid State Phys.* **15**: 55 (1963).
4. Batterman B.W. and H. Cole. *Rev. Mod. Phys.*, **36**: 681 (1964).
5. Ахиезер А.И., Померанчук И.Я. *Некоторые вопросы теории ядра* (ОГИЗ: 1948).
6. Ковальчук М.В., Кон В.Г. *УФН*, **149**, № 1: 69 (1986).
7. Krivoglaz M.A. *X-Ray and Neutron Diffraction in Nonideal Crystals* (Berlin: Springer, 1996).
8. Molodkin V.B., Kovalchuk M.V., Shpak A.P., Olikhovskii S.I., Kyslovskyy Ye.M., Nizkova A.I., Len E.G., Vladimirova T.P., Skakunova E.S., Molodkin V.V., Ice G.E., Barabash R.I. and Karnaukhov I.M. *Diffuse Scattering and the Fundamental Properties of Materials* (Eds R I Barabash, G E Ice, and P E A Turchi) (New Jersey: Momentum Press, 2009), p. 391.
9. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б., Низкова А.И., Гинько И.В., Олиховский С.И., Кисловский Е.Н., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Первак Е.В., Молодкин В.В. *Способ многопараметрической структурной диагностики монокристаллов с несколькими типами дефектов* (Патент Украины № 36075. Зарегистрирован в Государственном реестре патентов Украины на изобретения 10.10.2008 г.).
10. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Карнаухов И.М. и др. *Успехи физ. мет.*, **9**, № 3: 305 (2008).
11. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Носик В.Л. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **31**, № 5: 615 (2009).
12. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б. и др. *Успехи физ. мет.*, **10**, № 3: 229 (2009).
13. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б., Носик В.Л., Сторижко В.Ю., Булавин Л.А., Карнаухов И.М., Барабаш Р.И., Айс Дж.Е., Низкова А.И., Гинько И.В., Олиховский С.И., Кисловский Е.Н., Татаренко В.А., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Первак Е.В., Молодкин В.В. *Способ многопараметрической структурной диагностики монокристаллов с несколькими типами дефектов* (Патент Украины № 89594. Зарегистрирован в Государственном реестре патентов Украины на изобретения 10.02.2010 г.).
14. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Ковальчук М.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.* **31**, № 7: 927 (2009).
15. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Ковальчук М.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **31**, № 8: 1041 (2009).



16. Шпак А.П., Молодкин В.В. *Металлофиз. новейшие технол.*, **32**, № 11: 1435 (2010).
17. Шпак А.П., Ковальчук М.В., Молодкин В.Б. и др. *Актуальные вопросы современного естествознания*, вып. 8 (2011).
18. Молодкин В.Б., Шпак А.П., Ковальчук М.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **33**, № 8: 1081 (2011).
19. Молодкин В.Б., Шпак А.П., Ковальчук М.В. и др. *Успехи физических наук*, **181**, № 7: 681 (2011).
20. Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Мачулин В.Ф. и др. *Успехи физики металлов*, **12**, № 3: 295 (2011).
21. Молодкин В.Б., Тихонова Е.А. *ФММ*, **24**, № 3: 385 (1967).
22. Молодкин В.Б. *ФММ*, **25**, № 3: 410 (1968).
23. Молодкин В.Б. *ФММ*, **27**, № 4: 582 (1969).
24. Молодкин В.Б. *Металлофизика*, **2**, № 1: 3 (1980).
25. Molodkin V.B. *Phys. Metals*, **3**: 615 (1981).
26. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I. and Osinovskii M.E. *Phys. Metals*, **5**: 1 (1984).
27. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I. and Osinovskii M.E. *Phys. Metals*, **5**: 847 (1985).
28. Kochelab V.V., Molodkin V.B., Olikhovskii S.I. and Osinovskii M.E. *Phys. Status Solidi A*, **108**, No. 1: 67 (1988).
29. Даценко Л.И., Молодкин В.Б., Осиновский М.Е. *Динамическое рассеяние рентгеновских лучей реальными кристаллами* (Киев: Наукова думка, 1988).
30. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N. et al. *Phys. Status Solidi B*, **227**, № 2: 429 (2001).
31. Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Kislovskii E.N. et al. *Phys. Status Solidi B*, **231**, No. 1: 199 (2002).
32. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кононенко О.С. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **29**: № 7: 887 (2007).
33. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кононенко О.С. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **29**, № 9: 1225 (2007).
34. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Низкова А.И. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **29**, № 10: 1333 (2007).
35. Молодкин В.Б., Низкова А.И., Шпак А.П. и др. *Дифрактометрия наноразмерных дефектов и гетерослоев кристаллов* (Киев: Академперіодика, 2005).
36. Багов А.Н., Динаев Ю.А., Дышеков А.А., Оранова Т.И., Хапачев Ю.П., Кютт Р.Н., Лень Е.Г., Молодкин В.В., Низкова А.И., Шпак А.П., Елюхин В.А. *Рентгенодифракционная диагностика упруго-напряженного состояния наногетероструктур* (Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2008).
37. Shpak A.P., Molodkin V.B., Olikhovskii S.I. et al. *Phys. Status Solidi A*, **204**, № 8: 2651 (2007).

38. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N. et al. *Phys. Status Solidi A*, **204**, № 8: 2606 (2007).
39. Молодкин В.Б., Гудзенко Г.И., Олиховский С.И., Осинковский М.Е. *Металлофизика*, **5**, № 3: 10 (1983).
40. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Осинковский М.Е. и др. *Металлофизика*, **6**, № 2: 18 (1984).
41. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Осинковский М.Е. и др. *Металлофизика*, **6**, № 3: 105 (1984).
42. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Osinovskii M.E. et al. *Phys. Status Solidi A*, **87**, № 2 : 597 (1985).
43. Немошkalенко В.В., Молодкин В.Б., Кисловский Е.Н. и др. *Металлофизика*, **16**, № 2: 48 (1994).
44. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Низкова А.И. *Успехи физ. мет.*, **5**, № 1: 51 (2004).
45. Низкова А.И., Молодкин В.Б., Московка И.А. *Металлофиз. новейшие технол.*, **26**, № 6: 783 (2004).
46. Молодкин В.Б., Немошkalенко В.В., Низкова А.И. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **22**, № 3: 3 (2000).
47. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Дмитриев С.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **27**, № 12: 1659 (2005).
48. Thomas J.E., Baldwin T.O., Dederichs P.H. *Phys. Rev. B*, **3**: 1167 (1971).
49. Кютт Р.Н., Ратников В.В. *Металлофизика*, **7**, № 1: 36 (1985).
50. Bond W.L. *Acta Crystallogr.*, **13**: 814 (1960).
51. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Шелудченко Б.В. и др. *Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии*, **6**, № 3: 785 (2008).
52. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Шелудченко Б.В. и др. *Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии*, **6**, № 3: 807 (2008).
53. Кисловский Е.Н., Решетник О.В., Владимирова Т.П. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **29**, № 5: 701 (2007).
54. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Шелудченко Б.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **30**, № 9: 1173 (2008).
55. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Кисловский Е.Н. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **19**, № 12: 25 (1997).
56. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Len E.G. et al. *Phys.stat.sol.(a)*, **206**, № 8: 1761 (2009).
57. Пинскер З.Г. *Рентгеновская кристаллооптика* (М.: Наука, 1982).
58. Тихонова Е.А. *ФТТ*, **9**, № 2: 516 (1967).
59. Dederichs P.H. *Phys.Rev.B*, **1**, № 4: 1306 (1970).
60. Немошkalенко В.В., Молодкин В.Б., Олиховский С.И. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **22**, № 2: 51 (2000).

61. Олиховский С.И., Кисловский Е.Н., Молодкин В.Б. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **22**, № 6: 3 (2000).
62. Барьяхтар В.Г., Гаврилова Е.Н., Молодкин В.Б. и др. *Металлофизика*, **14**, № 11: 68 (1992).
63. Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Olikhovskii S.I. et al. *Nucl. Instrum. and Meth. in Physics Research A*, **308**, № 1: 294 (1991).
64. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Дмитриев С.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **28**, № 7: 953 (2006).
65. Молодкин В.Б., Дмитриев С.В., Первак Е.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **28**, № 8: 1047 (2006).
66. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Дмитриев С.В. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **30**, № 9: 1189 (2008).
67. Даценко Л.И., Кисловский Е.Н. *УФЖ*, **20**, № 5: 810 (1975).
68. Datsenko L.I., Kislovsky E.N. and Prokopenko I.V. *Ukr. Fiz. Zh.*, **22**: 513 (1977).
69. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N. et al., *Phys. Rev. B*, **78**: 224109 (2008).
70. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кисловский Е.М. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **27**, № 7: 947 (2005).
71. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кисловский Е.М. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **27**, № 9: 1251 (2005).
72. Каганер В.М., Инденбом В.Л. *Металлофизика*, **8**, № 1: 25 (1986).
73. Дмитриенко В.Е., Каганер В.М. *Металлофизика*, **9**, № 1: 71 (1987).
74. Белов А.Ю., Каганер В.М. *Металлофизика*, **9**, № 4: 79 (1987).
75. Бушуев В.А. *Кристаллография*, **39**, № 5: 803 (1994).
76. Бушуев В.А. *Кристаллография*, **39**, № 6: 983 (1994).
77. Пунегов В.И., Харченко А.В. *Кристаллография*, **43**, № 6: 1078 (1998).
78. Pavlov K.M. and Punegov V.I. *Acta Cryst. A*, **A56**, № 2: 227 (2000).
79. Holy V. and Gabrielyan K.T. *Phys. Stat. Sol. (b)*, **140**: 39 (1987).
80. Поляков А.М., Чуховский Ф.Н., Пискунов Д.И. *ЖЭТФ*, **99**, № 2: 589 (1991).
81. Kato N. *Acta Cryst.*, **A36**, No. 5: 763 (1980).
82. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N. et al. *Phys. Rev. B*, **78**: 224109, (2008).
83. Borghesi A., Pivac B., Sassella A. and Stella A. *J. Appl. Phys.*, **77**: 4169 (1995).
84. Лизунова С.В., Молодкин В.Б., Олиховский С.И. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **33**, № 6: 791 (2011).
85. Лизунова С.В., Молодкин В.Б., Олиховский С.И. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **33**, № 7: 855 (2011).
86. *Magneto-Optical Imaging* (Eds. by T.H. Johansen and D.V. Shantsev) (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers: 2004).

87. Gambino R.J. and Suzuki T. *Magneto-Optical Recording Materials* (New York: Wiley-IEEE Press: 1999).
88. Zvezdin A.K. and Kotov V.A. *Modern Magnetooptics and Magneto-optical Materials* (New York: Taylor and Francis Group: 1997).
89. Wehls T., Körner T., Leitenmeier S. et al. *Phys. Status Solidi A*, **208**, № 2: 252 (2011).
90. Любу́тин И.С., Гаврилюк А.Г. *УФН*, **179**, № 10: 1047 (2009).
91. Yamasaki Y., Kohara Y. and Tokura Y. *Phys. Rev. B*, **80**, № 14: 140412(R) (2009).
92. Wojciechowski R.J., Lehmann-Szweykowska A., Micnas R. et al. *Phys. Rev. B*, **69**, № 21: 214434 (2004).
93. Xu Y.-N., Gu Z. and Ching W.Y. *J. Appl. Phys.*, **87**, № 9: 4867 (2000).
94. Dumont Y., Keller N., Popova E. et al. *Phys. Rev. B*, **76**, № 10: 104413 (2007).
95. Tupitsyn I.S., Stamp P.C.E. and Burin A.L. *Phys. Rev. Lett.*, **100**, № 25: 257202 (2008).
96. Donnerberg H. and Catlow C.R.A. *Phys. Rev. B*, **50**, № 2: 744 (1994).
97. Ordóñez-Romero C.L., Kalinikos B.A., Krivosik P. et al. *Phys. Rev. B*, **79**, № 14: 144428 (2009).
98. Noun W., Popova E., Bardelli F. et al. *Phys. Rev. B*, **81**, № 5: 054411 (2010).
99. Gerdaу E., Rüffer R., Winkler H. et al. *Phys. Rev. Lett.*, **54**, № 8: 835 (1985).
100. Балбашов А.М., Лисовский Ф.В., Раев В.К. и др. *Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах: справочник* / ред. Н. Н. Евтихьева, Б.Н. Наумова (М.: Радио и связь, 1987).
101. Aichele T., Lorenz A., Hergt R. and Görnert P. *Cryst. Res. and Technol.*, **38**, № 7–8: 575 (2003).
102. Tucciarone A. and De P. Gasperis, *Thin Solid Films*, **114**, № 1–2: 109 (1984).
103. Wigen P.E. *Thin Solid Films*, **114**, № 1–2: 135 (1984).
104. Ryssel H. and Ruge I. *Ion implantation* (Chichester: John Wiley and Sons: 1986).
105. Williams J.S. and Poate J.M. *Ion implantation and beam processing* (Sydney: Academic Press: 1984).
106. Nastasi M., Mayer J.W. and Hirvonen J.K. *Ion-solid interactions: fundamentals and applications* (Cambridge: Cambridge University Press: 2004).
107. *Ion Beams and Nano-Engineering* (Eds. by D. Ila, P.K. Chu, N. Kishimoto et al.) (Warrendale: Materials Research Society: 2009).
108. Krashennnikov A.V. and Nordlund K. *J. Appl. Phys.*, **107**, № 7: 071301 (2010).
109. Афанасьев А.М., Александров П.А., Имамов Р.М. *Рентгенодифракционная диагностика субмикронных слоев* (М.: Наука, 1989).
110. Bowen D.K. and Tanner B.K. *High resolution X-ray diffractometry and topography* (London: Taylor and Francis Ltd: 1998).

111. Holy V., Pietch U. and Baumbach T. *High-resolution X-ray scattering from thin films and multilayers* (Berlin Heidelberg: Springer Verlag: 1998).
112. Fewster P.F. *X-ray scattering from semiconductors* (London: Imperial College Press: 2000).
113. Speriosu V.S. *J. Appl. Phys.*, **52**, № 10: 6094 (1981).
114. Speriosu V.S. and Vreeland T. *J. Appl. Phys.*, **56**, № 6: 1591 (1984).
115. Петрашень П.В. *ФТТ*, **16**, № 8: 2168 (1974).
116. Петрашень П.В. *ФТТ*, **17**, № 9: 2814 (1975).
117. Afanasev A.M., Kovalchuk M.V., Kovev E.K. and Kohn V.G. *Phys. Status Solidi A*, **42**, № 1: 415 (1977).
118. Kyutt R.N., Petrashen P.V. and Sorokin L.M. *Phys. Status Solidi A*, **60**, № 2: 381 (1980).
119. Kohn V.G., Kovalchuk M.V., Imamov R.M. and Lobanovich E.F. *Phys. Status Solidi A*, **64**, № 1: 435 (1981).
120. Кон В.Г., Прилепский М.В., Суходрева И.М. *Поверхность*, № 11: 122 (1984).
121. Tapfer L. and Ploog K. *Phys. Rev. B*, **33**, № 8: 5565 (1986).
122. Podorov S.G., Hölzer G., Förster E., and Faleev N.N. *Phys. Status Solidi A*, **169**, № 1: 9 (1998).
123. Belyaev Yu.N. and Kolpakov A.V. *Phys. Status Solidi A*, **76**, № 2: 641 (1983).
124. Vardanyan D.M., Manoukyan H.M. and Petrosyan H.M. *Acta Crystallogr. A*, **41**, № 3: 212 (1985).
125. Halliwell M.A.G., Lyons M.H. and Hill M.J. *J. Cryst. Growth*, **68**: 523 (1984).
126. Andreeva M.A., Rosete K. and Khapachev Yu.P. *Phys. Status Solidi A*, **88**: 455 (1985).
127. Bartels W.J., Hornstra J. and Lobeek D.J. *Acta Crystallogr. A*, **42**, № 6: 539 (1986).
128. Wie C.R., Tombrello T.A. and Vreeland T. *J. Appl. Phys.*, **59**, № 11: 3743 (1986).
129. Андреева М.А., Борисова С.Ф., Хапачев Ю.П. *Металлофизика*, **8**, № 5: 44 (1986).
130. Holý V., Kuběna J. and Ploog K. *Phys. Status Solidi B*, **162**, № 2: 347 (1990).
131. Dimer M., Gerdau E., R. Rüffer et al., *J. Appl. Phys.*, **79**, No. 12: 9090 (1996).
132. Stepanov S.A., Kondrashkina E.A., Köhler R. et al. *Phys. Rev. B*, **57**, № 8: 4829 (1998).
133. Nikulin A.Yu., Stevenson A.W. and Hashizume H. *Phys. Rev. B*, **53**, № 13: 8277 (1996).
134. Nikulin A.Yu. and Petrashen P.V. *J. Appl. Phys.*, **82**, № 3: 989 (1997).
135. Nikulin A.Yu., Stevenson A.W., Hashizume H. et al. *Semicond. Sci. Technol.*, **12**, № 3: 350 (1997).
136. Петрашень П.В. *Металлофизика*, **8**, № 1: 35 (1986).

137. Петрашень П.В., Чуховский Ф.Н. *Металлофизика*, **8**, № 3: 45 (1986).
138. Punegov V.I. *Phys. Status Solidi A*, **136**, № 1: 9 (1993).
139. Павлов К.М., Пунегов В.И., Фалеев Н.Н. *ЖЭТФ*, **106**, № 6: 1967 (1995).
140. Пунегов В.И., Фалеев Н.Н. *ФТТ*, **38**, № 1: 255 (1996).
141. Пунегов В.И., Павлов К.М., Подоров С.Г., Фалеев Н.Н. *ФТТ*, **38**, № 1: 264 (1996).
142. Pavlov K.M. and Punegov V.I. *Acta Crystallogr. A*, **54**, № 2: 214 (1998); **54**, № 4: 515 (1998).
143. Shreeman P.K. and Matyi R.J. *J. Appl. Cryst.*, **43**, № 3: 550 (2010).
144. Shreeman P.K. and Matyi R.J. *Phys. Status Solidi A*, **208**, № 11: 2533 (2011).
145. Kato N. *Acta Crystallogr. A*, **36**, № 5: 770 (1980).
146. Бушуев В.А. *Кристаллография*, **34**, № 2: 279 (1989).
147. Бушуев В.А. *ФТТ*, **31**, № 11: 70 (1989).
148. Владимирова Т.П., Середенко Р.Ф., Молодкин В.Б. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **29**, № 6: 711 (2007).
149. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кисловский Е.Н. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **27**, № 5: 653 (2005).
150. Олиховский С.И., Молодкин В.Б., Кисловский Е.Н. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **27**, № 2: 197 (2005).
151. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Олиховский С.И. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **27**, № 6: 721 (2005).
152. Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Skakunova E.S. et al. *Phys. Status Solidi A*, **206**, № 8: 1790 (2009).
153. Пилипов В.М., Остафійчук Б.К., Владимирова Т.П. и др. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*, **9**, № 2: 375 (2011).
154. Владимирова Т.П., Пилипов В.М., Остафійчук Б.К. и др. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*, **9**, № 3: 505 (2011).
155. Пилипов В.М., Олиховский С.И., Владимирова Т.П. и др. *Металлофиз. новейшие технол.*, **33**, № 9: 1145 (2011).
156. Lagomarsino B. and Tucciarone A. *Thin Solid Films*, **114**, № 1–2: 45 (1984).
157. Коцюбинський В.О., Немошкаленко В.В., Остафійчук Б.К. та ін. *Металлофиз. новейшие технол.*, **23**, № 11: 1449 (2001).
158. Остафійчук Б.К., Федорів В.Д., Коцюбинський В.О., Яремій І.П., *Фізика і хімія твердого тіла*, **4**, № 1: 112 (2003).
159. Остафійчук Б.К., Ткачук В.М., Ткачук О.М. та ін. *Доп. НАН України*, № 7: 82 (2008).
160. Ostafiychuk B.K., Fedoriv V.D., Yaremiy I.P. et al. *Phys. Status Solidi A*, **208**, № 9: 2108 (2011).
161. Кривоглаз М.А. *Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах* (Киев: Наук. Думка, 1983).
162. Cembali F., Servidori M., Gabilli E. and Lotti R. *Phys. Status Solidi A*, **87**, № 1: 225 (1985).

163. Zaumseil P., Winter U., Cembali F. et al. *Phys. Status Solidi A*, **100**, № 1: 95 (1987).
164. Zaumseil P. and Winter U. *Phys. Status Solidi A*, **120**, № 1: 67 (1990).
165. Iida A., Kohra K. *Separate measurement of dynamical and kinematical X-ray diffraction from silicon crystals with a triple crystal diffractometer. Phys. Status Solidi A*, 1979, **51**, № 2. – P. 533–542.
166. Iida A. *Applications of X-ray triple-crystal diffractometry to studies on the diffusion-included defects in silicon crystals. Phys. Status Solidi A*, 1979, **54**, № 2. – P. 701–706.
167. Молодкин В.Б., Олиховский С.И., Осинковский М.Е., Кочелаб В.В., Казимиров А.Ю., Ковальчук М.В., Чуховский Ф.Н. *Применение в трехкристалльной рентгеновской дифрактометрии динамической теории рассеяния кристаллами с однородно распределенными дефектами* // *Металлофизика*, 1984, **6**, № 3. С. 7–15.
168. Кютт Р.Н., Ратников В.В. *Наблюдение динамических эффектов в диффузном рассеянии при Лауэ-дифракции рентгеновских лучей* // *Металлофизика*, 1985, **7**, № 1. – С. 36–41.
169. Lomov A.A., Zaumseil P., Winter U. *Characterization of Process-Induced Defects in Silicon with Triple-Crystal Diffractometry* // *Acta Crystallogr. Sect. A*, 1985, **41**, № 3. – P. 223–227.
170. Молодкин В.Б., Шпак А.П., Ковальчук М.В., Мачулин В.Ф., Носик В.Л. *Многopараметрическая кристаллография на основе многообразности картины многократного рассеяния брэгговских и диффузных волн (Метод стоячих диффузных волн)* // *УФН (в друці)*.
171. Кисловський Є.М., Оліховський С.Й., Молодкін В.Б., Лень Є.Г., Владімірова Т.П. *Спостереження і опис осциляцій інтенсивності дифузного розсіяння від мікроефектів в кремнії* // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. 2000. Т. 22. № 7. – С. 21–30.
172. Molodkin V.B., Olikhovskii S.I., Kislovskii E.N., Krivitsky V.P., Len' E.G., Pervak E.V., Ice G.E., Larson B.C. *Double-crystal x-ray diffractometry of single crystals with microdefects* // *J. Phys. D.: Appl. Phys.* 2001. Vol. 34. – P. A82–A86.
173. Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Molodkin V.B., Nemoshkalenko V.V., Krivitsky V.P., Len E.G., Pervak E.V., Ice G.E., Larson B.C. *Bragg diffraction of X-rays by single crystals with large microdefects. III. High-Resolution Diffraction Measurements Bragg Diffraction of X-Rays by Single Crystals with Large Microdefects* // *Phys. stat.sol. (b)*. 2002. Vol. **231**. № 1. – P. 213–221.
174. Molodkin V.B., Ando M., Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Vladimirova T.P., Reshetnyk O.V., Len E.G., Evgrafova E.A., Pervak E.V. *High-Resolution X-Ray Diffraction Investigations of Silicon Grown by the Float-Zone Method* // *Металлофизика и Новейшие Технологии*. 2002. Т. **24**. № 4. – С. 541–552.

175. Кисловський Є.М., Оліховський С.Й., Молодкін В.Б., Лень Є.Г., Владимирова Т.П., Решетник О.В., Дзюбенко М.І. *Вплив дефектів в монокристалі на криві дифракційного відбиття високороздільної двокристалльної рентгенівської дифрактометрії* // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2004. – Т. **26**, № 9. – С. 1241–1254.
176. Немошкालенко В.В., Молодкін В.Б., Кисловський Є.М., Оліховський С.Й., Остафійчук Б.К., Шпак А.П., Лень Є.Г., Владимирова Т.П., Решетник О.В. *Спосіб контролю структурної досконалості монокристалів*. Патент України № 44121А, Бюлетень № 1 від 15.01.2002.
177. Немошкаленко В.В., Молодкін В.Б., Кисловський Е.Н., Грищенко Т.А., Когут М.Т., Ковальчук М.В. *Дифференциально-интегральный метод определения параметров структурного совершенства монокристаллов в трехкристалльной рентгеновской дифрактометрии* // *Металлофизика*. – 1993. – Т. **15**, № 12. – С. 53–66.
178. Olikhovskii S.I., Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Reshetnyk O.V. *Theoretical and experimental principles of the differential-integral triple-crystal X-ray diffractometry of imperfect single crystals* // Preprint UNSC <sup>13</sup>, 1998. – P. 1–23.
179. Olikhovskii S.I., Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Ice G.E., Larson B.C. *Theoretical and experimental principles of the differential-integral triple-crystal X-ray diffractometry of imperfect single crystals* // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 1998. – Т. **20**, № 11. – P. 29–40.
180. Molodkin V.B., Pessa M., Pavelescu E.M., Fodchuk I.M., Kislovskii E.N., Olikhovskii S.I., Vladimirova T.P., Gimchynsky O.G., Kreutor O.O., Skakunova E.S. *X-ray diffraction investigations of In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>N<sub>y</sub>/GaAs multilayered structure* // *Металлофиз. новейшие технол.* – 2002. – Т. **24**, № 4. – P. 477–495.
181. Molodkin V.B., Shpak A.P., Kovalchuk M.V., Nosik V.L., Machulin V.F. *Diffuse-dynamic multiparameter diffractometry: a review* // *Crystallography reports* – 2010. – Vol. **55**, № 7. – P. 1122–1134.
182. Шпак А.П., Молодкін В.Б., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Рудницкая И.И., Динаев Ю.А., Низкова А.И., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Гранкина А.И., Когут М.Т., Кононенко О.С., Катасонов А.А., Заболотный И.Н., Васьилик Я.В., Ниничук Л.И., Прокопенко И.В. *Новые диагностические возможности деформационных зависимостей полной интегральной отражательной способности кристаллов с дефектами. Лауэ-дифракция в тонком кристалле* // *Металлофизика и новейшие технологии*. – 2008. – Т. **30**, № 7. – С. 873–887.
183. Немошкаленко В.В., Молодкін В.Б., Низкова А.И., Олиховський С.И., Шпак А.П., Когут М.Т., Школьников О.Л. *Новые принципы и возможности однокристалльной рентгеновской дифрактометрии монокристаллов методом полной интегральной интенсивности* // *Металлофизика*. – 1992. – Т. **14**, № 8. – С. 79–86.



184. Nemoshkalenko V.V., Molodkin V.B., Kislovskii E.N., Kogut M.T., Nizkova A.I., Gavrilova E.N., Olikhovskii S.I. and Sul'zhenko O.V. *Energy and azimuth dependences of the integrated reflection power of real single crystals in the case of X-ray bragg diffraction* // Металлофизика и новейшие технологии. – 1994. – Т. 16, № 2. – С. 48–51.

185. Молодкин В.Б., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Белоцкая А.А., Низкова А.И., Мельник А.В. *Эффект асимметрии азимутальной зависимости интегральной интенсивности дифракции Брэгга в монокристаллах с дефектами* // Металлофиз. новейшие технол. – 2006. – Т. 28, № 8. – С.1055–1076.

186. Шпак А.П., Молодкин В.Б., Ковальчук М.В., Носик В.Л., Низкова А.И., Мачулин В.Ф., Прокопенко И.В., Кисловский Е.Н., Кладько В.П., Дмитриев С.В., Первак Е.В., Лень Е.Г., Белоцкая А.А., Василик Я.В., Гранкина А.И., Заболотный И.Н., Катасонов А.А., Когут М.Т., Кононенко О.С., Мельник А.В., Молодкин В.В., Ниничук Л.И., Рудницкая И.И. *Новые диагностические возможности деформационных зависимостей интегральной интенсивности рассеяния кристаллами с дефектами для Лауэ-дифракции в области К-края поглощения* // Металлофиз. новейшие технол. – 2009. – Т. 31, № 7. – С. 927–945.

187. Макаренко Л.И., Шпак А.П., Молодкин В.Б., Мачулин В.Ф., Низкова А.И., Первак Е.В., Дмитриев С.В., Рудницкая И.И., Василик Я.В., Лизунов В.В. *Диффузно-динамическая комбинированная толщинно-деформационная интегральная Лауэ-дифрактометрия в области К-края поглощения кристаллов с дефектами* // Металлофиз. новейшие технол. – 2010. – Т. 32, № 9. – С. 1235–1247.

188. Bar'yakhtar V.G., Molodkin V.B., Nemoskhalenko V.V., Shpak A.P. et al. *Integral triple-crystal X-ray diffractometry* // Physics of Metals. – 1994. – Vol. 13, № 12. – P. 1165–1168.

189. Немошкаленко В.В., Молодкин В.Б., Кисловский Е.Н., Олиховский С.И., Грищенко Т.А., Когут М.Т., Первак Е.В. *Интегральная трехкристалльная рентгеновская дифрактометрия монокристаллов с микродефектами* // Металлофиз. и новейшие технол. – 2000. – Т. 22, № 2. – С. 42–50.

190. Барьяхтар В.Г., Гуреев А.Н., Гуреев Н.А., Когут М.Т., Кривицкий В.П., Ковальчук М.В., Кисловский Е.Н., Литвинов Ю.М., Молодкин В.Б., Немошкаленко В.В., Низкова А.И., Олиховский С.И., Осинковский М.Е., Поленур А.В., Сторижко В.Е., Курбанов А.И. *Способ контроля структурного совершенства монокристаллов*. А.с. 1702774 СССР, МКИ G 01№ 23/20 О.И. – 1991. – № 48. – С. 249. ДСП.

191. Барьяхтар В.Г., Гуреев А.Н., Когут М.Т., Гуреев Н.А., Кривицкий В.П., Ковальчук М.В., Кисловский Е.Н., Литвинов Ю.М., Молодкин В.Б., Немошкаленко В.В., Низкова А.И., Олиховский С.И., Осинковский М.Е., Поленур А.В., Биндык Д.Н., Кшивецкий С.А., Остапчук А.И., Шпак А.П. *Способ контроля структурного совершенства динамически рассеивающих монокристаллов*. А.с. 1800896 СССР, МКИ G 01№ 23/20 О.И. – 1993. – № 3. – С. 203. ДСП.

192. Бар'яхтар В.Г., Немошкаленко В.В., Молодкін В.Б., Шпак А.П., Кютт Р.М., Ковальчук М.В., Оліховський С.Й., Низкова Г.Й., Кисловський Є.М., Грищенко Т.А., Гинько І.В., Когут М.Т. *Спосіб контролю структурної досконалості монокристалів*. Патент України № 14831А, МКИ<sup>6</sup> G 01 № 23/20. Бюллетень. – 1997. – № 2.

193. Бар'яхтар В.Г., Немошкаленко В.В., Молодкін В.Б., Шпак А.П., Chikawa J., Kohra K., Кютт Р.М., Ковальчук М.В., Оліховський С.Й., Низкова Г.Й., Кисловський Є.М., Грищенко Т.А., Гинько І.В., Когут М.Т. *Спосіб контролю структурної досконалості монокристалів*. Патент України № 17164А, МКИ<sup>6</sup> G 01 № 23/20. Бюллетень, 1997, № 3.

194. Немошкаленко В.В., Молодкін В.Б., Оліховський С.Й., Гурєєв А.М., Низкова Г.Й., Кисловський Є.М., Когут М.Т., Кривицький В.П., Гаврилова О.М., Лось А.В. *Спосіб експресного контролю структурної досконалості монокристалів, що динамічно розсіюють*. Патент України № 20094, МКИ G 01 № 23/20. Бюллетень. – 1997. – № 6.

195. Боуэн Д.К., Таннер Б.К. *Высокоразрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография* / ред. И.Л. Шульпина. – СПб.: Наука, 2002.

196. Афанасьев А.М., Александров П.А., Имамов Р.М. *Рентгеновская диагностика субмикронных слоев*. – М.: Наука, 1986.

197. Немошкаленко В.В., Молодкін В.Б., Кисловський Є.М., Оліховський С.Й., Остафійчук Б.К., Шпак А.П., Лень Є.Г., Владімірова Т.П., Решетник О.В. *Спосіб контролю структурної досконалості монокристалів*. Патент України № 44121А 7 G01N23/20. Бюллетень. – 2002. – № 1.

198. Кривоглаз М.А. *Дифракция рентгеновских лучей и нейтронов в неидеальных кристаллах*. – Киев: Наук. думка, 1983. – 408 с.

199. Кривоглаз М.А. *Диффузное рассеяние рентгеновских лучей и нейтронов на флуктуационных неоднородностях в неидеальных кристаллах*. – Киев: Наук. думка, 1984. – 288 с.

200. Молодкін В.Б., Ковальчук М.В., Мачулін В.Ф., Мухамеджанов Э.Х., Низкова А.И., Лизунова С.В., Олиховский С.И., Лень Е.Г., Шелудченко Б.В., Дмитриев С.В., Скакунова Е.С., Молодкін В.В., Лизунов В.В., Катасонов А.А., Заболотный И.Н., Кладько В.П., Карамурзов Б.С., Оранова Т.И., Хапачев Ю.П. *Диагностика структуры новейших кристаллических материалов и многослойных изделий нанотехнологий с неоднородно распределенными макродеформациями и микродефектами нескольких типов* // Актуальные вопросы современного естествознания. – 2012. – Вып. 10. – С. 50–106.

## НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Молодкин Вадим Борисович  
Ковальчук Михаил Валентинович  
Карнаухов Иван Михайлович  
Мачулин Владимир Фёдорович  
Сторишко Владимир Ефимович  
Мухамеджанов Энвер Хамзиевич  
Низкова Анна Ивановна  
Лизунова Светлана Вячеславовна  
Кисловский Евгений Николаевич  
Олиховский Степан Иосифович  
Шелудченко Борис Владимирович  
Дмитриев Сергей Васильевич  
Скакунова Елена Сергеевна  
Молодкин Виталий Вадимович  
Лизунов Вячеслав Вячеславович  
Бушуев Владимир Алексеевич  
Кютт Регинальд Николаевич  
Карамурзов Барасби Сулейманович  
Дышеков Артур Альбекович  
Оранова Татьяна Ивановна  
Хапачев Юрий Пшиканович

## ОСНОВЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ ДИФРАКТОМЕТРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Компьютерная верстка *В.Н. Мидовой*  
Корректор *Е.А. Балова*

В печать 06.03.2013. Формат 70х90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Печать трафаретная. Бумага офсетная. 9.65 усл.п.л. 9.5 уч.-изд.л.  
Тираж 500 экз. Заказ № 6799.  
Кабардино-Балкарский государственный университет.  
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.

Полиграфический участок ИПЦ КБГУ  
360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173.