

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. А. НЕСТЕРОВ, А. А. ПАНИЧ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
КЕРАМИЧЕСКИХ
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ**

Ростов-на-Дону
Издательство Южного федерального университета
2010

УДК 546.562
ББК 35.41
Н 56

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Южного федерального университета*

Рецензенты:

доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой физической
химии ЮФУ **В. А. Коган**;

доктор физико-математических наук, зав. кафедрой общей и прикладной физики
ЮРГТУ **Л. С. Лунии**

Нестеров А. А.

Н 56 Современные проблемы материаловедения керамических пьезоэлектрических материалов / А. А. Нестеров, А. А. Панич. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2010. – 226 с.

ISBN 978-5-9275-0736-8

В монографии обсуждены проблемы формирования различных уровней структурирования керамических материалов на основе фаз кислородно-октаэдрического типа (от нано- до микроуровня) и влияние элементов архитектуры керамических каркасов на электрофизические параметры пьезоэлектрических материалов, создаваемых на их основе. Рассмотрены проблемы синтеза пьезофаз методом твёрдофазных реакций, обсуждены преимущества и недостатки формирования фаз со структурой типа перовскита при низких температурах. Проанализированы известные технологии спекания керамики и способы, позволяющие варьировать микроструктуру изделий.

Предназначена для химиков, физиков и технологов, занимающихся изготовлением пьезопреобразователей различных типов на основе керамики, сформированной из пьезофаз кислородно-октаэдрического типа, а также будет полезна научным сотрудникам, аспирантам и студентам, специализирующимся в области материаловедения, химии и физики твёрдого тела и неорганической химии.

ISBN 978-5-9275-0736-8

УДК 546.562
ББК 35.41

© Нестеров А. А., Панич А. А., 2010
© Оформление. Макет. Издательство
Южного федерального университета, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
1. ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
1.1. Электрофизические свойства материалов на основе сегнетоэлектрических фаз	10
1.2. Кристаллическая структура фаз типа перовскита	18
1.3. Твёрдые растворы на основе сегнетоэлектрических и анти-сегнетоэлектрических фаз	23
2. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ	26
2.1. Дефекты твёрдого тела	26
3. МЕХАНИЗМЫ РЕАКЦИЙ С УЧАСТИЕМ ТВЁРДЫХ ФАЗ	40
3.1. Диффузия в твёрдых фазах	40
3.2. Методы определения механизма твердофазного взаимодействия	43
3.3. Теоретические концепции твердофазного взаимодействия	44
3.4. Твердофазные превращения без изменения состава	50
4. КИНЕТИКА РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ТВЁРДОЙ ФАЗЕ	58
4.1. Диффузионные модели	62
4.2. Модели процессов, лимитируемых реакциями на границе раздела фаз	68
4.3. Модели зародышеобразования	68
5. АКТИВНЫЕ ПРЕКУРСОРЫ	71
5.1. Степень активности твёрдых фаз и методы её оценки	74
5.2. Способы активирования твёрдых фаз	80
6. ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ, ОСНОВАННЫХ НА МЕТОДЕ ТВЕРДОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ	111
6.1. Технологии непрерывного твердофазного синтеза и скоростного метода спекания керамики	112
7. ИЗМЕНЕНИЕ ТИПА ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ЦЕЛЕВОЙ ФАЗЫ В РАМКАХ МЕТОДА ТВЕРДОФАЗНЫХ РЕАКЦИЙ	127
7.1. Методы получения порошков сегнетофаз с использованием в качестве прекурсоров солевых и комплексных форм	129
7.2. Кристаллизация в условиях, близких к равновесным	129
7.3. Неравновесная кристаллизация	131
7.4. Химизм процессов синтеза оксидных фаз, с использованием солей в качестве прекурсоров	135
8. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА СЕГНЕТОФАЗ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	145

9. ТЕХНОЛОГИИ СИНТЕЗА СЕГНЕТОФАЗ, ОСНОВАННЫЕ НА МЕТОДЕ «ХИМИЧЕСКОЙ СБОРКИ»	157
9.1. Технологии изготовления порошкообразных фаз систем $\text{PbTiO}_3 - \text{MeTiO}_3$ ($\text{Me} = \text{Ca, Sr, Ba}$) с задаваемым размером частиц	170
10. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ОБРАБОТКИ В ТЕХНОЛОГИЯХ СИНТЕЗА ПЬЕЗОМАТЕРИАЛОВ	180
11. ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ НА ЗНАЧЕНИЯ ЕЁ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ	185
12. АНИЗОТРОПИЯ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ И СПОСОБЫ ЕЁ ФОРМИРОВАНИЯ	191
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	206
ЛИТЕРАТУРА	208