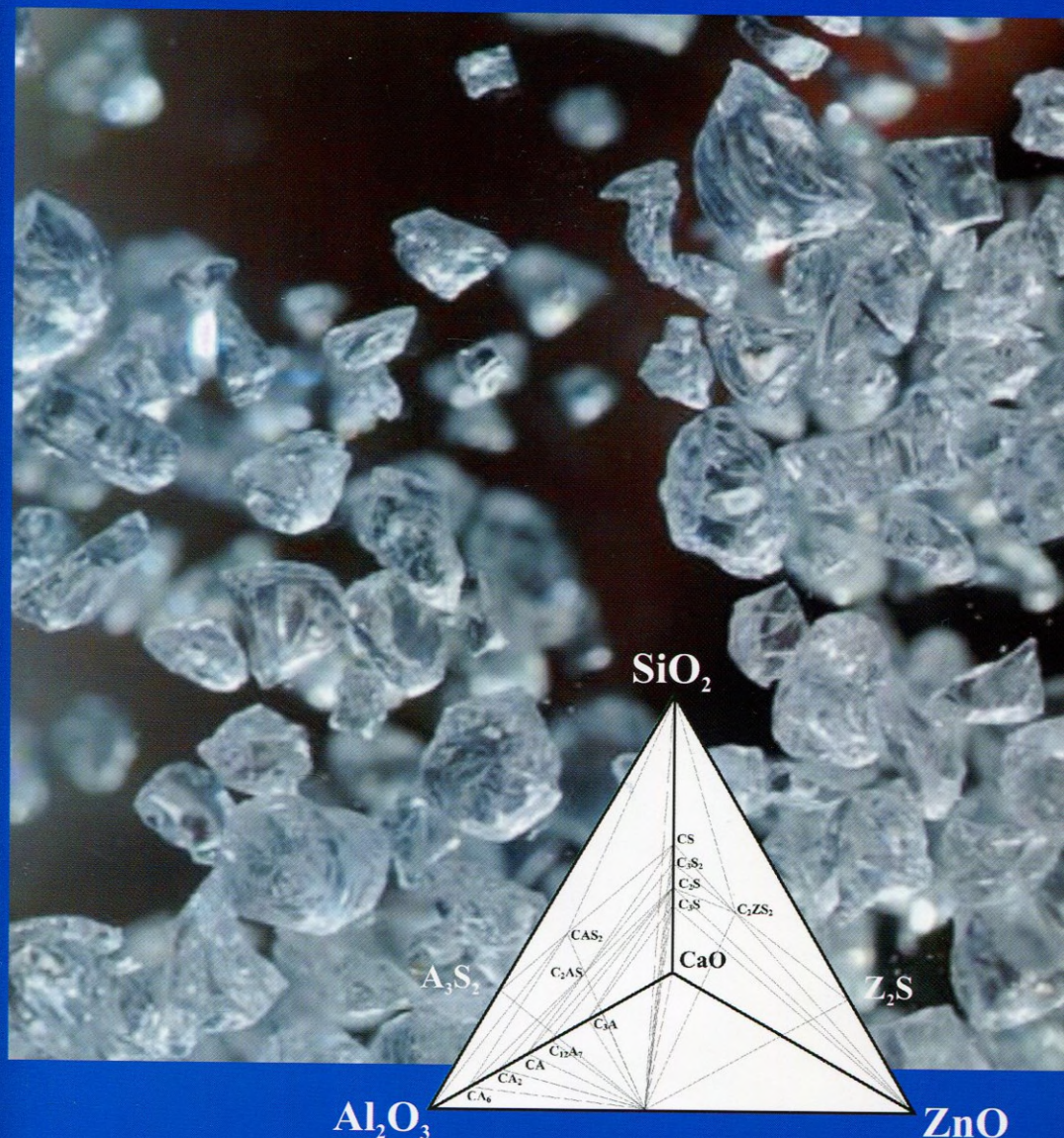


СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ПО КЕРАМИКЕ

Под редакцией профессора Г.В. Лисачука



Харьков 2008

**СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ
ПОКРЫТИЯ
ПО КЕРАМИКЕ**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ ПО КЕРАМИКЕ

Монография

Под редакцией профессора Г. В. Лисачука

Харьков НТУ «ХПИ» 2008

ББК 35.41

C12

УДК 666.295; 666.646; 537.874.74

Рецензенты:

В. А. Свидерский, д-р техн. наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»:

В. И. Голеус, д-р техн. наук, Украинский государственный химико-технологический университет.

Авторы:

Г. В. Лисачук, М. И. Рыщенко, Л. А. Белостоцкая,
Ю. Д. Трусова, Е. Ю. Федоренко, Л. П. Щукина

Публикуется по решению Ученого совета НТУ «ХПИ».
протокол № 4 от 20.04.2007 г.

Викладені основні принципи формування склокристалічних покриттів із заданим комплексом властивостей. Дослідження багатокомпонентних систем оксидів та сполук і їх поведінки в реальних термодинамічних умовах дозволили встановити, що прогнозування структури та властивостей склокристалічних матеріалів базується на комплексі фундаментальних взаємопов'язаних критеріїв. Подана нова розрахункова методика, яка відображає сучасні погляди на сутність фізико-хімічних процесів, що відбуваються при синтезі покриттів.

Стеклокристаллические покрытия по керамике [Текст] :

C12 монография / Г. В. Лисачук, М. И. Рыщенко, Л. А. Белостоцкая [и др.] ;
под ред. Г. В. Лисачука. – Х. : НТУ «ХПИ», 2008. – 480 с. – На рус. яз.

ISBN 978-966-593-640-4

Изложены основные принципы формирования стеклокристаллических покрытий с заданным комплексом свойств. Исследования многокомпонентных систем оксидов и соединений и их поведения в реальных термодинамических условиях позволили установить, что прогнозирование структуры и свойств стеклокристаллических материалов базируется на комплексе фундаментальных взаимосвязанных критериев. Представлена новая расчетная методика, отражающая современные воззрения на сущность физико-химических процессов, происходящих при синтезе покрытий.

Ил. 163. Табл. 152, Библиогр.: 445 назв.

ББК 35.41

ISBN 978-966-593-640-4

© НТУ «ХПИ», 2008

Содержание

Введение	3
Глава 1. Физико-химические основы кристаллизации глазурных стекол	7
1.1. Отличительные особенности технологии и структуры стекол, ситаллов и глазурей.....	7
1.1.1. Формирование нефриттованных кристаллизующихся глазурных покрытий.....	13
1.1.2. Синтез фриттованных стеклокристаллических глазурных покрытий.....	14
1.2. Принципы формирования кристаллической структуры стекол.....	16
1.2.1. Направленная кристаллизация заданных фаз и способы ее осуществления.....	21
1.2.2. Армирование стекломатрицы кристаллическим наполнителем.....	29
1.2.3. Технологические особенности получения стеклокристаллических глазурных покрытий.....	32
1.3. Основные факторы, определяющие технические и эксплуатационные свойства покрытий.....	33
1.3.1. Критерии выбора кристаллической фазы для синтеза покрытий с заданными свойствами.....	33
1.3.2. Термическая стойкость и температурный коэффициент линейного расширения.....	41
1.3.3. Износостойкость и микротвердость.....	44
1.3.4. Химическая устойчивость к различным реагентам.....	48
1.3.5. Экранирующая способность к электромагнитному излучению.....	49
1.3.6. Декоративные свойства.....	53
Глава 2. Теоретические расчеты в многокомпонентных системах оксидов для синтеза стеклокристаллических глазурных покрытий	58
2.1. Проектирование глазурных покрытий с заданными свойствами.....	58
2.1.1. Оценка температурной границы субсолидусного состояния бинарных систем оксидов и сырьевых материалов.....	60
2.1.2. Системы, используемые для синтеза стеклокристаллических глазурных покрытий на базе оксидов R_2O , RO , R_2O_3 , RO_2	65
2.1.3. Изучение субсолидусного строения систем $CaO - Al_2O_3 - B_2O_3 - SiO_2$ и $CaO - MgO - B_2O_3 - SiO_2$	68

2.1.4. Изучение субсолидусного строения системы CaO – ZnO – Al ₂ O ₃ – SiO ₂	74
2.1.5. Изучение субсолидусного строения системы ZnO – MgO – Al ₂ O ₃ – SiO ₂	78
2.1.6. Исследование субсолидусного строения борсодержащих систем, включающих диоксид титана.....	89
2.1.7. Триангуляция систем ZnO – Al ₂ O ₃ – TiO ₂ , ZnO – CaO TiO ₂ , ZnO – MgO – TiO ₂	93
2.1.8. Исследование субсолидусного строения системы Fe ₂ O ₃ – Al ₂ O ₃ – CoO.....	102
2.1.9. Построение диаграмм плавления для фигуративных точек составов.....	105
2.1.10. Исследование путей кристаллизации расплавов модельных смесей.....	118
2.2. Математическая оценка влияния компонентов покрытий на их свойства с использованием статистических методов.....	124
2.2.1. Получение математической модели влияния состава покрытий на их аддитивные свойства.....	127
2.2.2. Получение математической модели влияния состава покрытий на их неаддитивные свойства.....	131
2.3. Использование термодинамических расчетов для прогнозирования фазового состава стеклокристаллических глазурных композиций.....	134
2.3.1. Алгоритм расчетов в многокомпонентных системах оксидов.....	136
2.3.2. Исходные термодинамические данные для оксидов и их соединений.....	138
2.3.3. Расчет термодинамических данных по методу инкрементов.....	142
2.3.4. Термодинамический анализ реакций в щелочесодержащих системах.....	146
2.3.5. Термодинамический анализ реакций в системе ZnO – MgO – Al ₂ O ₃	154
2.3.6. Термодинамический анализ реакций в системе BaO – Al ₂ O ₃ – B ₂ O ₃ – SiO ₂	157
2.3.7. Термодинамическая оценка вероятности образования ферритов в модельных смесях.....	162
Глава 3. Стекломатрица, ее свойства и низкотемпературные покрытия на ее основе.....	165
3.1. Исследование пространства составов в системе Na ₂ O – K ₂ O – CaO – MgO – B ₂ O ₃ – Al ₂ O ₃ – SiO ₂	165
3.1.1. Изучение стеклообразования и кристаллизационной способности стекломатрицы.....	174

3.2. Зависимость свойств стекловидных покрытий от структуры исходной алюмоборосиликатной стекломатрицы.....	181
3.2.1. Роль двухвалентных оксидов в формировании однофазной структуры прозрачных покрытий.....	190
3.3. Прогнозирование характера структуры и вида покрытий по комплексу расчетных факторов.....	199
Глава 4. Стеклокристаллические покрытия в системе $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.....	
4.1. Выбор модельных стекол для синтеза стеклокристаллических покрытий.....	205
4.1.1. Изучение стеклообразования при температуре 1300 °С.....	205
4.1.2. Прогнозирование кристаллизационной способности стекол по комплексу структурных показателей.....	209
4.1.3. Исследование кристаллизационной способности стекол.....	215
4.2. Формирование пироксеноподобной структуры при синтезе монокристаллических покрытий.....	219
4.3. Исследование фазового состава и структуры стеклокристаллического покрытия.....	226
4.4. Изучение влияния фазового состава на эксплуатационные свойства.....	239
4.4.1. Тепловое расширение и термостойкость.....	239
4.4.2. Химическая устойчивость по отношению к различным реагентам.....	241
4.4.3. Износостойкость и микротвердость.....	245
Глава 5. Бесциркониевые быстрокристаллизующиеся стеклокристаллические покрытия в системе $\text{BaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$....	
5.1. Роль BaO в формировании полифазной структуры стекло кристаллических покрытий.....	248
5.2. Влияние ликвационной структуры на степень кристаллизации покрытий.....	251
5.3. Влияние химического и фазового состава барийсодержащих покрытий на их свойства.....	259
Глава 6. Стеклокристаллические покрытия с регулируемыми свойствами в системе $\text{Li}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{MgO} - \text{ZnO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.....	
6.1. Стеклообразование и кристаллизационные свойства модельных стекол.....	266
6.2. Принципы получения полифазных покрытий заданного состава.....	274
6.3. Влияние фазового состава на эксплуатационные свойства покрытий.....	279

6.3.1. Температурный коэффициент линейного расширения и термостойкость покрытий.....	279
6.3.2. Микротвердость и белизна покрытий.....	283
6.3.3. Химическая стойкость покрытий.....	285
6.4. Влияние технологических параметров получения поликристаллических покрытий на их фазовый состав.....	290
6.4.1. Влияние температуры обжига.....	290
6.4.2. Влияние условий варки фритты.....	292
6.5. Регулирование свойств полифазных стекло кристаллических покрытий.....	294
6.6. Механизм направленного синтеза комплекса фаз в стеклокристаллических покрытиях.....	301
Глава 7. Бесщелочные стеклокристаллические покрытия в системе $RO - Al_2O_3 - B_2O_3 - RO_2$.....	312
7.1. Малоборные титансодержащие стеклокристаллические покрытия в системе $RO - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2 - TiO_2$	312
7.2. Полифазные стеклокристаллические покрытия на основе цинк содержащих стекол.....	315
7.2.1. Синтез стекло кристаллических композиций в системах оксидов $CaO - ZnO - B_2O_3 - Al_2O_3$, $CaO - ZnO - Al_2O_3 - SiO_2$, $ZnO - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2$	316
7.2.2. Синтез стеклокристаллических композиций в системах оксидов $CaO - ZnO - B_2O_3 - SiO_2$, $CaO - TiO_2 - B_2O_3 - SiO_2$	323
7.3. Прогнозирование фазового состава бесщелочных стеклокристаллических покрытий.....	328
7.3.1. Установление количественного содержания продуктов высокотемпературного взаимодействия компонентов шихты.....	328
7.3.2. Синтез бесщелочных стеклокристаллических покрытий заданного фазового состава.....	335
Глава 8. Нефриттованные стеклокристаллические покрытия полифункционального назначения.....	351
8.1. Синтез нефриттованных покрытий композиционного типа.....	351
8.1.1. Сравнительный анализ свойств стекломатриц.....	357
8.1.2. Взаимодействие стекломатрицы с кристаллическим наполнителем.....	363
8.1.3. Синтез износостойких стеклокристаллических покрытий.....	367
8.1.4. Синтез цветных износостойких стеклокристаллических покрытий.....	372
8.2. Синтез нефриттованных покрытий методом направленной кристаллизации.....	376

8.2.1. Синтез высокотемпературных бесциркониевых стеклокристаллических покрытий.....	376
8.2.2. Синтез высокотемпературных окрашенных стеклокристаллических покрытий.....	379
8.2.3. Синтез низкотемпературных цветных износостойких стеклокристаллических покрытий.....	390
8.2.4. Зависимость физико-механических свойств цветных стеклокристаллических покрытий от фазового состава.....	393
8.2.5. Колориметрические характеристики цветных износостойких покрытий.....	398
8.2.6. Микроскопические исследования фазового состава цветных стеклокристаллических покрытий.....	404
Глава 9. Синтез керамических материалов и покрытий, экранирующих электромагнитные излучения.....	410
9.1. Направления создания защитных материалов.....	410
9.1.1. Свойства диэлектрических матриц.....	414
9.1.2. Выбор ферромагнитной добавки.....	417
9.1.3. Синтез ферритов кобальта, меди и цинка.....	419
9.2. Получение стеклокристаллических покрытий, обладающих защитными свойствами от действия ЭМИ.....	428
9.2.1. Получение электропроводящих нефритованных покрытий по керамике.....	428
Список использованной литературы.....	437