

УДК 548.1

ВЕРОЯТНЫЕ КОНТИНУАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СОСТОЯНИЯ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКИХ МОДУЛЯРНЫХ СТРУКТУР КРИСТАЛЛОНОРАЗМЕРНОГО ФРАКТАЛЬНОГО КЛАССА (RNF)

Иванов В.В.

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
АО «ОКТБ «ОРИОН», Новочеркасск, e-mail: valivanov11@mail.ru*

Обсуждаются возможные 1D- и 2D-континуум содержащие комплексные состояния детерминистических модулярных структур кристаллононоразмерных фрактальных объектов класса (RNF) с дискретными компонентами. Предложена классификация возможных состояний кристаллононоразмерных фрактальных структур, включая 1-, 2-аперидические структурные состояния (RNF_{st} , RNF_{sst} , RNF_{stt}) и 1-, 2-квазиструктурные состояния (RNF_{ot} , RNF_{oot} , RNF_{ott}) и возможные их комбинации. Показана возможность существования ста двадцати шести комплексных структурных состояний, в том числе 108 состояний с 1D континуумом и 18 состояний – с 2D континуумом. Предполагается, что некоторые из этих структурных состояний характеризуют результаты реализации определенного фазово-разупорядоченного состояния многофазных материалов и могут быть 3D свертками описания кристаллических, наноразмерных и фрактальных структурных состояний композитов с гетерогенными структурами.

Ключевые слова: кристаллическая структура, наноструктура, фрактальная структура, модулярная структура, модуль, структурное состояние, кристаллическая компонента, наноразмерная компонента, фрактальная компонента, квази-объекты, аперидические объекты, 1D- и 2D-континуум

PROBABLE CONTINUAL COMPLEX STATES OF THE DETERMINISTIC MODULAR STRUCTURES FROM THE CRYSTAL NANODIMENSION FRACTAL (RNF) CLASS

Ivanov V.V.

*Platov South-Russian state polytechnic university (NPI), J-SC «SDTU «ORION», Novocherkassk,
e-mail: valivanov11@mail.ru*

The possible 1D-and 2D-continuum containing complex states of deterministic modular structure from the crystal nano-dimension fractal objects of (RNF) class with discrete components were discussed. Classification of the possible states of the crystal nano-dimension fractal structures, including the 1-, 2-aperiodic structural states (RNF_{st} , RNF_{sst} , RNF_{stt}) and the 1-, 2-quasi structural states (RNF_{ot} , RNF_{oot} , RNF_{ott}) and the possible their combinations was offered. The possibility of the existence of the one hundred and twenty six integrated structural states, including the 108 states with 1D continuum and the 18 states with 2D continuum was showed. It is intended that some of these structural states are the result of a certain phase-disordered state of multiphase materials and can be the 3D folds description of the crystal, nano-dimension and fractal structural states of composites with heterogeneous structures.

Keywords: crystal structure, nanostructure, fractal structure, modular structure, structural state, module, structural state, crystal component, nano-dimension component, fractal component, quasi-objects, aperiodic objects, 1D and 2D continuum

Детерминистические модулярные структуры с необходимым размерным параметром модулей могут быть сформированы в определенном ячейистом 3D пространстве [26–28], а их характеристики определены из символического описания вида $[(r \ r \ r), (n \ n \ n), (f \ f \ f)]_{3D \ conf}^* (f \ f \ f)_{site}^* ((r \ r \ r)_f + (n \ n \ n)_{f \ size})_{size}$. Данное описание содержит в себе информацию не только о состояниях из кристаллических и наноразмерных компонент, но и возможных квазифрактальных конфигурациях межфазных границ, квазифрактальных сайт- и сайз-распределениях r и n элементов на поверхности и в объеме композиционных материалов [1, 9, 12–15, 36]. Результаты анализа возможных видов структурных состояний необходимы для учета влияния размерного параметра на некоторые аддитивные свойства соответствующего материала [16–19].

Класс детерминистических модулярных структур RNF – единственный класс, который содержит все возможные виды компонентов состояний – кристаллическую r , наноразмерную n и фрактальную f [10, 11, 18, 20–23]. Вероятные дисконтинуальные комплексные состояния детерминистических модулярных структур класса RNF были проанализированы в [23]. Предложена классификация возможных состояний кристаллононоразмерных фрактальных структур, включая 1-, 2-, 3-аперидические структурные состояния (RNF_s , RNF_{ss} , RNF_{sss}) и 1-, 2-, 3-квазиструктурные состояния (RNF_o , RNF_{oo} , RNF_{ooo}) и возможные их комбинации. Показана возможность существования двухсот десяти комплексных структурных состояний, которые вероятно характеризуют результаты реализации определенного фазово-разупорядоченного состо-

яния объема и поверхности композиционных материалов и покрытий при трении и износе. Если в качестве компонент использовать возможные континуальные компоненты состояний τ , то для ультрадисперсных композиционных материалов можно рассматривать и аморфные структурные элементы некоторого наноструктурированного гетерогенного объекта. Формализм наличия континуальных компонентов в описании структурного состояния может рассматриваться и как способ реализации разбиения детерминистической структуры на подструктуры с континуальными 1D и 2D границами. Континуальные 1D и 2D элементы как условные границы между структурными модулями, модульными блоками, слоями и др. ассоциациями модулей формально присутствуют в структурах упорядоченных и частично разупорядоченных твердых растворов внедрения и вычитания [2, 4–8, 32], в структурах членов гомологических рядов [2–7, 24, 25, 29, 30], в композитах и гетерогенных структурах [31, 32]. Отметим, что результаты анализа возможных видов структурных состояний класса $(r\ n\ f)$ необходимы для учета влияния размерного параметра на некоторые аддитивные свойства соответствующего наноструктурированного композиционного материала [16, 17, 19].

Таким образом, необходимость анализа возможных структурных состояний фрактальных объектов класса $(r\ n\ f)$ не только с дискретными, но и континуальными элементами очевидна.

Классификация континуальных структурных состояний объектов класса RNF

С учетом элементов дискретной $\{t_i\}$ и непрерывной группы трансляций $\{\tau_i\}$ ($i = 1, 2, 3$) могут быть получены основные подклассы вероятных структурных состояний кристаллонанофрактальных объектов в 3D пространстве. Предполагается, что все локальные элементы этих состояний (структурный фрагмент r , наноструктурированный фрагмент r_n , фрактальный фрагмент r_f , наночастица n , нанофрагмент n_r , нанофрактал n_f , фрактал f , локальный фрактал f_l и наноструктурированный фрактал f_n) асимметричны. Поэтому при их частичной или полной разупорядоченности будем рассматривать детерминистические фрактальные структуры вида $R_{s,0}^3$. Индексы s и 0 означают количества независимых кристаллографических направлений, в которых асимметричные элементы соответственно позиционно и ориентационно упорядочены в 3D пространстве.

1D континуальный RNF класс (10 подклассов, 108 состояний).

1. Подкласс RNF_{τ} , состояния вида $(\tau\ n\ f)$, $(r\ \tau\ f)$ и $(r\ n\ \tau)$:

$(\tau\ n\ f)$ – 1D континуум, цепочки наночастиц и фракталов,
 $(\tau\ n\ f_r)$ – 1D континуум, цепочки наночастиц и локальных фракталов,
 $(\tau\ n\ f_n)$ – 1D континуум, цепочки наночастиц и наноструктурированных фракталов,
 $(\tau\ n_r\ f)$ – 1D континуум, цепочки нанофрагментов и фракталов,
 $(\tau\ n_r\ f_r)$ – 1D континуум, цепочки нанофрагментов и локальных фракталов,
 $(\tau\ n_r\ f_n)$ – 1D континуум, цепочки нанофрагментов и наноструктурированных фракталов,
 $(\tau\ n_f\ f)$ – 1D континуум, цепочки нанофракталов и фракталов,
 $(\tau\ n_f\ f_r)$ – 1D континуум, цепочки нанофракталов и локальных фракталов,
 $(\tau\ n_f\ f_n)$ – 1D континуум, цепочки нанофракталов и наноструктурированных фракталов,
 $(r\ \tau\ f)$ – цепочки фрагментов и фракталов, 1D континуум,
 $(r\ \tau\ f_r)$ – цепочки фрагментов и локальных фракталов, 1D континуум,
 $(r\ \tau\ f_n)$ – цепочки фрагментов и наноструктурированных фракталов, 1D континуум,
 $(r_n\ \tau\ f)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и фракталов, 1D континуум,
 $(r_n\ \tau\ f_r)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и локальных фракталов, 1D континуум,
 $(r_n\ \tau\ f_n)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и наноструктурированных фракталов, 1D континуум,
 $(r_f\ \tau\ f)$ – цепочки фрактальных фрагментов и фракталов, 1D континуум,
 $(r_f\ \tau\ f_r)$ – цепочки фрактальных фрагментов и локальных фракталов, 1D континуум,
 $(r_f\ \tau\ f_n)$ – цепочки фрактальных фрагментов и наноструктурированных фракталов, 1D континуум,
 $(r\ n\ \tau)$ – цепочки фрагментов и наночастиц, 1D континуум,
 $(r\ n_r\ \tau)$ – цепочки фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r\ n_f\ \tau)$ – цепочки фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r_n\ n\ \tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r_n\ n_r\ \tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r_n\ n_f\ \tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r_f\ n\ \tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r_f\ n_r\ \tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум,
 $(r_f\ n_f\ \tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов и нанофрагментов, 1D континуум.
2. Подкласс $RNF_{\tau\tau}$, состояния вида $(\tau\ n\ f_\theta)$, $(\tau\ n_\theta\ f)$, $(r_\theta\ \tau\ f)$, $(r\ \tau\ f_\theta)$, $(r\ n_\theta\ \tau)$ и $(r_\theta\ n\ \tau)$:
 $(\tau\ n\ f_\theta)$ – 1D континуум, цепочки наночастиц и квазицепочки фракталов,

$(\tau n_f f_0)$ – 1D континуум, цепочки нанофрагментов и квазицепочки фракталов,

$(\tau n_f f_0)$ – 1D континуум, цепочки нанофракталов и квазицепочки фракталов,

$(r \tau f_0)$ – цепочки фрагментов, 1D континуум и квазицепочки фракталов,

$(r \tau f_0)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов, 1D континуум и квазицепочки фракталов,

$(r \tau f_0)$ – цепочки фрактальных фрагментов, 1D континуум и квазицепочки фракталов,

$(r n_0 \tau)$ – цепочки фрагментов и квазицепочки наночастиц, 1D континуум,

$(r n_0 \tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и квазицепочки наночастиц, 1D континуум,

$(r f_0 \tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов и квазицепочки наночастиц, 1D континуум,

$(\tau n_0 f_r)$ – 1D континуум, цепочки локальных фракталов и квазицепочки наночастиц,

$(\tau n_0 f_n)$ – 1D континуум, цепочки наноструктурированных фракталов и квазицепочки наночастиц,

$(\tau n_0 f)$ – 1D континуум, цепочки упорядоченных фракталов и квазицепочки наночастиц,

$(r_0 \tau f)$ – цепочки фракталов, 1D континуум и квазицепочки фрагментов,

$(r_0 \tau f_r)$ – цепочки локальных фракталов, 1D континуум и квазицепочки фрагментов,

$(r_0 \tau f_n)$ – цепочки наноструктурированных фракталов, 1D континуум и квазицепочки фрагментов,

$(r_0 n_r \tau)$ – цепочки нанофрагментов и квазицепочки фрагментов, 1D континуум,

$(r_0 n \tau)$ – цепочки наночастиц и квазицепочки фрагментов, 1D континуум,

$(r_0 n_f \tau)$ – цепочки нанофракталов и квазицепочки фрагментов, 1D континуум.

3. Подкласс $RNF_{00\tau}$ состояния вида $(\tau n_f f_0)$, $(r_0 \tau f_0)$ и $(r_0 n_0 \tau)$:

$(\tau n_0 f_0)$ – 1D континуум, квазицепочки наночастиц и фракталов,

$(r_0 \tau f_0)$ – 1D континуум, квазицепочки фрагментов и фракталов,

$(r_0 n_0 \tau)$ – 1D континуум, квазицепочки фрагментов и наночастиц,

4. Подкласс аperiодический $RNF_{s\tau}$ состояния вида $(\tau n f_s)$, $(\tau n_s f)$, $(r_s \tau f)$, $(r \tau f_s)$, $(r n_s \tau)$ и $(r n \tau)$:

$(\tau n f_s)$ – 1D континуум, цепочки наночастиц и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_f s)$ – 1D континуум, цепочки нанофрагментов и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_f s)$ – 1D континуум, цепочки нанофракталов и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r \tau f_s)$ – 1D континуум, цепочки фрагментов и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_n \tau f_s)$ – 1D континуум, цепочки наноструктурированных фрагментов и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_f \tau f_s)$ – 1D континуум, цепочки фрактальных фрагментов и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_s f)$ – 1D континуум, цепочки фракталов и позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(\tau n_s f_r)$ – 1D континуум, цепочки локальных фракталов и позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(\tau n_s f_n)$ – 1D континуум, цепочки наноструктурированных фракталов и позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(r n_s \tau)$ – цепочки упорядоченных фрагментов и позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(r n_s \tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(r_f n_s \tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов и позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(r_s \tau f)$ – цепочки фракталов и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_s \tau f_r)$ – цепочки локальных фракталов и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_s \tau f_n)$ – цепочки наноструктурированных фракталов и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_s n \tau)$ – цепочки нанофрагментов и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_s n_r \tau)$ – цепочки нанофрагментов и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_s n_f \tau)$ – цепочки нанофракталов и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум.

5. Подкласс дважды аperiодический $RNF_{ss\tau}$ состояния вида $(\tau n_s f_s)$, $(r_s \tau f_s)$ и $(r_s n_s \tau)$:

$(\tau n_s f_s)$ – 1D континуум и позиционно разупорядоченных наночастиц и фракталов.

$(r_s \tau f_s)$ – 1D континуум и позиционно разупорядоченных фрагментов и фракталов,

$(r_s n_s \tau)$ – 1D континуум и позиционно разупорядоченных фрагментов и наночастиц.

6. Подкласс аperiодический $RNF_{0s\tau}^*$ состояния вида $(\tau n f_{0s})$, $(\tau n_{0s} f)$, $(r_{0s} n \tau)$, $(r \tau f_{0s})$, $(r n_{0s} \tau)$ и $(r_{0s} \tau f)$:

$(\tau n f_{0s})$ – 1D континуум, цепочки фрагментов, наночастиц и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_f f_{0s})$ – 1D континуум, цепочки фрагментов, нанофрагментов и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_f f_{0s})$ – 1D континуум, цепочки фрагментов, нанофракталов и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r \tau f_{0s})$ – цепочки фрагментов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_n \tau f_{os})$ – цепочки наноструктурированных фрагментов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_f \tau f_{os})$ – цепочки фрактальных фрагментов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r n_{os} \tau)$ – цепочки фрагментов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(r n_{os} \tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(r_f n_{os} \tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(\tau n_{os} f_r)$ – 1D континуум, цепочки локальных фракталов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(\tau n_{os} f_n)$ – 1D континуум, цепочки наноструктурированных фракталов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(\tau n_{os} f)$ – 1D континуум, цепочки упорядоченных фракталов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(r_{os} \tau f)$ – цепочки фракталов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов,

$(r_{os} \tau f_r)$ – цепочки локальных фракталов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов,

$(r_{os} \tau f_n)$ – цепочки наноструктурированных фракталов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов,

$(r_{os} n_r \tau)$ – цепочки нанофрагментов и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_{os} n \tau)$ – цепочки наночастиц и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_{os} n_f \tau)$ – цепочки нанофракталов и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум.

7. Подкласс аperiodический RNF_{os}^* , состояния $(\tau n_{os} f_s), (\tau n_s f_o), (r_o \tau f_s), (r_s \tau f_o), (r_o n_s \tau)$ и $(r_s n_o \tau)$:

$(\tau n_o f_s)$ – 1D континуум, цепочки позиционно разупорядоченных фракталов и квазицепочки наночастиц,

$(\tau n_s f_o)$ – 1D континуум, цепочки позиционно разупорядоченных наночастиц и квазицепочки фракталов,

$(r_o \tau f_s)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фракталов, 1D континуум и квазицепочки фрагментов,

$(r_s \tau f_o)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум и квазицепочки фракталов,

$(r_o n_s \tau)$ – цепочки позиционно разупорядоченных наночастиц и квазицепочки фрагментов, 1D континуум,

$(r_s n_o \tau)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фрагментов и квазицепочки наночастиц, 1D континуум.

8. Подкласс дважды аperiodический RNF_{osst}^* , состояния $(\tau n_{os} f_s), (\tau n_s f_o), (r_o \tau f_s), (r_s \tau f_o), (r_o n_s \tau)$ и $(r_s n_o \tau)$:

$(\tau n_{os} f_s)$ – 1D континуум, цепочки позиционно разупорядоченных фракталов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(\tau n_s f_o)$ – 1D континуум, цепочки позиционно разупорядоченных наночастиц и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_o \tau f_s)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фракталов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов,

$(r_s \tau f_o)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_o n_s \tau)$ – цепочки позиционно разупорядоченных наночастиц и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум,

$(r_s n_o \tau)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фрагментов и квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум.

9. Подкласс аperiodический RNF_{osst}^* , состояния $(\tau n_{os} f_o), (\tau n_o f_s), (r_o \tau f_o), (r_{os} \tau f_o), (r_{os} n_o \tau)$ и $(r_o n_{os} \tau)$:

$(\tau n_o f_{os})$ – 1D континуум, квазицепочки наночастиц и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_{os} f_o)$ – 1D континуум, квазицепочки фракталов и позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(r_o \tau f_{os})$ – 1D континуум, квазицепочки фрагментов и позиционно разупорядоченных фракталов,

$(r_{os} \tau f_o)$ – 1D континуум, квазицепочки фракталов и позиционно разупорядоченных фрагментов,

$(r_o n_{os} \tau)$ – квазицепочки фрагментов и позиционно разупорядоченных наночастиц, 1D континуум,

$(r_{os} n_o \tau)$ – квазицепочки наночастиц и позиционно разупорядоченных фрагментов, 1D континуум.

10. Подкласс дважды аperiodический RNF_{osst}^{} , состояния $(\tau n_{os} f_{os}), (r_{os} \tau f_{os})$ и $(r_{os} n_{os} \tau)$:**

$(\tau n_{os} f_{os})$ – 1D континуум, квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц и фракталов,

$(r_{os} \tau f_{os})$ – квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов и фракталов, 1D континуум,

$(r_{os} n_{os} \tau)$ – квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов и наночастиц, 1D континуум.

2D континуальный RNF класс (4 подкласса, 18 состояний)

1. Подкласс $RNF_{\tau\tau}$, состояния вида $(\tau\tau f)$, $(r\tau\tau)$ и $(\tau n\tau)$:

$(\tau\tau f)$ – 2D континуум, цепочки фракталов,

$(\tau\tau f_r)$ – 2D континуум, цепочки локальных фракталов,

$(\tau\tau f_n)$ – 2D континуум, цепочки наноструктурированных фракталов,

$(r\tau\tau)$ – цепочки фрагментов, 2D континуум,

$(r_{\tau}\tau\tau)$ – цепочки наноструктурированных фрагментов, 2D континуум,

$(r_f\tau\tau)$ – цепочки фрактальных фрагментов, 2D континуум.

$(\tau n\tau)$ – цепочки наночастиц, 2D континуум,

$(\tau n_f\tau)$ – цепочки нанофрагментов, 2D континуум,

$(\tau n_f\tau)$ – цепочки нанофракталов, 2D континуум.

2. Подкласс $RNF_{\theta\tau\tau}$, состояния вида $(\tau\tau f_{\theta})$, $(\tau n_{\theta}\tau)$ и $(r_{\theta}\tau\tau)$:

$(\tau\tau f_{\theta})$ – 2D континуум, квазицепочки фракталов,

$(\tau n_{\theta}\tau)$ – квазицепочки наночастиц, 2D континуум,

$(r_{\theta}\tau\tau)$ – 2D континуум, квазицепочки фрагментов,

3. Подкласс аperiодический RNF_{sst} , состояния вида $(\tau\tau f_s)$, $(\tau n_s\tau)$ и $(r_s\tau\tau)$:

$(\tau\tau f_s)$ – 2D континуум, цепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_s\tau)$ – 2D континуум, цепочки позиционно разупорядоченных наночастиц,

$(r_s\tau\tau)$ – цепочки позиционно разупорядоченных фрагментов, 2D континуум,

4. Подкласс аperiодический $RNF_{\theta s\tau\tau}^*$, состояния вида $(\tau\tau f_{\theta s})$, $(\tau n_{\theta s}\tau)$ и $(r_{\theta s}\tau\tau)$:

$(\tau\tau f_{\theta s})$ – 2D континуум, квазицепочки позиционно разупорядоченных фракталов,

$(\tau n_{\theta s}\tau)$ – квазицепочки позиционно разупорядоченных наночастиц, 2D континуум,

$(r_{\theta s}\tau\tau)$ – 2D континуум и квазицепочки позиционно разупорядоченных фрагментов.

3D континуальный RNF класс (1 подкласс, 1 состояние).

1. Подкласс $RNF_{\tau\tau\tau}$, V состояние $(\tau\tau\tau)$:

$(\tau\tau\tau)$ – 3D континуум, непрерывная среда в 3D пространстве и формально не является структурным состоянием.

Таким образом, показана принципиальная возможность существования

– 1D-континуум содержащих комплексных структурных состояний, характеризующих кристаллонаноразмерные объекты, кристаллофракталы и нанофракталы,

– 2D-континуум содержащих комплексных структурных состояний кристаллических наноразмерных и фрактальных объектов.

Предполагается, что некоторые из этих структурных состояний вида $(r\tau n f)$ могут описывать результаты проявления определенного фазово-разупорядоченного состояния поверхности композиционных материалов и покрытий [2, 13–15]. При описании кристаллических, наноразмерных и фрактальных структурных состояний композитивов с гетерогенными структурами данные виды состояний в соответствии с [23] могут рассматриваться как 3D свертки «гиперпространственного» представления $[(r\tau r), (n\tau n), (f\tau f)]_{3D\text{ conf}}^* [(f\tau f)_{\text{site}}^*, ((r\tau r)_f + (n\tau n)_f)_{\text{size}}]$. Результаты анализа подобных состояний были, в частности, использованы при определении величины эффекта синергизма при трении и износе некоторых композиционных покрытий [33–35, 37, 38].

Выводы

Таким образом, проанализированы возможные 1D- и 2D-континуум содержащие комплексные состояния детерминистических модулярных структур объектов класса (RNF) с дискретными компонентами. Предложена классификация возможных состояний кристаллонаноразмерных фрактальных структур, включая 1-, 2-аperiодические структурные состояния (RNF_{sst} , RNF_{sst} , RNF_{sst}) и 1-, 2-квазиструктурные состояния ($RNF_{\theta s\tau\tau}$, $RNF_{\theta s\tau\tau}$, $RNF_{\theta s\tau\tau}$) и возможные их комбинации ($RNF_{\theta s\tau\tau}$, $RNF_{\theta s\tau\tau}$, $RNF_{\theta s\tau\tau}$, $RNF_{\theta s\tau\tau}$). Показана возможность существования 126-ти комплексных структурных состояний, в том числе 108 состояний с 1D континуумом и 18 состояний – с 2D континуумом. Предполагается, что некоторые из этих структурных состояний могут характеризовать определенные фазово-разупорядоченные состояния многофазных материалов и формально рассматриваться как 3D свертки «гиперпространственного» представления кристаллических, наноразмерных и фрактальных структурных состояний композитов с гетерогенными структурами.

Список литературы

1. Дерлугян П.Д., Иванов В.В., Иванова И.В. и др. Фрактальные структуры 2D пространства как возможные аппроксиманты конфигураций межфазных границ и распределения фаз на поверхности антифрикционных композиционных покрытий // Соврем. наукоемкие технологии. – 2013. – № 9. – С. 86–88.
2. Иванов В.В. Комбинаторное моделирование вероятных структур неорганических веществ. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003. – 204 с.
3. Иванов В.В. Моделирование гомологических рядов соединений, включающих фрагменты структуры шпинели // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. – 1996. – № 1. – С. 67–73.
4. Иванов В.В. Гомологическая модель структурообразования упорядоченных сплавов ряда $Li_{3N-2}Me_N$ // Междунар. журн. эксп. образования. – 2015. – № 11 (Часть 2). – С. 215–217.

5. Иванов В.В. Гомологическая модель структурообразования упорядоченных сплавов ряда $\text{Li}_{\text{Sn-3}}\text{Me}_\text{N}$ // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10 (Часть 3). – С. 461–463.
6. Иванов В.В. Моделирование одноступенчатых р-слойных структур упорядоченных фаз внедрения щелочных металлов в графит состава MC_n // Междунар. журн. эксп. образования. – 2015. – № 11 (Часть 2). – С. 218–221.
7. Иванов В.В. Моделирование одноступенчатых р-слойных структур разупорядоченных фаз внедрения щелочных металлов в графит состава $\text{M}_{1+\text{n}}\text{C}_\text{n}$ // Междунар. журн. эксп. образования. – 2015. – № 11 (Часть 2). – С. 212–214.
8. Иванов В.В. Анализ возможностей использования изоморфизма для получения неорганических катионных проводников // Неорган. Материалы. – 1992. – Т. 28, № 1. – С. 344–349.
9. Иванов В.В. Фрактальные структуры как возможные абстракции сайз-распределения фаз и конфигурации межфазных границ на поверхности антифрикционных композиционных покрытий // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 10 (3). – С. 493–494.
10. Иванов В.В. Комплексные компоненты состояний кристаллического фрактального наноразмерного класса детерминистических модулярных структур композитов // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 84–90.
11. Иванов В.В. Возможные структурные состояния детерминистических модулярных структур с фрактальной компонентой в 3D пространстве // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 4. – С. 105–108.
12. Иванов В.В. Возможные состояния модулярных структур кристаллических, наноразмерных и фрактальных объектов на поверхности антифрикционных композиционных покрытий // Соврем. наукоемкие технологии, 2015. – № 8. – С. 24–27.
13. Иванов В.В. Возможные состояния распределения модулярных структур кристаллических, наноразмерных и фрактальных объектов в объеме антифрикционных композиционных материалов // Соврем. наукоемкие технологии, 2015. – № 5. – С. 16–19.
14. Иванов В.В. Комплексные структурные состояния как формализованное представление вариантов реализации фазово-разупорядоченного состояния поверхности композиционного материала при трении и износе // Соврем. наукоемкие технологии, 2015. – № 6. – С. 15–18.
15. Иванов В.В. Описание возможных структурных состояний кристаллических и наноразмерных объектов и вариантов характера их сайт и сайз-распределений на поверхности композиционного материала или покрытия при трении и износе // Соврем. наукоемкие технологии, 2015. – № 7. – С. 30–33.
16. Иванов В.В. Размерные характеристики возможных состояний многокомпонентных структур, включающих фрактальную и наноразмерную компоненту // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 121–123.
17. Иванов В.В. Вероятное влияние размерных параметров возможных многокомпонентных структурных состояний системы на ее свойства // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 7. – С. 124–125.
18. Иванов В.В. Комплексные компоненты состояний кристаллического фрактального наноразмерного класса детерминистических модулярных структур композитов // Успехи соврем. естествознания, 2014. – № 12. – С. 84–90.
19. Иванов В.В. Возможные линейные зависимости аддитивного свойства комплексного объекта от его размерности // Успехи соврем. естествознания, 2015. – № 1 (8). – С. 1339–1341.
20. Иванов В.В. Возможные состояния многокомпонентных детерминистических модулярных структур с дискретными и континуальными компонентами кристаллического класса (RRR) // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – № 5 (4). – С. 551–559.
21. Иванов В.В. Возможные дискретные и континуальные состояния многокомпонентных детерминистических модулярных структур наноразмерных объектов класса (NNN) // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – № 6 (1). – С. 32–39.
22. Иванов В.В. Континуальные и дисконтинуальные состояния многокомпонентных детерминистических модулярных структур фрактального гибридного класса (FFF) // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – № 6 (2). – С. 235–242.
23. Иванов В.В. Дисконтинуальные комплексные состояния детерминистических модулярных структур кристаллонаноразмерного фрактального класса (RNF) // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – № 7 (2). – С. 181–189.
24. Иванов В.В., Ерейская Г.П., Люцедарский В.А. Прогноз одномерных гомологических рядов оксидов металлов с октаэдрическими структурами // Изв. АН СССР. Неорган. материалы, 1990. – Т. 26, № 4. – С. 781–784.
25. Иванов В.В., Ерейская Г.П. Структурно-комбинаторный анализ одномерных гомологических рядов оксидов переходных металлов с октаэдрическими структурами // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. – 1991. – Т. 27, № 12. – С. 2690–2691.
26. Иванов В.В., Таланов В.М. Разбиение и структурирование пространства, описание процесса формирования модульного кристалла // Успехи соврем. естествознания, 2012. – № 8. – С. 75–77.
27. Иванов В.В., Таланов В.М. Разбиение структурированного 3D пространства на модулярные ячейки и моделирование невырожденных модулярных структур // Успехи соврем. естествознания, 2012. – № 10. – С. 78–80.
28. Иванов В.В., Таланов В.М. Формирование структурного модуля для модулярного дизайна в 3D пространстве // Успехи соврем. естествознания, 2012. – № 9. – С. 74–77.
29. Иванов В.В., Таланов В.М. Структурно-комбинаторное моделирование одномерных соединений, включающих фрагмент шпинели // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. – 1991. – Т. 27, № 11. – С. 2356–2360.
30. Иванов В.В., Таланов В.М. Структурно-комбинаторное моделирование двумерных соединений, включающих фрагмент шпинели // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. – 1991. – Т. 27, № 11. – С. 2386–2390.
31. Иванов В.В., Таланов В.М. Структурный синергизм в гибридных шпинелидах // Соврем. наукоемкие технологии, 2014. – № 10. – С. 25–33.
32. Иванов В.В., Ульянов А.К., Шабельская Н.П. Ферриты-хромиты переходных элементов: синтез, структура, свойства. – М.: Издательский дом Академия Естествознания, 2013 – 94 с.
33. Ivanov V.V. «Concentration waves» model for the tribologic system $\text{CM1/LL}, \text{CM2}$ // International journal of experimental education, 2014. – № 4. – Part 2. – P. 58–59.
34. Ivanov V.V. «Concentration waves» model for the tribologic system CM1/CM2 // International journal of experimental education, 2014. – № 4. – Part 2. – P. 59–60.
35. Ivanov V.V. Analysis of synergic effect in compositional coatings with taking into consideration the solid component of the counter-body and the liquid lubricant // European Journal of Natural History, 2015. – № 3. – С. 36–37.
36. Ivanov V.V., Derlugian P.D., Ivanova I.V. et al. Fractal structures as a possible abstractions of the site and size-distributions of phases and a possible approximants of the interphase borders configurations onto surface of the composites // Eastern European Scientific Journal. – 2016. – № 2 – P. 203–206.
37. Shcherbakov I.N., Ivanov V.V. Analysis of synergic effect in compositional Ni-P-coatings // European Journal of Natural History, 2015. – № 3. – С. 48.
38. Shcherbakov I.N., Ivanov V.V. Multilayered composite solid lubricating coating // Eastern European Scientific Journal. – 2016. – № 2. – P. 199–202.