

УДК 629

ВОЗМОЖНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ ПОВЕРХНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

Иванов В.В.

ФГУП ОКБ «ОРИОН», Новочеркасск, e-mail:valivanov11@mail.ru

Обсуждаются возможные пространственные компоненты структурных состояний поверхности композиционных материалов и покрытий

Ключевые слова: структурное состояние, наноструктура, фрактальная структура, размерный параметр

POSSIBLE SPACE COMPONENTS OF THE SURFACE STRUCTURES STATES OF COMPOSITIONAL MATERIALS AND COATINGS

Ivanov V.V.

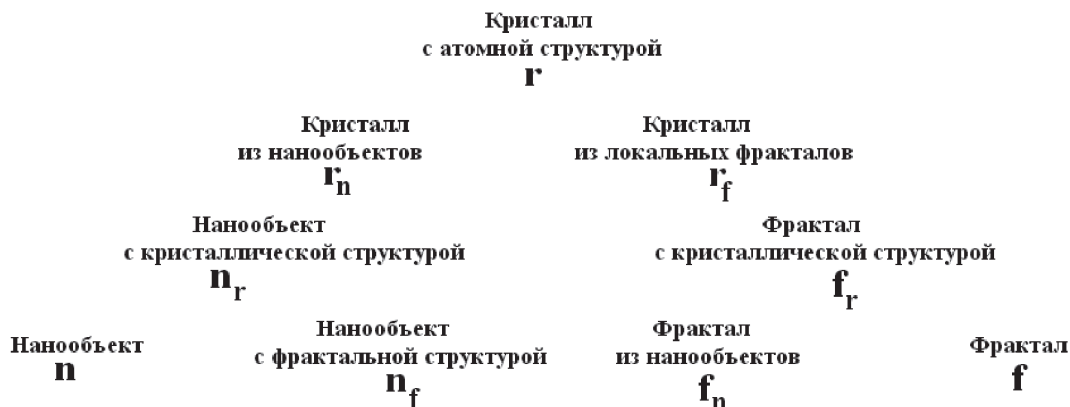
FGUE SDTU «ORION», Novocherkassk, e-mail:valivanov11@mail.ru

The possible space components of the surface structures states of compositional materials and coatings were discussed.

Keywords: structural state, nanostructure, fractal structure, dimension parameter

Будем считать, что структурные состояния в случае детерминистических модулярных структур в каждой ячейке-параллелепипеде структурированного 3D пространства определяются возможными кристаллическими r , наноразмерными n и

фрактальными f компонентами с помощью задания соответствующих генераторов [1–6]. Возможные структурные состояния в 1D пространстве могут быть комбинаторно перечислены и представлены следующей схемой.



Квадратная матрица возможных состояний $A = \|a_{ij}\|$ содержит 9 разных состояний

$$A^{(1D)} = \begin{vmatrix} r & n_r & f_r \\ r_n & n & f_n \\ r_f & n_f & f \end{vmatrix} = \|a_{ij}\|,$$

а соответствующая ей матрица $Z = \|z_{ij}\|$ законов распределения объектов выглядит следующим образом:

$Z =$	Периодически повторяющийся	Наноразмерный	Фрактальный закон распределения
	Структурный фрагмент	Структурный фрагмент	Структурного фрагмента
	нанобъект	объект	наночастиц
	локальный фрактал	локальный фрактал	локальных фракталов

Условный размерный параметр D может быть рассчитан для каждого структурного состояния следующим образом:

– для кристаллической компоненты r

$$D(r) = 1;$$

– для фрактальной компоненты f и состояний r_f и сопряженного с ним $r_f^* = f_r$ он полностью совпадает с фрактальной размерностью:

$$D(r_f) = D(f_r) = D(r) \quad D(f) = \text{Dim} R_f = \text{Dim} (\text{Gen} R_f) < 1;$$

– для наноразмерной компоненты n и состояний r_n и сопряженного с ним $r_n^* = n_f$ имеем

$D(n_r) = D(r_n) = D(r) D(n) = (\langle n \rangle / n_0) < 1$,
если средний размер нанобъекта
 $\langle n \rangle < n_0 = 100$ нм и

$$D(r) D(n) = 1,$$

если $\langle n \rangle \gg n_0$;

– для двух сопряженных состояний f_n
(фрактал из нанобъектов) и $n_f = f_n^*$ (нано-
объект из локальных фракталов) размерный
параметр определяется следующим образом:

$$D(f_n) = D(n_f) = D(f) D(n) = \\ = (\langle n \rangle / n_0) \text{Dim}(\text{GenR}_f) < 1.$$

$$A^{(2D)} = \begin{pmatrix} \|r\| & \|r_n\| & \|f\| \\ \|r_n\| & \|n\| & \|f_n\| \\ \|f\| & \|f_n\| & \|n_f\| \end{pmatrix} = \|a_{ij}\|$$

из которых 45 – состояния разного вида, при-
надлежащие шести указанным выше клас-
сам. Перечислим возможные структуры и их
симметрию [7], охарактеризуем представи-
телей этих видов состояний, соподчиненные
($\in$) и сопряженные им (*) состояния.

1 Класс кристаллический (r, r), структу-
ры R_{π^2} (симметрия плоских групп G_2^2):

(r, r) – 2D-кристалл из атомных цепочек,
(r, r) $^* = (r, r)$, (r, r) $\in (n, n_r)$,

(r, r_n) – 2D-кристалл из 1D-наносфраг-
ментов, (r, r_n) $^* = (r, r_n)$, (r, r_n) $\in (n, n_r)$,

(r, r_f) – 2D-кристалл из 1D локальных
фракталов, (r, r_f) $^* = (r, r_f)$, (r, r_f) $\in (n, n_r)$,

(r_n, r_n) – 2D-кристалл из наноразмерных
частиц, (r_n, r_n) $^* = (n, n_r)$, (r_n, r_n) $\in (n, n_r)$,

(r_n, r_f) – 2D-кристалл из 1D-наносфраг-
ментов и 1D локальных фракталов,
(r_n, r_f) $^* = (n, f)$, (r_n, r_f) $\in (n, n_r)$,

(r_f, r_f) – 2D-кристалл из локальных фрак-
талов (детерминистическая фрактальная
структура), (r_f, r_f) $^* = (f, f)$, (r_f, r_f) $\in (n, n_r)$.

2 Класс кристаллический наноразмер-
ный (r, n), структуры R_{π^2} (симметрия пло-
ских групп G_2^2 или групп бордюров G_1^2):

(r, n) – 2D структура из упорядоченных це-
почек нанобъектов, (r, n) $^* = (r, n)$, (r, n) $\in (n, n_r)$,

(r, n_f) – 2D структура из упорядоченных
цепочек кристаллических нанобъектов,
(r, n_f) $^* = (r, n_f)$, (r, n_f) $\in (n, n_r)$,

(r, n_r) – 2D структура из упорядочен-
ных цепочек фрактальных нанобъектов,
(r, n_r) $^* = (r, n_r)$, (r, n_r) $\in (n, n_r)$,

С учетом всех вариантов структурно со-
вместимых сочетаний из двух компонент пе-
речислим основные классы вероятных струк-
турных состояний в 2D пространстве [1, 2]:

- кристаллический (r, r),
- кристаллический наноразмерный (r, n),
- кристаллический фрактальный (r, f),
- фрактальный гибридный (f, f),
- фрактальный наноразмерный (f, n) и
- наноразмерный (n, n).

Квадратная матрица возможных состо-
яний $A = \|a_{ij}\|$ в 2D пространстве содер-
жит всего $N = 3^{2d} = 81$ ориентационно раз-
личимых состояний,

(r_n, n) – 2D структура из 1D-фрагментов
нанобъектов, (r_n, n) $^* = (n, n)$, (r_n, n) $\in (n, n_r)$,

(r_n, n_r) – 2D структура из 1D-фрагментов
кристаллических нанобъектов, (r_n, n_r) $^* = (n, n_r)$,
(r_n, n_r) $\in (n, n_r)$,

(r_n, n_f) – 2D структура из 1D-фрагментов
фрактальных нанобъектов, (r_n, n_f) $^* = (n, f)$,
(r_n, n_f) $\in (n, n_r)$,

(r_f, n) – 2D структура из нанобъектов,
упорядоченных по фрактальному закону
(r_f, n) $^* = (f, n)$, (r_f, n) $\in (n, n_r)$,

(r_f, n_r) – 2D структура из кристаллических
нанобъектов, упорядоченных по фракталь-
ному закону, (r_f, n_r) $^* = (f, n_r)$, (r_f, n_r) $\in (n, n_r)$,

(r_f, n_f) – 2D структура из фрактальных
нанобъектов, упорядоченных по фракталь-
ному закону, (r_f, n_f) $^* = (f, f)$, (r_f, n_f) $\in (n, n_r)$.

3 Класс кристаллический фрактальный
(r, f), структуры R_{π^2} (симметрия плоских
групп G_2^2 , групп бордюров G_1^2 или точеч-
ных групп бордюров $G_{1,0}^2$):

(r, f) – 2D структура из упорядоченных
1D фракталов, (r, f) $^* = (r, f)$,

(r, f_n) – 2D структура из упорядоченных 1D
детерминистических фракталов, (r, f_n) $^* = (r, f_n)$,

(r, f_r) – 2D структура из упорядоченных
1D фрактальных нанобъектов, (r, f_r) $^* = (r, f_r)$,

(r_n, f) – 2D структура из 1D фрак-
талов, упорядоченных в 1D наносфрагменте,
(r_n, f) $^* = (n, f)$,

(r_n, f_r) – 2D структура из 1D детермини-
стических фракталов, упорядоченных в 1D
наносфрагменте, (r_n, f_r) $^* = (n, f_r)$,

$(r_n f_n)$ – 2D структура из 1D фрактальных нанообъектов, упорядоченных в 1D нанофрагменте, $(r_n f_n)^* = (n_r n_f)$,

$(r_f f)$ – 2D структура из 1D фракталов, упорядоченных по фрактальному закону, $(r_f f)^* = (f_r f)$,

$(r_f f_r)$ – 2D структура из 1D детерминистических фракталов, упорядоченных по фрактальному закону, $(r_f f_r)^* = (r_f f_r)$,

$(r_f f_n)$ – 2D структура из 1D фрактальных нанообъектов, упорядоченных по фрактальному закону, $(r_f f_n)^* = (f_r n_f)$.

4 Класс фрактальный гибридный $(f f)$, структуры Rff2 (симметрия плоских групп G22, групп бордюров G21 или точечных групп бордюров G21,0):

$(f f)$ – 2D фрактальная гибридная структура, $(f f)^* = (f f)$,

$(f f_r)$ – 2D фрактал из 1D детерминистических фракталов, $(f f_r)^* = (f_r f_r)$,

$(f f_n)$ – 2D фрактал из 1D фрактальных нанообъектов, $(f f_n)^* = (f_n f_r)$,

$(f_r f_r)$ – 2D детерминистический фрактал, $(f_r f_r)^* = (r_f r_f)$,

$(f_r f_n)$ – 2D фрактал из 1D детерминистических фракталов и из 1D фрактальных нанообъектов, $(f_r f_n)^* = (r_f n_f)$,

$(f_n f_n)$ – 2D фрактал из 2D фрактальных нанообъектов, $(f_n f_n)^* = (n_f n_f)$.

5 Класс фрактальный наноразмерный $(f n)$, структуры R_m^2 (симметрия групп бордюров G_1^2 или точечных групп бордюров $G_{1,0}^2$):

$(f n)$ – 2D фрактальная структура из нанообъектов, $(f n)^* = (f n)$,

$(f n_r)$ – 2D фрактал из 1D-фрагментов структуры, $(f n_r)^* = (f_r n_r)$,

$(f n_f)$ – 2D фрактал из 1D локальных фракталов, $(f n_f)^* = (f_f n_f)$,

$(f_n n)$ – 2D фрактальный нанообъект из 1D нанообъектов, $(f_n n)^* = (n_f n)$,

$(f_n n_r)$ – 2D фрактальный нанообъект из 1D-фрагментов структуры $(f_n n_r)^* = (n_f r_n)$,

$(f_n n_f)$ – 2D фрактальный нанообъект из 1D локальных фракталов, $(f_n n_f)^* = (f_n n_f)$,

$(f_r n)$ – 2D структура из 1D детерминистических фракталов и нанообъектов, $(f_r n)^* = (r_f n)$,

$(f_r n_r)$ – 2D структура из 1D детерминистических фракталов 1D-фрагментов структуры, $(f_r n_r)^* = (r_f r_n)$,

$(f_r n_f)$ – 2D структура из 1D детерминистических фракталов и 1D локальных фракталов, $(f_r n_f)^* = (r_f f_n)$.

6 Класс наноразмерный $(n n)$, структуры R_m^2 (симметрия точечных 2D или розеточных групп G_0^2):

$(n n)$ – 2D-наночастица, $(n n)^* = (n n)$,

$(n n_r)$ – 2D-нанообъект из 1D-фрагмента структуры, $(n n_r)^* = (n_r n_r)$,

$(n n_f)$ – 2D-нанообъект из 1D локального фрактала, $(n n_f)^* = (n_f n_f)$,

$(n_r n_r)$ – 2D-нанофрагмент структуры, $(n_r n_r)^* = (r_n r_n)$,

$(n_r n_f)$ – 2D-нанообъект из 1D-фрагмента структуры и 1D локального фрактала, $(n_r n_f)^* = (r_n f_n)$,

$(n_f n_f)$ – 2D локальный фрактал, $(n_f n_f)^* = (f_n f_n)$.

Условный размерный параметр

$$D = d_r D(r) + d_f D(f) + d_n D(n),$$

где d_r , d_f и d_n $[0, 2]$ – количества соответствующих компонент одного сорта,

В случае состояний со структурно совместимыми разными фрактальными компонентами класса $(f_1 f_2)$ могут сформироваться транзитивные фрактальные структуры $Tr[R(f_1, f_2)]$ [1–4] и соответствующие размерные параметры тогда определяются следующим образом:

$$D = D(f_1) + D(f_2) = \\ = \text{Dim}(Tr[Gen(f_1), Gen(f_2)]).$$

Ранее в [8–15] представления о состояниях поверхности композитов, обусловленных как кристаллическими фазами (состояния класса $(r r)$), так и распределенными определенным образом наночастицами некоторых из этих фаз (состояния класса $(r n)$), а также квазифракталами-конфигурациями межфазных границ (состояния класса $(r f)$), были использованы при целенаправленном поиске и интерпретации трибологических свойств поверхности композиционных материалов и покрытий на основе систем Ni-P и Ni-B.

Список литературы

1. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал, 2013. – №7-1. – С.26-28.
2. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2014. – №4. – С.105-108.
3. Иванов В.В. // Соврем. наукоемкие технологии. 2013. №5. С.29-31.
4. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. №8. С.134-135.
5. Иванов В.В. // Успехи соврем. естествознания, 2013. – №8. – С.129-130.
6. Иванов В.В. // Междунар. науч.-иссл. журнал, 2013. – №7-1. – С.35-37.
7. Заморзаев А.М. Теория простой и кратной антисимметрии. Кишинев: Штиинца. 1976. – 283 с.
8. Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2008. – 112 с.
9. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т. и др. Химическое наноконструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. 132с.
10. Иванов В.В., Арзуманова А.В., Иванов А.В., Балакай В.И. // Журн. прикладной химии, 2006. – Т.79. – Вып.4. – С.619-621.
11. Иванов В.В., Курнакова Н.Ю., Арзуманова А.В., и др. // Журн. прикладной химии, 2008. – Т.81. – Вып. 12. – С.2059-2061.
12. Иванов В.В., Арзуманова А.В., Балакай В.И., Балакай В.И. // Журн. прикладной химии, 2009. – Т.82. – Вып. 5. – С.797-802.
13. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – №3. – С.54-57.
14. Иванов В.В., Щербаков И.Н. // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2011. – №5. – С.47-50.
15. Иванов В.В. // Global Science and Innovation: materials of the I International Conference, Vol.II, Chicago, December 17-18th, 2013 / Publishing office Accent Graphics communications. – Chicago – USA, 2013. – P.108-110.