

ҚР БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
ӘЛ-ФАРАБИ АТ.ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ  
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ФИЗИКА  
ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ  
АШЫҚ ТҮРДЕГІ ҰЛТТЫҚ НАНОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ  
ЗЕРТХАНА

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE RK  
AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY  
SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL  
AND THEORETICAL PHYSICS  
NATIONAL NANOTECHNOLOGY OPEN LABORATORY

**«ФИЗИКАНЫҢ ЗАМАНАУИ ЖЕТІСТІКТЕРІ ЖӘНЕ  
ІРГЕЛІ ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ»** атты  
9-ші Халықаралық ғылыми конференцияның  
ТЕЗИСТЕР ЖИНАҒЫ  
*12-14 қазан, 2016, Алматы, Қазақстан*

СБОРНИК ТЕЗИСОВ  
9-ой Международной научной конференции  
**«СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ФИЗИКИ  
И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»**  
*12-14 октября, 2016, Алматы, Казахстан*

BOOK OF ABSTRACTS  
of the 9<sup>th</sup> International Scientific Conference  
**«MODERN ACHIEVEMENTS OF PHYSICS AND  
FUNDAMENTAL PHYSICAL EDUCATION»**  
*October, 12-14, 2016, Kazakhstan, Almaty*

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2016

## СКЕЙЛИНГОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОРФОЛОГИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

**З.Ж. Жанабаев, Т.Ю. Гревцева, Е.Т. Кожажулов, А.Т. Агишев, Р.Б. Асилбаева**

*ННЛОТ, НИИЭТФ, КазНИТУ им. К. Сатпаева, Алматы, Казахстан*

Полупроводниковые пленки, содержащие квантово-размерные структуры, являются перспективным материалом современной электроники. Известно, что наноструктурированные полупроводники с различными типами наноструктур обладают разными физическими свойствами, поэтому изучение различных типов нанокластеров является актуальной научной задачей. В настоящей работе описана методика количественной классификации полупроводниковых наноструктур на основе фрактальных представлений о распределении в них носителей заряда и примесей.

Распределение электронов, дырок и примесей в наноструктурированной полупроводниковой пленке является масштабно-инвариантным, самоподобным и может быть описано на основе отображения фрактальной эволюции меры [1]:

$$X_{k,i+1} = \left( \frac{1}{C_k} + \sum_{k=1}^3 \mu_{k,i} \right) \left| \frac{X_{k,i}}{X_{k,0}} \right|^{\frac{1}{\gamma_k}}, \quad \mu_{k,i+1} = -\frac{1}{\gamma_k} \left( \frac{1}{C_k} + \sum_{k=1}^3 \mu_{k,i} \right) \left| \frac{X_{k,i}}{X_{k,0}} \right|^{\frac{1}{\gamma_k}-1}, \quad (1)$$

где  $k = (1, 2, 3) \equiv (n, p, a)$ , обозначения  $n, p, a$  соответствуют распределению электронов, дырок и примесей соответственно;  $C_k \geq 1$  – постоянные, имеющие смысл аналога базы нормированного сигнала, или постоянных соотношения неопределенностей для хаотических процессов;  $\gamma_k = D_k - d_k$  – показатель скейлинга, т.е. разность между фрактальной и топологической размерностями пространства, в котором распределены электроны, дырки и примеси;  $X_{k,0}$  – равновесная (не фрактальная) концентрация электронов, дырок и примесей;  $\mu_{k,i}$  – знаковая функция-мультипликатор, используемый в теории динамического хаоса. Значения переменной  $i = 1, 2, 3, \dots$  соответствуют номерам пространственного шага. Для получения трехмерного изображения поверхности пленки по одномерной последовательности, следующей из уравнений (1), мы использовали метод реконструкции динамического хаоса [2].

Результаты моделирования на основе уравнения (1) квантовых точек, квантовых нитей и квантовых ям представлены на рисунке 1. Полученные модели качественно соответствуют экспериментально полученным микрофотографиям наноструктур, в частности, результатам, представленным в работах [3-7].

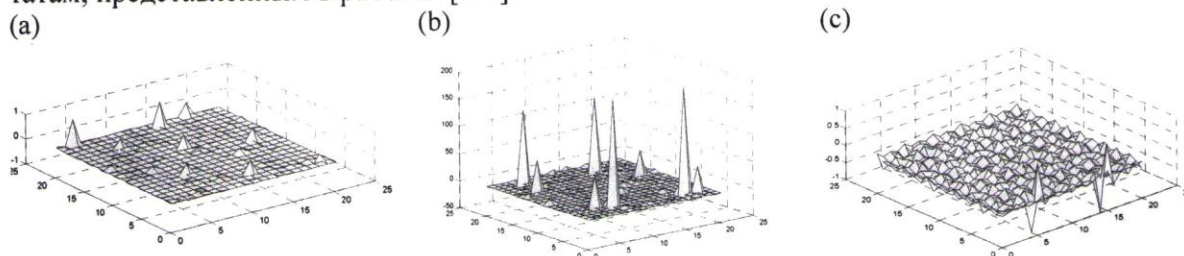


Рисунок 1. Модели морфологии поверхностей наноструктурированных пленок

$$C_n = C_p = C_a = 1.001, \quad n_0 = p_0 = 0.25, \quad a_0 = 0.53,$$

a):  $\gamma_n = 3.806, \gamma_p = 3.618, \gamma_a = 3.194$ , b):  $\gamma_n = \gamma_a = 2.433, \gamma_p = 2.567$ , c):  $\gamma_n = 1.195, \gamma_p = \gamma_a = 3.999$ .



Для расчета фрактальной размерности зависимости концентрации электронов проводимости от пространственного шага  $n(i)$ , полученной решением отображения (1), воспользуемся следующим алгоритмом [2]. Рассчитаем корреляционную функцию по формуле

$$C(r) = \frac{1}{N^2} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^N \Theta(r - |X_i - X_j|), \quad (2)$$

где  $\Theta$  – функция Хевисайда. Рассматриваемые точки отстоят от  $X_i$  на расстояние, не превышающее некоторой величины  $r$ . При сравнительно малых  $r$  функция  $C(r)$  изменяется как  $C(r) = r^D$ , таким образом, искомая фрактальная размерность может быть определена из соотношения

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln C(r)}{\ln r}. \quad (3)$$

На основе формул (2) и (3) мы можем рассчитать фрактальную размерность этой реализации. Значения показателя скейлинга  $\gamma_d = D - 1$  для фрактальной кривой с  $d = 1$ , полученные численным анализом формул (3) и (4) при  $\gamma_n = \gamma_p = \gamma_a = \gamma$ , представлены на рисунке 2.

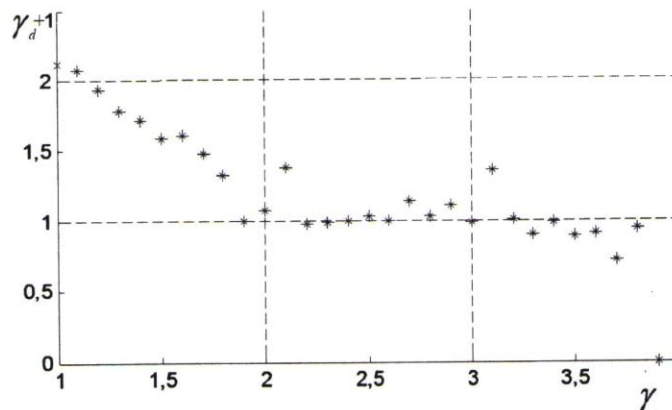


Рисунок 2. Зависимость показателя скейлинга реализации  $n(i)$  от параметра  $\gamma$ .

$$C_n = C_p = C_a = 1.001, n_0 = p_0 = 0.25, a_0 = 0.53.$$

При  $\gamma > 2$  наблюдаемые значения  $\gamma_d$  при  $d = 1$  слабо меняются. Это можно объяснить тем, что мы анализировали  $\gamma_d$  для кривой ( $d = 1$ ), для  $d = 2, 3$  поведение  $\gamma_d$  может быть другим. Всплески вблизи целых значений  $d$ , видимо, можно объяснить общеизвестным явлением Гиббса в вычислительной технике, которое проявляется вблизи разрывов. Максимальные значения  $D$  соответствуют квантово-размерным структурам в виде квантовых ям, а минимальные – квантовым точкам. Значения  $\gamma_d < 0$  свидетельствуют о том, что при больших значениях параметра  $\gamma$  скейлинговой закономерности нет.

*Работа выполнена при поддержке грантов 3209/ГФ4 и 0263/ПЦФ.*

#### Литература

1. Z.Zh. Zhanabaev, T.Yu. Grevtseva. Physical fractal phenomena in nanostructured semi-conductors // Reviews in Theoretical Science. – 2014. – Vol. 2, No 3. – P. 211-259.
2. G. Nicolis, I. Prigogine. Exploring Complexity. An Introduction. – NewYork: W.H. Freeman and Company, 1990. – p. 342.
3. К.А. Gonchar, L.A. Osminkina, R.A. Galkin, M.B. Gongalsky, V.S. Marshov, V.Yu. Timoshenko, M.N. Kulmas, V.V. Solovyev, A.A. Kudryavtsev, V.A. Sivakov. Growth, structure



and optical properties of silicon nanowires formed by metal-assisted chemical etching // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. – 2012. – Vol. 7. – P. 602-606.

4. El-Sh.M. Duraia, G.W. Beall. Synthesis and growth mechanism of amorphous silica nano wires using humic acid // International journal of engineering and innovative technology. – 2014. – Vol. 4, Is. 1. – P. 40-44.

5. H.J. Joyce, J. Wing-Leung, Ch.-K. Yong, C.J. Docherty, S. Paiman, Q. Gao, H.H. Tan, Ch. Jagadish, J. Lloyd-Hughes, L.M. Herz, M.B. Johnston. Ultralow surface recombination velocity in InP nanowires probed by terahertz spectroscopy // Nano Letters. – 2012. – Vol.12, No 10. – P. 5325-5330.

6. U.M. Nayef, M,W, Muayed. Typical of morphological properties of porous silicon // International journal of basic & applied sciences. – 2013. – Vol. 13, No 2. – P. 15-17.

7. K.-I. Chen, B.-R. Li, Y.-T. Chen. Silicon nanowire field-effect transistor-based biosensors for biomedical diagnosis and cellular recording investigation // Nano Today. – 2011. –Vol. 6. – P. 131-154.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРИ МАССЫ И ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ У ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД ТИПА FSCMAMWC 728

А.К.Куратова<sup>1,2</sup>, К.С.Куратов<sup>1,2,3</sup>, А.С.Мирошниченко<sup>2</sup>, А.Т.Майлыбаев<sup>1,2,3</sup>,  
А.Ж. Наурызбаева<sup>1</sup>, Н.Ш.Алимгазина<sup>1,2</sup>, А.Б.Манапбаева<sup>1</sup>, А.С.Бейсебаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Национальный центр космических исследований и технологий, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

В настоящее время образование околозвездной пыли хорошо изучено только около холодных звезд. Объяснить образование пыли около горячих звезд значительно труднее из-за их высоких температур. Для образования пыли вблизи таких звезд необходимо наличие звездного ветра большой плотности. Такие условия могут выполняться только у очень массивных звезд (сверхгиганты с массами более 25 масс Солнца). Предсказываемые же теорией темпы потери массы менее массивными звездами не обеспечивают плотностей вещества достаточных для образования пыли. Тем не менее, пыль существует вблизи нескольких сотен известных карликовых звезд спектральных классов В-С. Существуют также звезды-карлики с феноменом В[е] и более холодные гиганты классов А-С, которые не связаны с областями звездообразования, но пыль в оболочках содержат [1-5].

Среди звезд с феноменом В[е], недавно была выделена большая группа объектов с экстремально сильными эмиссионными спектрами, которые не являются ни молодыми, ни сильно проэволюционировавшими. Они были названы объектами типа FSCMa. Эта группа звезд обладает также сильными инфракрасными избытками, предполагающими большое количество недавно созданной пыли [6-7].

Таким образом, эти объекты могут вносить заметный вклад в бюджет Галактической пыли. До сих пор же считалось, что основное количество (до 90%) пыли в Галактике производят холодные гиганты классов М и S на стадии асимптотической ветви гигантов, а более горячие карлики и гиганты даже не рассматривались в этом качестве.

Несмотря на эти достижения, остаются еще плохо известные и совсем неизученные явления в эволюции звезд, особенно с массами от 2 до 20 масс Солнца. Эти звезды на Главной последовательности (ГП) имеют спектральные классы от В до С (температуры поверхности от 6 000 до 30 000 К). Свойства многих таких звезд полностью не объясняются теорией эво-



ТЕМПЕРАТУРА ПЛАВЛЕНИЯ И РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ С.А. Гученко, А.Ш. Сыздыкова, А.Р. Аулбаева, А.Ш. Нускабекова .....	164
ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА В УГОЛЬНОМ ВЕЩЕСТВЕ Я.Ж. Байсагов, В.С. Портнов, В.М. Юров, И.С. Голубев .....	166
АЗОТ МАТРИЦАСЫНДАҒЫ КРИОМАТРИЦАЛЫҚ ОҚШАУЛАНҒАН ЭТАНОЛ МОЛЕКУЛАЛАРЫН ИҚ-СПЕКТРОМЕТРЛІК ЗЕРТТЕУ А.У. Алдияров, Ұ.Ж. Жексен .....	168
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ПО МЕЖДУНАРОДНОМУ СТАНДАРТУ ISO 14001:2004 О.А. Лаврищев, М.К. Саргужина .....	169
<b>4-СЕКЦИЯ. Бейсызык физика және электроника. Астрофизика</b> <b>SECTION 4. Nonlinear Physics and Electronics. Astrophysics</b>	
МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ИЕРАРХИЧЕСКИ ТРЕХСЛОЙНОЙ СТРУКТУРОЙ З.Ж. Жанабаев, Т.Ю. Гревцева, Д.М. Жексебай, Е.Т. Кожагулов .....	172
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ СИСТЕМ СВЯЗИ ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНЫМ АНАЛИЗОМ З.Ж. Жанабаев, С.Н. Ахтанов .....	175
НОРМИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ЭНТРОПИЯ ЗВЕЗД РАННИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ КЛАССОВ З.Ж. Жанабаев, А.С. Бейсебаева, С.А. Хохлов .....	177
СКЕЙЛИНГОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МОРФОЛОГИИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ З.Ж. Жанабаев, Т.Ю. Гревцева, Е.Т. Кожагулов, А.Т. Агишев, Р.Б. Асилбаева .....	179
ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТЕРИ МАССЫ И ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ У ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД ТИПА FSCMAMWC 728 А.К. Куратова, К.С. Куратов, А.С. Мирошниченко, А.Т. Майлыбаев, А.Ж. Наурызбаева, Н.Ш. Алимгазина, А.Б. Манапбаева, А.С. Бейсебаева .....	181
ВРЕМЯ-ПРОЛЕТНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГИИ НА ЦИКЛОТРОНЕ ДЦ-60 И.А. Иванов, М.В. Здоровец, М.В. Колобердин, В.В. Александренко, С.Г. Козин, Е.К. Самбаев, А.Е. Курахмедов, А.К. Морзабаев .....	183
ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА ВЫНУЖДЕННОГО РАМАНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ А.Б. Аканаев, Б.А. Аканаев .....	185
АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ДВУХМАТРИЧНЫЙ ФОТОМЕТР К.С. Куратов, А.М. Сейтимбетов, А.К. Куратова, А.Т. Майлыбаев, Н.Ш. Алимгазина, А.Б. Манапбаева, Н.Т. Изтлеуов .....	186
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРЕ МОЛОДОЙ ЗВЕЗДЫ АЕ/ВЕ ХЕРБИГА IRAS 22150+6109 К.С. Куратов, О.В. Захожай, А.К. Куратова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазина .....	188
ФРАКТАЛЬНАЯ ТОПОЛОГИЯ ГАЛАКТИЧЕСКИХ СКОПЛЕНИЙ З.Ж. Жанабаев, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев .....	190
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШУМА НА ДИНАМИКУ КЛАСТЕРА, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ НЕЙРОНОВ ФИТЦХЬЮ-НАГУМО Б.Ж. Медетов, А.Ж. Наурызбаева, Н.Ш. Алимгазина, Н. Албанбай .....	193