

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,  
НАНОСТРУКТУР  
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

**PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS  
OF THE STUDY OF CLUSTERS,  
NANOSTRUCTURES AND  
NANOMATERIALS**

**FIZIKO-HIMIČESKIE ASPEKTY  
IZUČENIÂ KLASTEROV,  
NANOSTRUKTUR I NANOMATERIALOV**

выпуск 12

ТВЕРЬ 2020

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения о рецензировании статей и материалов для опубликования в журнале «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

**Официальный сайт издания в сети Интернет:**

**<https://www.physchemaspects.ru>**

**Ф50** Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2020. – Вып. 12. – 908 с.

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-47789 от 13.12.2011.

Издание составлено из оригинальных статей, кратких сообщений и обзоров теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Журнал предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

*Переводное название: Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials*

*Транслитерация названия: Fiziko-himičeskie aspekty izučeniâ klasterov, nanostruktur i nanomaterialov*

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Print ISSN 2226-4442

Online ISSN 2658-4360

© Коллектив авторов, 2020

© Тверской государственный университет, 2020

**К ПРОБЛЕМЕ СТАБИЛЬНОСТИ НАНОРАЗМЕРНЫХ  
ОСТРОВКОВЫХ ПЛЕНОК И ПРОТЯЖЕННЫХ ПЛЕНОК,  
НАНОРАЗМЕРНЫХ ПО ТОЛЩИНЕ**

В.М. Самсонов, И.В. Талызин

*ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*170100, Тверь, Садовый пер., 35*

*samsonoff@inbox.ru*

DOI: 10.26456/pcascnn/2020.12.310

**Аннотация:** Геометрическая нестабильность наноразмерных островковых пленок интерпретируется как проявление явления смачивания в твердом состоянии, а нестабильность сплошных пленок, наноразмерных по толщине, – как следствие десмачивания в твердом состоянии. С использованием молекулярно-динамического эксперимента исследованы закономерности и механизмы растекания твердых наночастиц *Pb* по различным граням *Si* при температуре, на 10 К ниже температуры плавления наночастиц выбранного размера (10 нм). Полученные в молекулярно-динамических экспериментах результаты сравниваются с экспериментальными данными, относящимися к микрочастицам *Pb* размером 5–10 мкм. Установлено, что в одной и той же системе «островок-подложка» могут одновременно наблюдаться оба явления: смачивания в твердом состоянии и десмачивания в твердом состоянии.

*Ключевые слова:* островковые пленки, сплошные пленки наноразмерной по толщине, смачивание в твердом состоянии, десмачивание в твердом состоянии, молекулярная динамика.

Проблема стабильности/нестабильности занимает одно из центральных мест в науке о наночастицах, наноструктурах и наноматериалах. В [1-3] мы затрагивали проблемы стабильности/нестабильности отдельных (свободных) наночастиц: стабильность по отношению к спонтанному распаду и стабильность структуры. Переход от отдельной наночастицы к наносистеме, включая наночастицу на твердой поверхности, и к наноструктурированному материалу существенно расширяет круг проявлений нестабильности. Например, в наноструктурированных поликристаллах наблюдается эффект укрупнения зерен [4], а в ансамблях наночастиц – эффекты коалесценции и спекания [5, 6]. Эти процессы имеют место и в ансамблях островных пленок на твердых поверхностях [7]. Согласно [7, 8], даже в процессе стандартного термовакуумного напыления сплошной тонкой пленки первоначально на подложке формируются островки, которые затем уже сливаются в сплошную пленку.

Помимо термовакуумного напыления, островные пленки, т.е. изолированные друг от друга островки на твердой поверхности можно получать, используя конденсацию пара и распад сплошной пленки. В частности, островки *Ge* на поверхности *Si* получают в результате распада сплошной пленки *Ge*. И в связи с развитием нанотехнологий большое

значение приобретает проблема стабильности самих островков: их формы (геометрическая стабильность) и структуры. Так, согласно [9] при определенных условиях германиевые пирамиды на грани  $Si(100)$  переходят в куполообразные частицы, т.е. частицы в виде шаровых сегментов, подобные по форме каплям жидкости.

В наших работах [10, 11] геометрическая нестабильность наночастиц на твердых поверхностях была впервые интерпретирована как проявление явления смачивания в твердом состоянии (СТС). Ранее явление СТС было экспериментально обнаружено для твердых микрочастиц  $Cu$  на поверхности поликристалла  $Cu$  [12, 13] и для твердых микрочастиц  $Pb$  на поверхности  $Cu$  [14]. Характерное время СТС составляет для микрочастиц размером 5–10 мкм от одного часа до суток. В [10] нами была выдвинута вполне резонная, на наш взгляд, гипотеза о том, что явление СТС должно быть еще более характерно для наночастиц на твердых поверхностях. И эта гипотеза была подтверждена в молекулярно-динамических (МД) экспериментах [10, 11] для наночастиц  $Cu$  на гранях  $Cu$  (100) и (111), а также наночастиц  $Pb$  на различных гранях  $Cu$  [15]. Размер (диаметр) исходных сферических наночастиц  $Pb$  составлял 10 нм.

Растекание нанокапель  $Pb$  по граням  $Cu$  (100) и (111) уже изучалось ранее в работе [16], а позднее – в работе [17] методом МД. В наших МД экспериментах было установлено, что в случае СТС на грани (111) также формируется выраженный прекурсионный слой (см. рис. 1 а), что согласуется с результатами работы [16], хотя в [16] в качестве объектов исследования выступали капли  $Pb$ . Однако на поздней стадии СТС прекурсионный слой образуется и на грани (100), что не наблюдалось в работе [16]. Вместе с тем, на грани (110) прекурсионный слой не формируется (см. рис. 1 б). Таким образом, ситуация, представленная на рис. 1 а, отвечает псевдочастичному смачиванию, когда равновесный угол смачивания  $\theta_e$  формируется не непосредственно на подложке, а на мономолекулярном слое, представленном теми же атомами, что и растекающаяся частица.

Выбранная для МД экспериментов температура  $T = 573$  К на 27 К ниже макроскопической температуры плавления  $Pb$  (600 К). Температура плавления наночастиц  $T_m$  уменьшается с уменьшением их размера. Согласно рис. 2, при  $N = 16756$  ( $N$  – число атомов в моделируемых наночастицах)  $T_m = 590$  К, что на 10 К ниже табличного значения макроскопической температуры плавления  $T_m^{(\infty)}$  (экстраполяция зависимости, представленной на рис. 2 к  $N \rightarrow \infty$ , дает несколько завышенное значение температуры плавления объемной фазы  $Pb$ ).

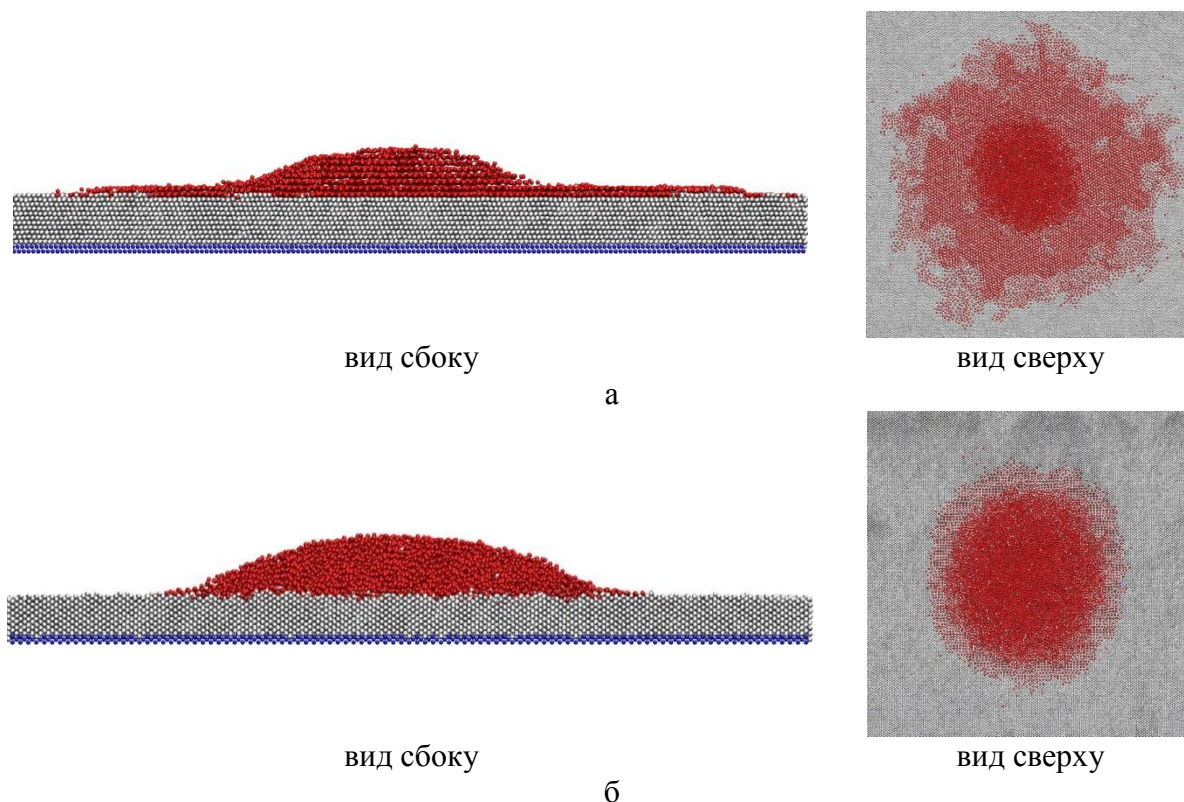


Рис. 1. Конфигурации наночастиц  $Pb$ , содержащих 16756 атомов, спустя 90 нс после начала растекания по граням  $Cu$  (111) (а) и  $Cu$  (110) (б) при  $T = 573$  К.

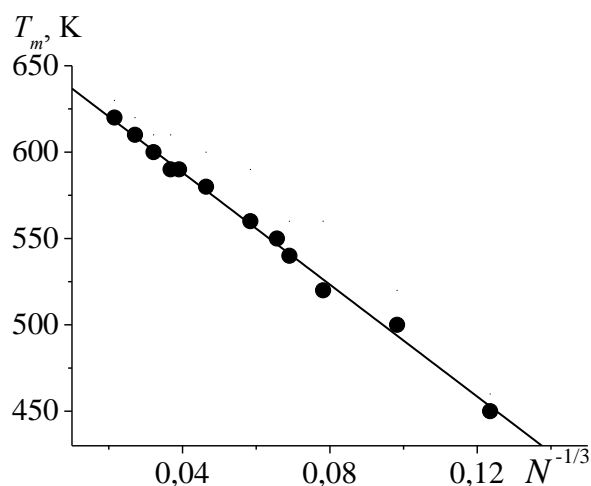


Рис. 2. Размерная зависимость температуры плавления наночастиц  $Pb$ , найденная из результатов МД экспериментов (программа LAMMPS, метод погруженного атома с параметризацией [18]).

В работе [14] экспериментально исследовалось растекание твердых микрочастиц  $Pb$  размером порядка 10 мкм по поверхности  $Cu$  и по поверхности сплава  $Cu-Au$  при  $T = 583$  К. Естественно, что характерное время формирования равновесных микроостровков  $Pb$  (20 часов) на много порядков величины больше характерного времени растекания наночастиц

*Pb* (100 нс). Однако форма наноостровка, показанного на рис. 1а и равновесный угол смачивания  $\theta_e = 26^\circ$  достаточно хорошо согласуются с экспериментом, в том числе со значением  $\theta_e = 34^\circ$  для микрочастиц *Pb* на грани *Cu* (100). Более того, форма наноостровка на рис. 1 а близка к шаровому сегменту со скошенным верхом что напоминает некоторые мезоамериканские пирамиды. И эта форма очень близка к форме экспериментально наблюдавшихся островков *Pb* микронных размеров (pancakes), один из которых показан на рис. 3.



Рис. 3. Микрофотография островка *Pb* размером порядка 10 мкм на грани (100) сплава *Cu – Au*, полученная с использованием сканирующей электронной микроскопии [14].

С одной стороны, десмачивание, включая десмачивание в твердом состоянии (ДТС), – явление противоположное смачиванию. С другой стороны, нами установлено, что СТС и ДТС тесно связаны друг с другом. В частности, как отмечается в [14], островки *Pb* на поверхности *Cu* можно получить, используя ДТС, т.е. спонтанный разрыв пленок *Pb* толщиной в несколько сотен нм на отдельные микронные островки. Согласно [14], даже вблизи  $T_m^{(\infty)}$  такой процесс может занять несколько дней. Более детально теоретические и прикладные аспекты ДТС рассматриваются в обзоре [19]. На рис. 4 представлены экспериментальные снимки, взятые из обзора [19] и демонстрирующие две стадии десмачивания в пленках *Au* толщиной 50 нм на поверхности стекла. Первая из них отвечает началу формирования дыр при более низкой температуре, а вторая – образованию отдельных островковых пленок большей толщины при более высокой температуре. Очевидно, в наших МД экспериментах (см. рис. 4 в) мы впервые наблюдали первую стадию десмачивания в системе, отвечающей монослою *Pb* на поверхности *Cu* (100).

Примечательно, что, как видно из рис. 1 а, СТС с формированием прекурсионного слоя сопровождается десмачиванием в указанном слое, т.е. образованием дыр. Очевидно, этот феномен обуславливается моноатомной структурой пленки и практически полным отсутствием



взаимной растворимости компонентов на временных масштабах, отвечающих МД экспериментам. Следует также отметить, что в наших МД экспериментах образование дыр происходило не за счет увеличения толщины островковых пленок, а за счет уплотнения двумерного слоя *Pb*.

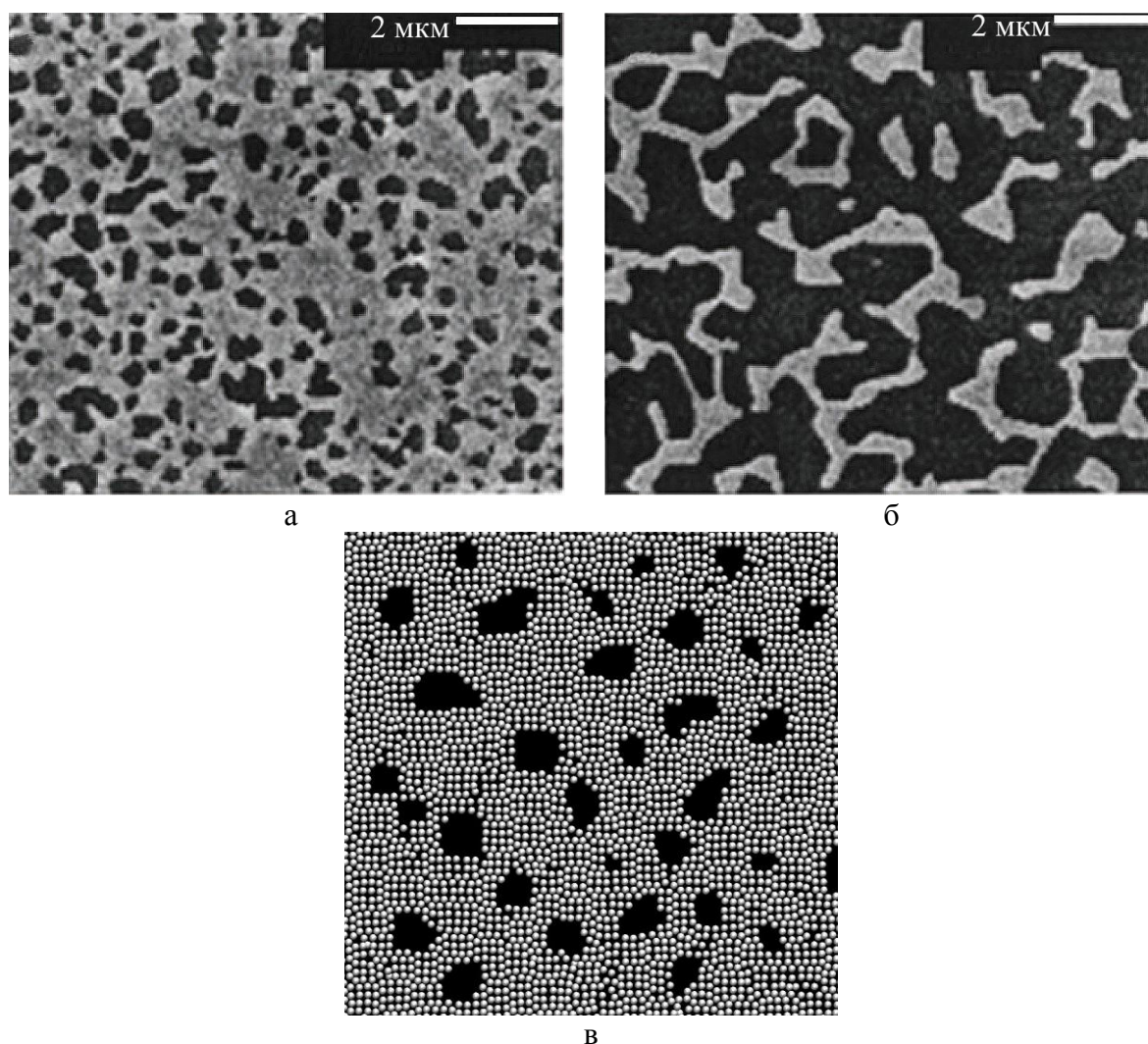


Рис. 4. Паттерны десмачивания: а и б – экспериментальные снимки пленок *Au* с исходной толщиной 50 нм на поверхности стекла после отжига при температурах 723 К и 873 К, соответственно [19], в – результат нашего МД моделирования начальной стадии десмачивания в монослое *Pb* на поверхности *Si* (100) при температуре 300 К. Дыры представлены черным цветом.

Очевидно, что отмеченные выше проявления нестабильности обуславливаются неравновесностью исходных конфигураций наночастиц на твердых поверхностях (островковых пленок) и сплошных пленок наноразмерной толщины, т.е. тенденцией к переходу этих неравновесных объектов в равновесное или стационарное состояние. В большинстве случаев нестабильность островковых и протяженных пленок –

нежелательное с прикладной точки зрения явление, поскольку оно может проявляться в наноразмерных элементах материалов, приборов и устройств. Однако в некоторых случаях нестабильность может целенаправленно использоваться для получения как свободных наночастиц, так и наноструктур на твердых поверхностях.

*Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания в сфере научной деятельности (проект № 0817-2020-0007) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-03-00132.*

### **Библиографический список:**

1. **Samsonov, V.M.** Melting temperature and binding energy of metal nanoparticles: size dependences, interrelation between them, and some correlations with structural stability of nanoclusters / V.M. Samsonov, S.A. Vasilyev, K.K. Nebyvalova, I.V. Talyzin, N.Yu. Sdobnyakov, D.N. Sokolov, M.I. Alymov // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2020. – V. 22. – I. 8. – Art. № 247. – 15 p. DOI: 10.1007/s11051-020-04923-6.
2. **Самсонов, В.М.** Об условиях термодинамической стабильности наночастиц / В.М. Самсонов, Н.Ю. Сдобняков // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. – 2004. – № 2. – С. 73-78.
3. **Samsonov, V.M.** A thermodynamic approach to mechanical stability of nanosized particles / V.M. Samsonov, N.Yu. Sdobnyakov // *Central European Journal of Physics*. – 2003. – V. 1. – I. 2. – P. 344-354. DOI: 10.2478/BF02476301.
4. **Андриевский, Р.А.** Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / Р.А. Андриевский. – М.: Бином. Лаборатория знаний. 2019. – 252 с.
5. **Самсонов, В.М.** О механизмах коалесценции наночастиц и спекания твердых наночастиц / В.М. Самсонов, И.В. Талызин, С.А. Васильев, М.И. Алымов // *Коллоидный журнал*. – 2020. – Т. 82. – № 5. – С. 618-629. DOI: 10.31857/S0023291220050158.
6. **Колосов, А.Ю.** Моделирование процесса коалесценции наночастиц золота методом Монте-Карло / А.Ю. Колосов, Н.Ю. Сдобняков, П.В. Комаров и др. // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2012. – Вып. 4. – С. 129-142.
7. **Гегузин, Я.Е.** Диффузионный перенос массы в островковых пленках / Я.Е. Гегузин, Ю.С. Кагановский // *Успехи физических наук*. – 1978. – Т. 125. – Вып. 7. – С. 489-525. DOI: 0.3367/UFNr.0125.197807d.0489.
8. **Трусов, Л.И.** Островковые металлические пленки / Л.И. Трусов, В.А. Холмянский. – М.: Металлургия, 1973. – 321 с.
9. **Medeiros-Ribeiro, G.** Shape transition of germanium nanocrystals on a silicon (001) surface from pyramids to domes / G. Medeiros-Ribeiro, A.M. Bratkovski, T.I. Kamins, D.A.A. Ohlberg, R.S. Williams // *Science*. – V. 279. – I. 5349. – P. 353-355. DOI: 10.1126/science.279.5349.353.
10. **Самсонов, В.М.** О реологическом поведении наночастиц в силовом поле твердой поверхности: нанотехнологические аспекты / В.М. Самсонов, А.Г. Бембель, Т.Е. Самсонов, И.В. Попов, С.А. Васильев // *Российские нанотехнологии*. – 2016. – Т. 11. – № 9-10. – С. 38-44.



11. **Samsonov, V.M.** Solid-state wetting at the nanoscale: molecular dynamics and surface diffusion approach / V.M. Samsonov, A.G. Bembel, I.V. Popov, S.A. Vasilyev, I.V. Talyzin // *Surface Innovations*. – 2017. – V. 5. – I. 3. – P. 161-169. DOI: 10.1680/jsuin.17.00015.
12. **Kuczynski, G.C.** Self-Diffusion in sintering of metallic particles / G.C. Kuczynski // *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*. – 1949. – V. 185. – I. 2. – P. 169-178. DOI: 10.1007/BF03398090.
13. **Missaen, J.M.** Solid state spreading in the *Cu/Cu* system / J.M. Missaen, R. Voytovych, B. Gilles, N. Eustathopoulos // *Journal of Materials Science*. – 2005. – V. 40. – I. 9-10. – P. 2377-2381. DOI: 10.1007/s10853-005-1962-3.
14. **Rao, G.** A Determination of interfacial energy and interfacial composition in *Cu–Pb* and *Cu–Pb–X* alloys by solid state wetting measurements / G. Rao, D.B. Zhang, P. Wynblatt // *Acta Metallurgica et Materialia*. – 1993. – V. 41. – I. 11. – P. 3331-3340. DOI: 10.1016/0956-7151(93)90062-W.
15. **Чирков, А.В.** Молекулярно-динамический анализ смачивания поверхности меди твердыми наночастицами свинца / А.В. Чирков, В.М. Самсонов // *Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов*. – 2017. – Вып. 9. – С. 510-517. DOI: 10.26456/pcascnn/2017.9.510.
16. **Webb III, E.B.** Precursor film controlled wetting of *Pb* on *Cu* / E.B. Webb III, G.S. Grest, D.R. Heine // *Physical Review Letters*. – 2003. – V. 91. – I. 23. – P. 236102-1-236102-4. DOI: 10.1103/PhysRevLett.91.236102.
17. **Timoshenko, V.** Anisotropy of wetting and spreading in binary *Cu–Pb* metallic system: experimental facts and md modeling / V. Timoshenko, V.E. Bochenkov, V. Traskine, P. Protsenko // *Journal of Materials Engineering and Performance*. – 2012. – V. 21. – I. 5. – P. 575-584. DOI: 10.1007/s11665-012-0184-5.
18. **Hoyt, J.J.** An embedded atom method interatomic potential for the *Cu–Pb* system / J.J. Hoyt, J.W. Garvin, E.B. Webb III, M. Asta // *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*. – 2003. – V. 11. – I. 3. – P. 287-299. DOI: 10.1088/0965-0393/11/3/302.
19. **Thompson, C.V.** Solid-state dewetting of thin films / C.V. Thompson // *Annual Review of Materials Research*. – 2012. – V. 42. – P. 399-434. DOI: 10.1146/annurev-matsci-070511-155048.

### References:

1. **Samsonov, V.M.** Melting temperature and binding energy of metal nanoparticles: size dependences, interrelation between them, and some correlations with structural stability of nanoclusters / V.M. Samsonov, S.A. Vasilyev, K.K. Nebyvalova, I.V. Talyzin, N.Y. Sdobnyakov, D.N. Sokolov, M.I. Alymov // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2020. – V. 22. – I. 8. – Art. № 247. – 15 p. DOI: 10.1007/s11051-020-04923-6.
2. **Samsonov, V.M.** Ob usloviyakh termodinamicheskoi stabil'nosti nanochastits [On conditions of thermodynamical stability of nanoparticles] / V.M. Samsonov, N.Yu. Sdobnyakov // *Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. – 2004. – № 2. – P. 73-78. (In Russian).
3. **Samsonov, V.M.** A thermodynamic approach to mechanical stability of nanosized particles / V.M. Samsonov, N.Yu. Sdobnyakov // *Central European Journal of Physics*. – 2003. – V. 1. – I. 2. – P. 344-354. DOI: 10.2478/BF02476301.
4. **Andrievski, R.A.** Osnovy nanostrukturnogo materialovedeniya. Vozmozhnosti i problemy [Fundamentals of nanostructured materials science. Opportunities and challenges] /

- R.A. Andrievski. – М.: Binom. Laboratoriya znanii. 2019. – 252 p. (In Russian).
5. **Samsonov, V.M.** On the mechanisms of coalescence of nanodroplets and sintering of solid particles / V.M. Samsonov, I.V. Talyzin, S.A. Vasilyev, M.I. Alymov // Colloid Journal. 2020. – V. 82. – I. 5. – P. 573-583. DOI: 10.1134/S1061933X20050154.
  6. **Koloso, A.Yu.** Modelirovanie protsessa koalestsentsii nanochastits zolota metodom Monte-Carlo [Simulation of the coalescence process of gold nanoparticles by Monte-Carlo method] / A.Yu. Kolosov, N.Yu. Sdobnyakov, P.V. Komarov i dr. // Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials. – 2012. – I. 4. – P. 129-142. (In Russian).
  7. **Geguzin, Ya.E.** Diffusive mass transfer in island films / Ya.E. Geguzin, Yu.S. Kaganovskii // Soviet Physics Uspekhi. – 1978. – V. 21. – № 7. – P. 611-629. DOI: 10.1070/PU1978v021n07ABEH005667.
  8. **Trusov, L.I.** Ostrovkovye metallicheskie plenki [Island metal films] / L.I. Trusov, V.A. Kholmyanskii. – М.: Metallurgiya, 1973. – 321 p. (In Russian).
  9. **Medeiros-Ribeiro, G.** Shape transition of germanium nanocrystals on a silicon (001) surface from pyramids to domes / G. Medeiros-Ribeiro, A.M. Bratkovski, T.I. Kamins, D.A.A. Ohlberg, R.S. Williams // Science. – V. 279. – I. 5349. – P. 353-355. DOI: 10.1126/science.279.5349.353.
  10. **Samsonov, V.M.** On the rheological behavior of nanoparticles in the force field of the solid surface: Nanotechnological aspects / V.M. Samsonov, A.G. Bembel, T.E. Samsonov, I.V. Popov, S.A. Vasilyev // Nanotechnologies in Russia. – 2016. – V. 11. – I. 9-10. – P. 553-561. DOI: 10.1134/S1995078016050141.
  11. **Samsonov, V.M.** Solid-state wetting at the nanoscale: molecular dynamics and surface diffusion approach / V.M. Samsonov, A.G. Bembel, I.V. Popov, S.A. Vasilyev, I.V. Talyzin // Surface Innovations. – 2017. – V. 5. – I. 3. – P. 161-169. DOI: 10.1680/jsuin.17.00015.
  12. **Kuczynski, G.C.** Self-Diffusion in sintering of metallic particles / G.C. Kuczynski // The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society. – 1949. – V. 185. – I. 2. – P. 169-178. DOI: 10.1007/BF03398090.
  13. **Missaen, J.M.** Solid state spreading in the *Cu/Cu* system / J.M. Missaen, R. Voytovych, B. Gilles, N. Eustathopoulos // Journal of Materials Science. – 2005. – V. 40. – I. 9-10. – P. 2377-2381. DOI: 10.1007/s10853-005-1962-3.
  14. **Rao, G.** A Determination of interfacial energy and interfacial composition in *Cu–Pb* and *Cu–Pb–X* alloys by solid state wetting measurements / G. Rao, D.B. Zhang, P. Wynblatt // Acta Metallurgica et Materialia. – 1993. – V. 41. – I. 11. – P. 3331-3340. DOI: 10.1016/0956-7151(93)90062-W.
  15. **Chirkov, A.V.** Molekulyarno-dinamicheskii analiz smachivaniya poverkhnosti medi tverdymi nanochastitsami svintsa [Wetting of copper surface by solid nanosized lead particles: molecular dynamics study] / A.V. Chirkov, V.M. Samsonov // Physical and chemical aspects of the study of clusters, nanostructures and nanomaterials. – 2017. – I. 9. – P. 510-517. DOI: 10.26456/pcascnn/2017.9.510. (In Russian).
  16. **Webb III, E.B.** Precursor film controlled wetting of *Pb* on *Cu* / E.B. Webb III, G.S. Grest, D.R. Heine // Physical Review Letters. – 2003. – V. 91. – I. 23. – P. 236102-1-236102-4. DOI: 10.1103/PhysRevLett.91.236102.
  17. **Timoshenko, V.** Anisotropy of wetting and spreading in binary *Cu–Pb* metallic system: experimental facts and md modeling / V. Timoshenko, V.E. Bochenkov, V. Traskine, P. Protsenko // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2012. – V. 21. – I. 5. – P. 575-584. DOI: 10.1007/s11665-012-0184-5.
  18. **Hoyt, J.J.** An embedded atom method interatomic potential for the *Cu–Pb* system /

J.J. Hoyt, J.W. Garvin, E.B. Webb III, M. Asta // Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering. – 2003. – V. 11. – I. 3. – P. 287-299. DOI: 10.1088/0965-0393/11/3/302.

19. **Thompson, C.V.** Solid-state dewetting of thin films / C.V. Thompson // Annual Review of Materials Research. – 2012. – V. 42. – P. 399-434. DOI: 10.1146/annurev-matsci-070511-155048.

*Short communication*

**TO THE PROBLEM OF STABILITY OF NANOSCALE ISLAND FILMS AND EXTENDED FILMS WITH NANOSIZED THICKNESS**

V.M. Samsonov, I.V. Talyzin  
*Tver State University, Tver, Russia*

DOI: 10.26456/pcascnn/2020.12.310

**Abstract:** The geometric instability of nanoscale island films is interpreted as a manifestation of the solid state wetting phenomenon, and instability of continuous extended films with nanosized thickness as a consequence of the solid state dewetting. Using molecular dynamics experiment, regularities and mechanisms are investigated of spreading of *Pb* solid nanoparticles on different *Cu* faces at a temperature 10 K below the melting temperature of nanoparticles of the chosen size (10 nm). The results obtained in molecular dynamics experiments are compared with experimental data for *Pb* microparticles of 5–10  $\mu\text{m}$  in size. It has been also established that in the same «island – substrate» system both solid state wetting and solid state dewetting phenomena can simultaneously take place.

*Keywords: island films, extended films with nanosized thickness, solid state wetting, solid state dewetting, molecular dynamics.*

*Самсонов Владимир Михайлович – д.ф.-м.н., профессор кафедры общей физики ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*Талызин Игорь Владимирович – к.ф.-м.н., научный сотрудник Управления научных исследований ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»*

*Vladimir M. Samsonov – Dr. Sc., Full Professor, General Physics Department, Tver State University*

*Igor V. Talyzin – Ph. D., Researcher of Management of Scientific Research, Tver State University*

Поступила в редакцию/received: 20.10.2020; после рецензирования/reviced: 5.11.2020; принята/accepted 8.11.2020.