

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЯ В НАНО- И МИКРОСТРУКТУРАХ

Кушебина А.К.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30)

Алюминий является одним из самых распространённых металлов в природе. По распространённости в земной коре Земли занимает 1-е место среди металлов и 3-е место среди элементов, уступая только кислороду и кремнию. В данной статье приведены кристаллические решетки алюминия и диоксида алюминия. А также рассмотрены физические свойства металла в микроструктуре. Из-за невозможности привести свойства алюминия в наноструктуре, мы рассматриваем свойства диоксида алюминия. Имеется сравнительная таблица свойств диоксида алюминия в микроструктуре и в наноструктуре. Указаны области применения нанопорошка диоксида алюминия.

**Ключевые слова:** алюминий, микроструктура, наноструктура, анализ свойств.

## ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF ALUMINUM NANO - AND MICROSTRUCTURES

Kusheбина A.K.

National research Tomsk polytechnic university (634050, Tomsk, Lenin Avenue, 30)

Aluminum is one of the most common metals in nature. Prevalence in the crust of the Earth takes the 1st place among the metals and the 3rd place among the elements, behind only oxygen and silicon. This article describes the crystal lattice of aluminum and aluminum dioxide. Also were considered the physical properties of the metal in the microstructure. Because of the inability to bring the properties of the aluminum nanostructure, we consider the properties of aluminum dioxide. In the article there is a table of the properties of aluminum dioxide in the microstructure and the nanostructure. There are the areas of application nanopowder of dioxide aluminum.

**Keywords:** aluminum, microstructure, nanostructure, analysis of the properties

**Алюминий** (Al), химический элемент III группы периодической системы, третьего периода, атомный номер 13, атомная масса 26,98154. В природе один стабильный изотоп  $^{27}\text{Al}$ . Алюминий р-элемент. На внешнем энергетическом уровне атома алюминия содержится 3 электрона. Алюминий проявляет степень окисления +3 [1].

Относится к группе легких металлов. Содержание алюминия в земной коре 8,8% по массе. По распространённости в природе занимает четвертое место среди всех элементов (после O, H и Si) и первое среди металлов; в свободном виде не встречается.

Простое вещество алюминий – легкий, парамагнитный металл серебристо-белого цвета, легко поддающийся формовке, литью, механической обработке. Алюминий обладает высокой тепло- и электропроводностью, стойкостью к коррозии за счет быстрого образования прочных оксидных пленок, защищающих поверхность от дальнейшего взаимодействия [6].

## Кристаллическая решетка алюминия.

Кристаллическая решётка — вспомогательный геометрический образ, вводимый для анализа строения кристалла. Решётка имеет сходство с канвой или сеткой, что даёт основание называть точки решётки узлами.

Каждой кристаллической структуре соответствуют две решётки: прямая кристаллическая решётка и обратная решётка.

Прямая кристаллическая решётка — это решётка в обычном, реальном пространстве. Прямая кристаллическая решётка алюминия - гранецентрированный куб, которая устойчива при температуре от 4 К до точки плавления (рисунок 1). Параметры решётки:  $4,050 \text{ \AA}$  [7].

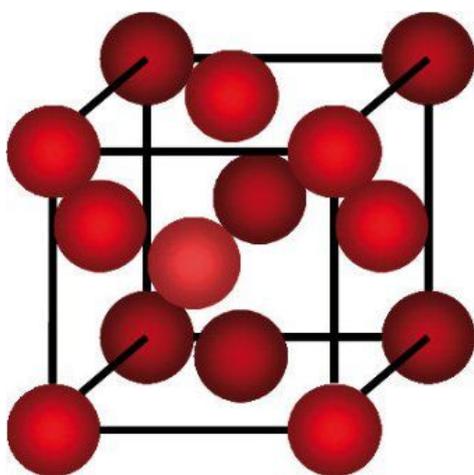


Рисунок 1 – Прямая ГЦК решетка алюминия.

Обратная кристаллическая решётка — решётка в пространстве Фурье. Обратная к гранецентрированной решетке есть кубическая объёмно-центрированная решетка (рисунок 2). Параметры решетки:  $1,95 \text{ \AA}$ .

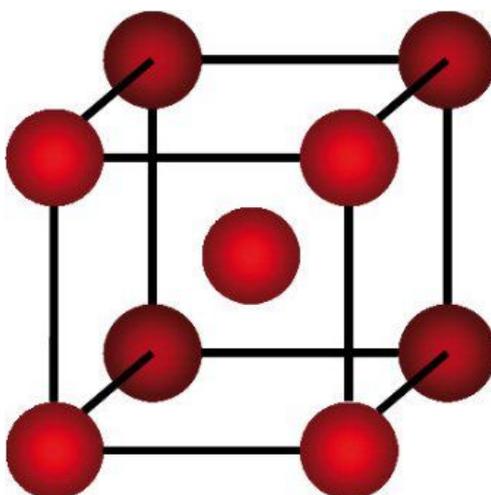


Рисунок 2 – Обратная ОЦК решетка алюминия.

Таблица 1 – Сравнительные свойства алюминия в микро- и диоксида алюминия в микро- и нано- структурах.

	Микроструктура алюминия (Al)	Микроструктура диоксида алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Наноструктура диоксида алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) (нанопрошок)
<b>Плотность алюминия</b>	g=2,7 г/см <sup>3</sup>	g=3,99 г/см <sup>3</sup>	g=1,2 г/см <sup>3</sup> (при размере ~ 70нм)
<b>Температура плавления:</b>	658-660 °С	2044 °С	2000 °С (при размере ~ 54нм)
<b>Цвет</b>	Серебристо-белый	Белый	Белый

В таблице 1 приведены свойства алюминия в микроструктуре и диоксида алюминия в микроструктуре и в наноструктуре (по литературным данным [3,5]). В некоторых случаях заметна существенная разница. Например, плотность диоксида алюминия в наноструктуре меньше плотности в микроструктуре на 2, 79 г/ см<sup>3</sup>. Также мы видим несущественную разницу в температуре плавления.

Для определения вклада в изменение свойств размерных эффектов необходимо рассчитать длину волны де Бройля или длину свободного пробега и сравнить полученное значение с размером наночастиц алюминия.

Формула для расчета:

$$\lambda = \frac{h}{mv}, (1)$$

где  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка,  $m = 9,11 \cdot 10^{-31}$  кг – масса электрона,  $v = 10^6$  м/с – скорость электрона.

В результате расчета получается, что  $\lambda = 0,7$  нм, поскольку данное значение много меньше размера наночастицы, основное влияние на изменение свойств диоксида алюминия в наноструктурах оказывают классические размерные эффекты. Одной из причин размерных

эффектов является большая доля приповерхностных атомов, которая возникает вследствие ненасыщенности атомных связей у поверхности, искажения решетки у поверхности, тонких физических эффектов взаимодействия электронов со свободной поверхностью.

Диоксид алюминия получают в виде нанопорошка (рисунок 3). Нанопорошок – масса из сухих нано частиц с внешними размерами во всех трех измерениях в нанодиапазоне, приблизительно от 1 нм до 100 нм[5].

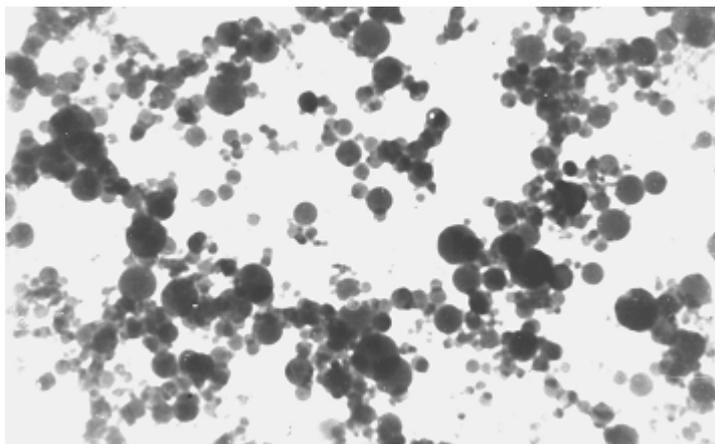


Рисунок 3 – Наночастицы алюминия.

Топология экспериментальной поверхности Ферми(рисунок 4)[9].

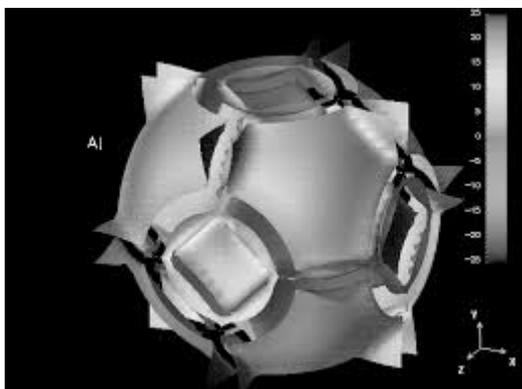


Рисунок 4 – Поверхность Ферми алюминия.

Поверхность Ферми не является реальной поверхностью, это лишь наглядная иллюстрация поведения электронов в металлах. Картины поверхностей Ферми объясняют такие свойства металлов, как блеск, ковкость, электропроводимость и теплопроводность. Собственно, металл можно определить, как твердое тело, обладающее поверхностью Ферми[7].

Области применения нанопорошка алюминия ( $Al_2O_3$ ).

Составляя приблизительно 15% годового объема производства нанопорошков в мире, оксид алюминия, или кремнезем, в основном используется в обрабатывающей промышленности как абразив, для струйной очистки, притирки и полировки, особенно в электронике и оптике. Кроме этого, он используется для очистки воздуха, в качестве катализатора, в конструкционной керамике и для производства конденсаторов.

- обрабатывающая промышленность (абразив, струйная очистка);
- электроника (притирка, полировка, производство конденсаторов);
- оптика (притирка, полировка);
- очистка воздуха (катализатор);
- производство конструкционной керамики.

Список использованной литературы:

- 1) Алюминий - общая характеристика элемента, химические свойства. [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://himege.ru/alyuminij-xarakteristika-elementa/>
- 2) Кристаллическая решетка – алюминий. [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id401866p1.html>
- 3) Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. **Автор:** Д. Брандон, У. Каплан, год издательства: 2004, 384стр.
- 4) Порошок алюминий (нанопорошок) [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://moskva.all.biz/poroshok-alyuminijnanoporoshok-g2047560#.Vk1U9ZeijKU>
- 5) Продажа нанопорошка оксида алюминия [Электр. ресурс]. – Режим доступа: [http://moskva.regorg.ru/goods/t262621prodaem\\_nanoporoshok\\_oksida\\_aljuminiya\\_al2o3.htm](http://moskva.regorg.ru/goods/t262621prodaem_nanoporoshok_oksida_aljuminiya_al2o3.htm)
- 6) Способ получения нанопорошка альфа-оксида алюминия [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/240/2409519.html>
- 7) Ферми поверхности и аномалии электронных характеристик металлов под высоким давлением. Автор: Е.С.Ицкевич. 125 стр.
- 8) Fermi Surfaces Coloured with the Group Speed to Reveal Critical Points for Singularities of the Density of States [Электр. ресурс]. – Режимдоступа: [http://library.wolfram.com/infocenter/Articles/3183/Fermi.nb?file\\_id=2870](http://library.wolfram.com/infocenter/Articles/3183/Fermi.nb?file_id=2870)
- 9) 3DFermiSurfaceSite [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.phys.ufl.edu/~tschoy/r2d2/Fermi/Fermi.html>