

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
НАЦИОНАЛЬНАЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ОТКРЫТОГО ТИПА
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Сборник трудов
IV международной научной конференции
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ,
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**
(Сарсембиновские чтения)
10-12 октября 2016 г.



Алматы 2016

Казахский Национальный Университет им. Аль-Фараби
Физико-технический факультет
Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа (ННЛОТ)
Научно-исследовательский институт экспериментальной и
теоретической физики (НИИЭТФ)

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ
КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ,
НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

(Сарсембиновские чтения)

*Сборник трудов
IV Международной научной конференции*

*10-12 октября 2016 года
Алматы*

*Алматы
2016*

2. При напряжении 30В и силе тока 1А получают медные субмикронные порошки с наночастицами меди.
3. Электронное облучение приводит к уменьшению размеров порошков 3-4 раза и образованию агломератов.

1. Zhang Y.D., Yan J.S., Yu L.G., Zhang P.Y., 2010. Effect of Nano-Cu Lubrication Additive on the Contact Fatigue Behavior of Steel. TribolLett., 37: pp.203–207.
2. Jeongseok Oh, Changkyu Rhee, 2008. Tribological Performance of Cu-Ni Alloy Nanoparticles Synthesized using a Pulsed-Wire Evaporation Method. metals and materials International, 14: pp.425-432.
3. Ю.Д. Гамбург Гальванические покрытия. Справочник по применению. – Москва: Техносфера, 2006. – 216 с.
4. Гарасько Е. В., Тесакова М. В., Чуловская С. А., Парфенюк В. И. Применение наноразмерных медьсодержащих порошков в качестве эффективных биоцидных препаратов. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2008. №10. с. 116 -119.
5. Parthasarathy P., Virkar A. V., 2010. Electrochemical Coarsening of Copper Powder in Aqueous Media. Journal of The Electrochemical Society, 5: pp.768-775

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА

Ж.Т. Накысбеков, Буранбаев М.Ж., Айтжанов М.Б., Габдуллин М.Т.

*Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, пр. аль-Фараби, 71
jhasulan@list.ru*

Аннотация. Исследованы закономерности роста порошков меди и их геометрия от параметров процесса электролиза. Показано, что при стабилизациях электрических параметров можно получить монодисперсные порошки. Определены методы получения субмикронных порошков и наночастиц меди. Методом оптической и электронной микроскопий определены формы и размеры получаемых порошков меди. Показано, что порошки меди сферической формы складываются в дендритную структуру.

Ключевые слова: наночастицы меди, электролиз, субмикронные порошки, электрохимический метод

Введение

Металлические порошки используются в таких отраслях производства, как: порошковая металлургия, при создании антифрикционных [1], фрикционных [2], конструкционных, электротехнических материалов; гальванопластика [3], при изготовлении копий изделий и покрытий драгметаллами; сельское хозяйство, в качестве биоактивных добавок [4]; медицина, как составляющие бактерицидных тканей и мазей. В настоящее время в технике используются в основном порошки с размерами частиц более 10 мкм, при переходе размера порошков из микронной в субмикронную область ($d < 1$ мкм) структурные характеристики и свойства порошков изменяются, так как доля поверхностных атомов становятся соизмеримы с долей атомов в объеме. При переходе в нано область изменение структурных характеристик и свойств порошков наиболее выражена, доля поверхностных атомов соизмеримо или даже больше атомов в объеме, реакционная способность частиц становятся больше. Благодаря таким свойствам синтез субмикронных и нанопорошков являются актуальной задачей современного материаловедения. Из методов синтеза порошков металлов наибольшими перспективами, на наш взгляд, обладают электрохимические методы [5], которые за счет варьирования выбора условий электролиза, в первую очередь, силы тока и напряжения между электродами дают возможность управления скоростью электродных реакций и за счет этого производительностью, химическим составом, размерами и формой получаемых продуктов.

Методика эксперимента

Для синтеза порошков меди методом электролиза использовался электролит медного купороса: H_2O (900ml) + H_2SO_4 (100ml) + Cu_2SO_4 (70g). Анод – медный стержень с диаметром 4 мм погруженная в электролит на 2см (поверхность анода $2,5 \text{ см}^2$), катод – титановая пластина с системой охлаждения покрытая диэлектриком с открытой окошкой в форме квадрата с ребром 1 см (площадь открытой поверхности 1 см^2).

Было установлено, что при электролизе порошки меди растут в виде дендритных структур, которые состоят из частиц меди сферической формы.

На рис.1. показано микрофотография субмикронных порошков меди снятые на цифровом материаловедческом микроскопе Leica DM 6000. На рис.1. показано сравнение порошков меди полученных при одинаковых напряжениях ($U=11.3\text{В}$) но при разной силе тока, методом электролиза.

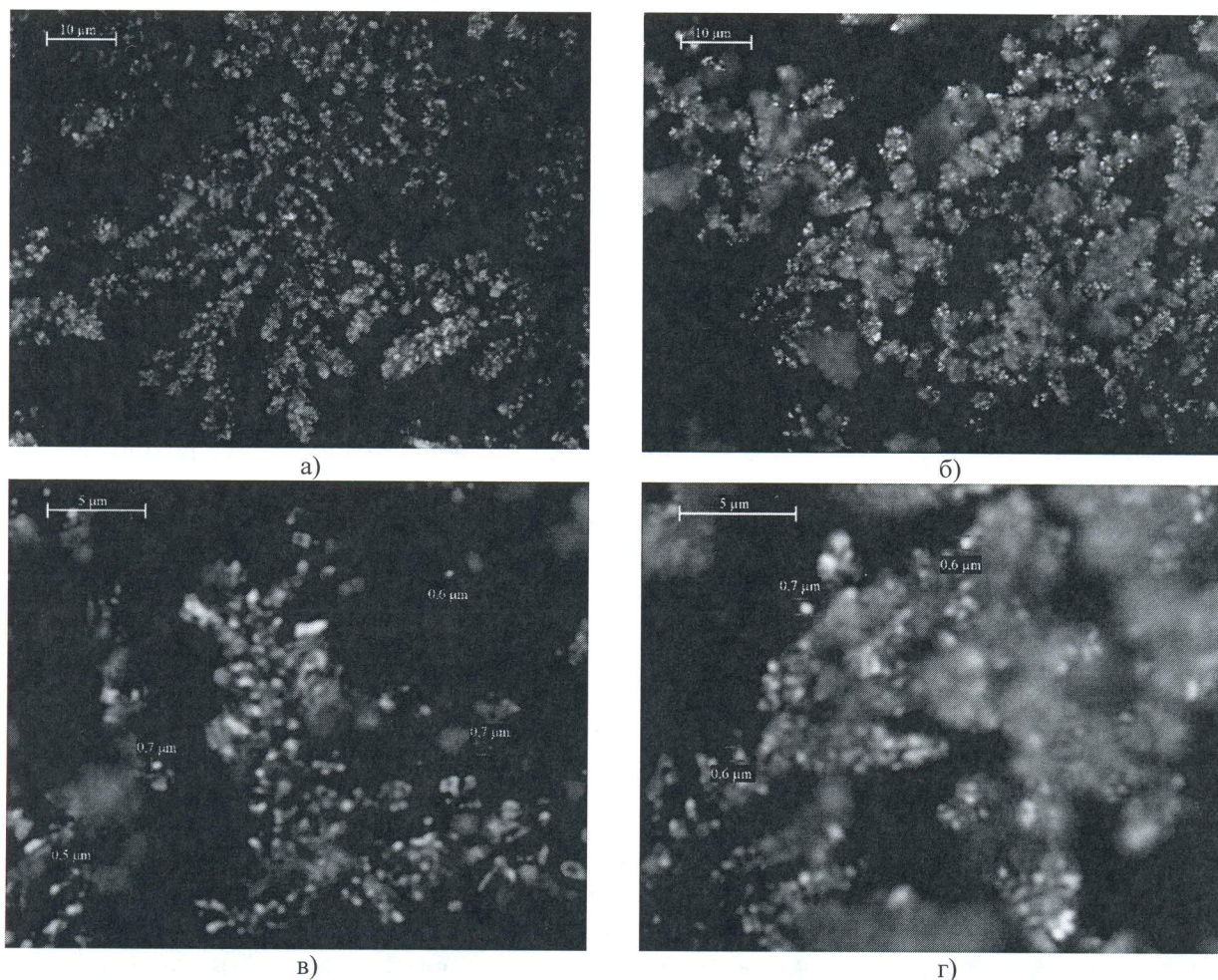


Рисунок 1 - Микрофотография субмикронных порошков меди; а) $I=4 \text{ А}$, увеличение 10 мкм, б) $I=8 \text{ А}$, увеличение 10 мкм, в) $I=4 \text{ А}$, увеличение 5 мкм, с размерами частиц меди, г) $I=8 \text{ А}$, увеличение 5 мкм, с размерами частиц меди

Как видно из рисунка 1, при одинаковых напряжениях (11.3В), но с разными силами тока (а-4А; б-8А) размеры порошков отличаются. При токе 4А размеры порошков 500нм (есть и меньше, порядка 250-300нм), а при 8А размеры частиц меди около 600 нм.

Из вышеизложенного, можно сделать вывод, что сила тока и размеры частиц, полученных при электролизе обратно пропорциональны. Это может быть обусловлено тем, что при электролизе через границу металл-электролит проходят электрические заряды, которые в результате электрохимической реакций ионизируют атомы на поверхности анода и эти атомы под действием кулоновского взаимодействия осаждаются на катоде. Чем больше ток, тем больше зарядов и соответственно больше атомов

ионизируются и осаждаются на катоде. Это приводит к увеличению размеров получаемых частиц.

Экспериментально было определено, что при определенном пороге силы тока, на поверхности катода растут не порошки, а покрытие. Это можно объяснить тем, что при низкой плотности тока ионы металла, которые осаждаются на катоде, не образуют дендритную структуру, вследствие чего ионы металлов упорядочиваются на катоде в виде кристаллической структуры (медной пленки).

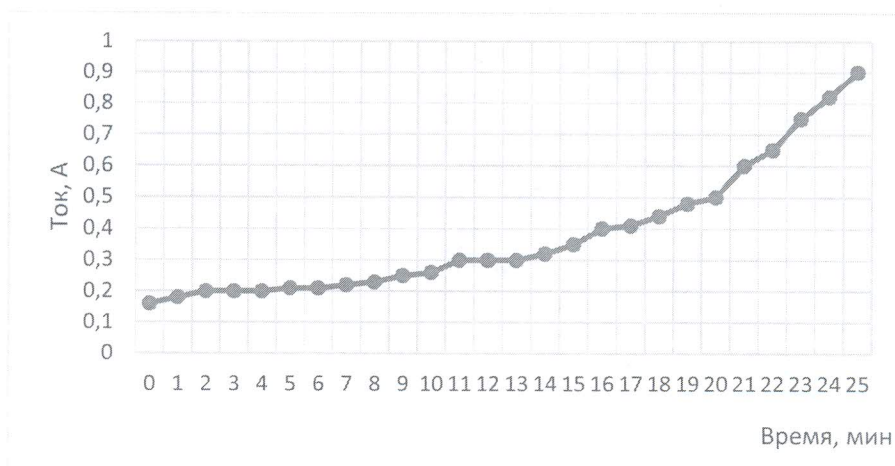


Рисунок 2 - Изменения силы тока по времени при стабильном напряжении $U=8В$, время электролиза 25 минут

В процессе электролиза сила тока со временем растет, это можно объяснить тем, что после начального слоя порошков, поверхность катода меняется, площадь рабочей поверхности растет, так как поверхность катода перестает быть гладкой. Чем больше шероховатость меди на катоде, тем больше рабочая поверхность и больше сила тока. На рис.2 показаны изменения силы тока от времени.

Полученные порошки меди имеют выраженную полидисперсность, вследствие нестабильности параметров процесса, в том числе электрических (рис.2.). Для стабилизации электрических параметров был использован реостат (потенциометр). Полученные порошки меди при стабильных электрических параметрах имеют более однородную по размерам частицы. На рис.3 показано микрофотография субмикронных порошков меди, снятая на многофункциональном растровом электронном микроскопе Quanta 3D 200i.

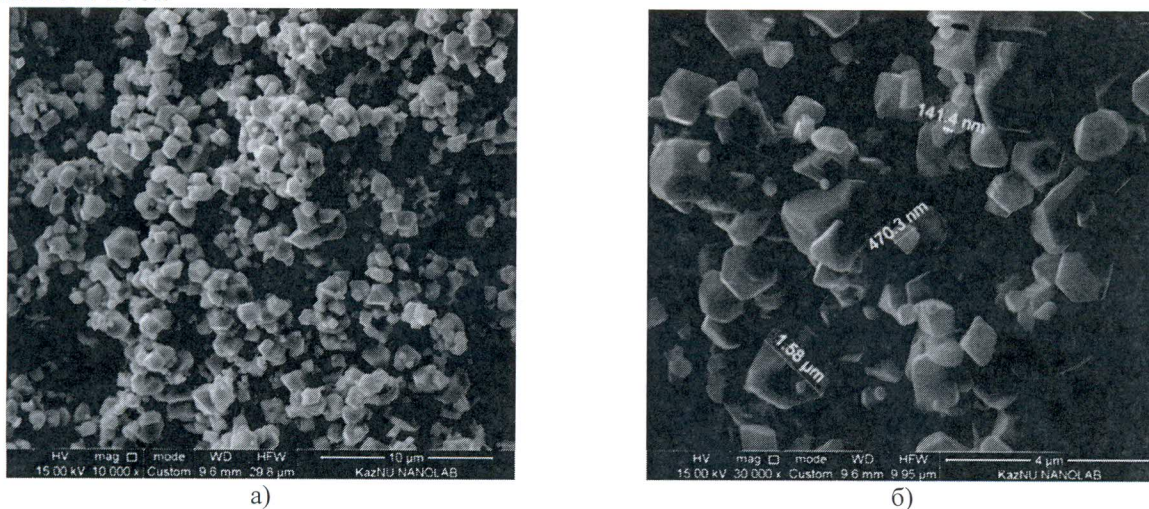


Рисунок 3 - Микрофотографий порошков меди снятые на электронном микроскопе: а) увеличение 10 мкм, б) увеличение 4 мкм, показаны размеры частиц меди

На рис.3 изображены микрофотографий субмикронных порошков меди, полученных методом электролиза, при $U=30V$, $I=1A$. Как видно на рисунке 3 субмикронные порошки меди имеют частицы меди с размерами 100 нм и меньше.

На рис.4 представлены микрофотографий порошков меди, полученных при разных концентрациях электролита, $U=11,3 В$.

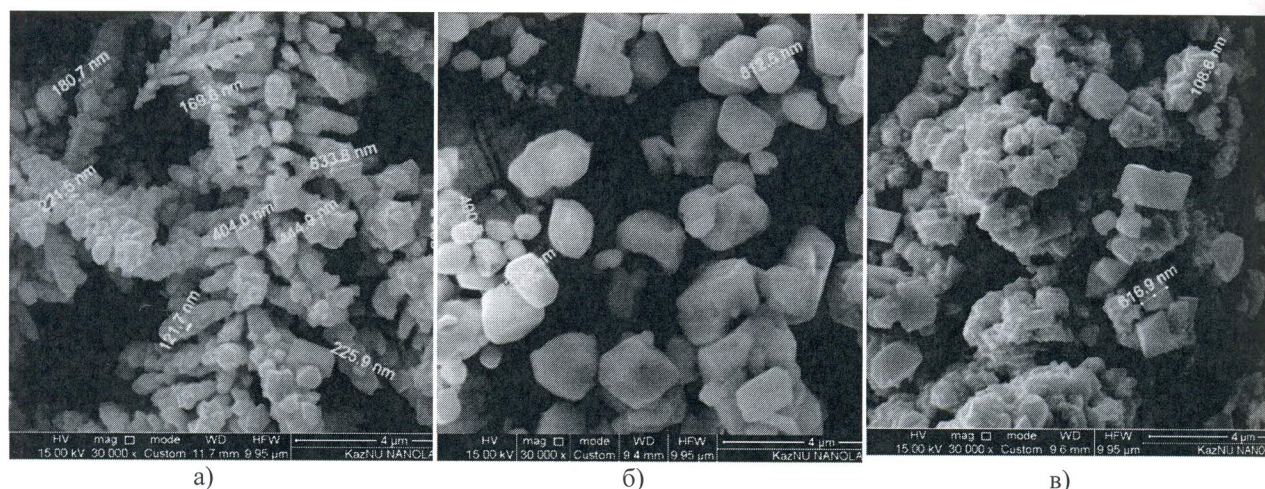


Рисунок 4 - Зависимость полученных порошков от концентраций электролита: а) H_2O (900ml) + H_2SO_4 (100ml) + Cu_2SO_4 (70g); б) H_2O (950ml) + H_2SO_4 (50ml) + Cu_2SO_4 (35g); в) H_2O (975ml) + H_2SO_4 (25ml) + Cu_2SO_4 (17,5g)

Снижение концентраций электролита в два раза (образец б) привело к увеличению размеров частиц меди, при снижении концентраций электролита в четыре раза (образец в) ухудшились геометрические формы получаемых порошков, но были частицы меньше по размеру по сравнению с образцом б. Лучший показатель по размерам и форме порошков у образца а.

Выводы

1. Порошки меди, получаемые методом электролиза, имеют дендритную структуру.
2. Снижение концентраций электролита ведет к увеличению размеров частиц и к ухудшению геометрической формы.
3. При электролизе сила тока растет со временем, стабилизация электрических параметров увеличивает однородность частиц.
4. При напряжениях 30В и силе тока 1А получают медные субмикронные порошки с нано размерными частицами.

1. Zhang Y.D., Yan J.S., Yu L.G., Zhang P.Y., 2010. Effect of Nano-Cu Lubrication Additive on the Contact Fatigue Behavior of Steel. *TribolLett.*, 37: pp.203–207.
2. Jeongseok Oh, Changkyu Rhee, 2008. Tribological Performance of Cu-Ni Alloy Nanoparticles Synthesized using a Pulsed-Wire Evaporation Method. *Metals and materials International*, 14: pp.425-432
3. Ю.Д. Гамбург Гальванические покрытия. Справочник по применению. – Москва: Техносфера, 2006. – 216 с.
4. Гарасько Е. В., Тесакова М. В., Чуловская С. А., Парфенюк В. И. Применение наноразмерных медьсодержащих порошков в качестве эффективных биоцидных препаратов. // *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2008. №10. с. 116 -119.
5. Parthasarathy P., Virkar A. V., 2010. Electrochemical Coarsening of Copper Powder in Aqueous Media. *Journal of The Electrochemical Society*, 5: pp.768-775

Оптические и электрические свойства пленок аморфного углерода,
модифицированных серебром.....154

А.П. Рягузов, Р.Р. Немкаева, Р.К. Алиаскаров, Н.Р. Гусейнов
Влияние условий синтеза на структуру и свойства а-C:H<Sn_x> пленок, приготовленных
ионно-плазменным методом на постоянном токе.....156

*О.Е. Кайполдаев, М.Ж. Буранбаев, А.Д. Мурадов, К. Тауасаров, Г.А. Байгаринова, Е.С.
Мухаметкаримов, Н.Р. Гусейнов*
Технология получения слоистых пленок Ti₃C₂ методом вакуумной фильтрации160

Ш. Жанаділдаева, С.Б. Алдабергена, Г.К. Мусабек, К.К. Диханбаев, Е.Т. Таурбаев
Формирование пленки диоксида титана с помощью химического паросаждения из
раствора TiCl₄.....161

Ж.Т. Накысбеков, М.Ж. Буранбаев, М.Б. Айтжанов, Г.С. Суюндыкова, М.Т. Габдуллин
Особенности формирования электролитических порошков меди и влияние электронного
облучения на их размеры.....167

Ж.Т. Накысбеков, М.Ж. Буранбаев, М.Б. Айтжанов, М.Т. Габдуллин
Синтез наночастиц меди методом электролиза.....171

Ильин А.М., Кудряшов В.В., Тулегенова М.А., Мырзабекова М.М
Изучение механических свойств композита графен-полимер с использованием атомно-
силового микроскопа.....175

Ильин А.М., Кудряшов В.В., Тулегенова М.А., Gary Beall
Исследование влияния электронного облучения на структуру
малослойного графена.....177