

А.Д. Мурадов, Ж.К. Чушбекова, К. Б. Сарсенбаева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ СЕРЕБРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ КОНТАКТОВ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. В работе определены режимы синтеза наноразмерного порошка серебра методом электроэрозионной обработки на установке №12-6. Предложенная технология позволяет получать нано- и субмикронные частицы серебра для получения токопроводящих контактов фотовольтаических элементов. Получены токопроводящие слои толщиной 30-50 мкм с общей пористостью 0,86 и относительной электропроводностью слоев 0,85 от электропроводности массивного серебра.

Ключевые слова: синтез, наноразмерный порошок, серебро, электроэрозионный метод, электропроводящие контакты.

Введение

Одним из перспективных материалов, проявляющим новые свойства в наноразмерном состоянии, является серебро. Нанокристаллическое серебро обладает широким спектром применения: его можно использовать в качестве антибактериальных препаратов, сенсоров различных газов и нуклеиновых кислот, а также для создания токопроводящих контактов в электронике.

В связи с этим возникает интерес получения наночастиц серебра с заданными характеристиками [1] с целью создания из них токопроводящих контактов.

Теоретические расчеты

В данной работе в качестве исходного материала использовался нанопорошок серебра, полученный электроэрозионным методом. Схема установки №12-6, работающая на электроэрозионном методе, представлена на рисунке 1.

На сегодняшний день это наиболее распространенный тип установок получения наночастиц серебра и других благородных металлов. Предложенная установка отличается высокой производительностью, высокой степенью автоматизации, но в тоже время, как и в случае электровзрывного метода, себестоимость получаемых продуктов высока. Альтернативой используемой технологии может быть метод электроискровой эрозии серебряных гранул в жидких средах. Суть метода заключается в том, что на гранулы серебра подаются

импульсы напряжения длительность 15-20 мкс и амплитудой 500В. В результате в объеме гранул возникают множественные искровые разряды в результате чего происходит плавление и испарение материала гранул с последующим формированием в жидкой среде нано- и субмикронных частиц металлов. Соответствующая схема процесса, а также механизм образования наночастиц под воздействием искровых разрядов представлена на рисунке 2.

Метод отличается очень высокой производительностью и низкой себестоимостью, стоимость получаемого продукта чрезвычайно мала, т.е. энергия затрата минимизированы, порошок получается распределением частиц соответствующему оптимальному распределению для процессов спекания. Данный метод сразу позволяет готовить «чернила» в самом эрозионном реакторе, т.е. исключается дополнительная стадия приготовления «чернил».

Для полученных частиц были проведены следующие исследования:

1) Определен фазовый состав полученных частиц методом рентгенофазового анализа с использованием прибора Shimadzu XRD-6000 с $\text{CuK}\alpha$ -излучением. Скорость сканирования 2 град/мин, снимали в интервале углов 2θ 10-100° с шагом сканирования 0,02°.

2) Изучена морфология частиц с использованием просвечивающей электронной микроскопии на ЭМ-125.

Экспериментальная часть

В качестве электроэрозионного реактора использовали керамический стакан объемом 1 л. На дно стакана насыпали серебряные гранулы цилиндрической формы со средними размерами: 10 мм длина и 3 мм диаметр. Общая масса гранул – 200 г. В реактор заливалась дисперсионная среда – дистиллированная вода объемом 1 л. В объеме гранул размещались тоководные электроды, которые располагались оппозитно друг другу на расстоянии 7 см. Тоководные электроды подключались к источнику импульсного питания, который формировал импульсы тока со следующими характеристиками: энергия импульса - 0,5 Дж, амплитуда импульса напряжения – 450-500 В, длительность импульса – 15-20 мкс. Частота следования импульсов – 400 имп./с. Импульс имел прямоугольную форму с крутым восходящим фронтом. Типичная осциллограмма импульса представлена на рисунке 2. Общее энергопотребление установки составила 2 кВт*ч.

При получении порошков была определена зависимость выхода электроэрозионных частиц. Согласно полученным данным масса эродированных частиц прямо пропорциональна количеству пропущенных импульсов тока:

$$m_{Ag} = kn,$$

где n – количество импульсов тока, k – эмпирическая константа. Показывающая количество эродированного серебра за единичный импульс [мг/имп.]. Значение k составило 65 мг/имп.

В результате проведения электроискровой эрозии образовывалась водная суспензия серого цвета, из которой методом седиментации выделялись частицы серебра. Далее полученные порошки сушились в вакуумном сушильном шкафу.

Были получены водные суспензии (содержанием серебра 96-97%) из полученных частиц. Позже из них методом трафаретной печати были нанесены слои на образцы солнечных стеклянных элементов (фотопроводящий слой – диоксид олова) и на образец низкопористой алюмооксидной керамики. Полученные слои были прогреты в муфельной печи при 250-300°C. Для полученных токопроводящих слоев были

исследованы их толщина и морфология с использованием метода сканирующей электронной микроскопии и проведена первичная оценка электропроводящих свойств полученных слоев.

На рисунке 3 представлены электронно-микроскопические снимки полученных частиц серебра.

Как видно из полученных изображений для продуктов электроискровой эрозии серебрянных гранул характерно образование как наноразмерной фракции (рисунок 3(а)), так и микроных частиц (рисунок 3(б)). Соотношение нано- и микроразмерной фракции по массе составило 1/4. Данное соотношение наиболее оптимально с точки зрения получения наиболее оптимальных по плотности и электропроводности слоев серебра.

На рисунке представлены данные электронной микроскопии. Приведенным изображениям отмечается образование мостиков между частицами на участке температур 150-250°C и постепенным их утолщением при 300-500°C.

Измерение электропроводности полученных слоев показало, что их удельная электропроводность составила (с учетом толщины слоя) 52,9 - 53,5 Ом⁻¹·см⁻¹.

Выводы

1. Предложены токовые режимы получения нано- и субмикронных частиц серебра для технологии электроэрозионного метода с целью создания токопроводящих контактов фотовольтаических элементов, причем соотношение нано- и микроразмерной фракций по массе составило 1/4.

2. На основании полученных частиц получены токопроводящие слои толщиной 30-50 мкм с общей пористостью 0,86 и относительной электропроводностью слоев 0,85 от электропроводности массивного серебра.

Список литературы

1 Braimov M. Electrical Contacts: Fundamentals, Applications and Technology / M. Braimov, V.V. Konchits, N.K. Myshkin // CRC Press, New York. -2006. -639 p.

2 C.H. Loa, T.T. Tsung, H.M. Lin.
Preparation of silver nanofluid by the
submerged arc nanoparticle synthesis system

(SANSS)// Journal of Alloys and Compounds
2007. V. 434–435, №2. P. 659–662

Принято в печать 25.02.2015

Приложение 1

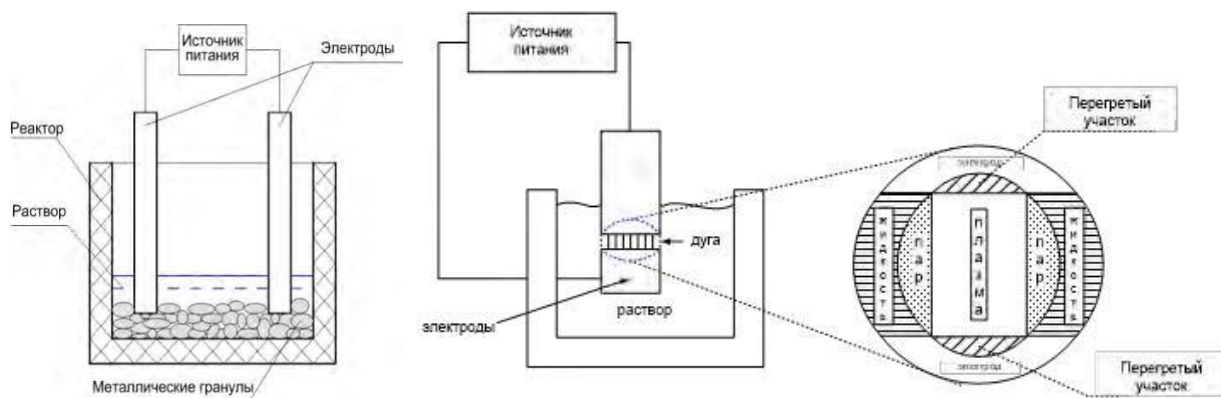


Рис. 1. Схема электроэрозионной установки и механизм воздействия искровых разрядов на поверхность металлических гранул и дисперсионную среду [2]

Приложение 2

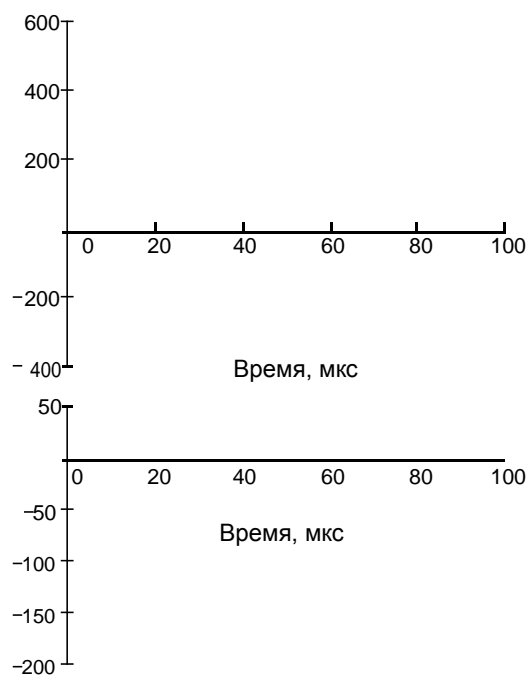


Рис. 2. Осциллограмма импульсов тока и напряжения

Приложение 3

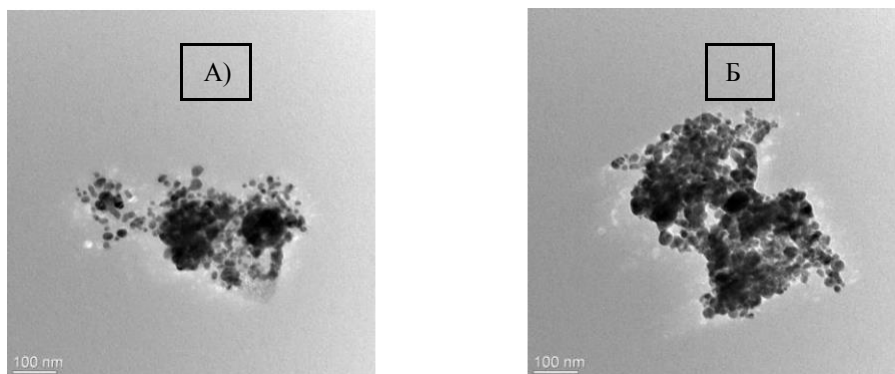


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение частиц серебра полученные в режиме просвечивающей электронной микроскопии: а)– наноразмерные частицы, б)-микроразмерные частицы

Приложение 4

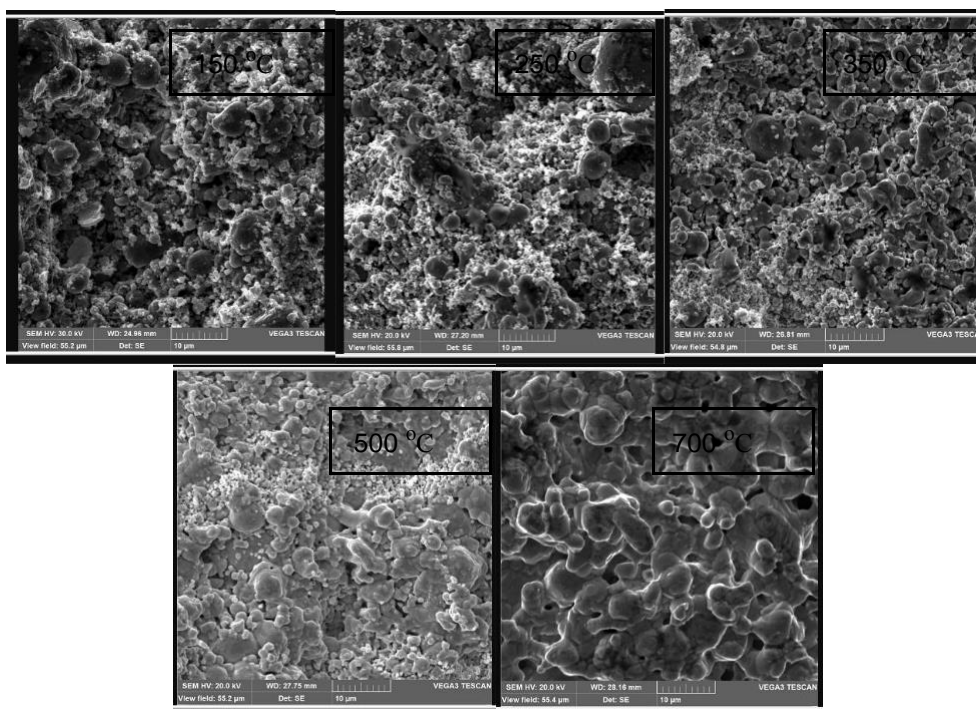


Рис. 4. Электронно-микроскопические изображения частиц серебра спеченных при разных температурах

Приложение 5

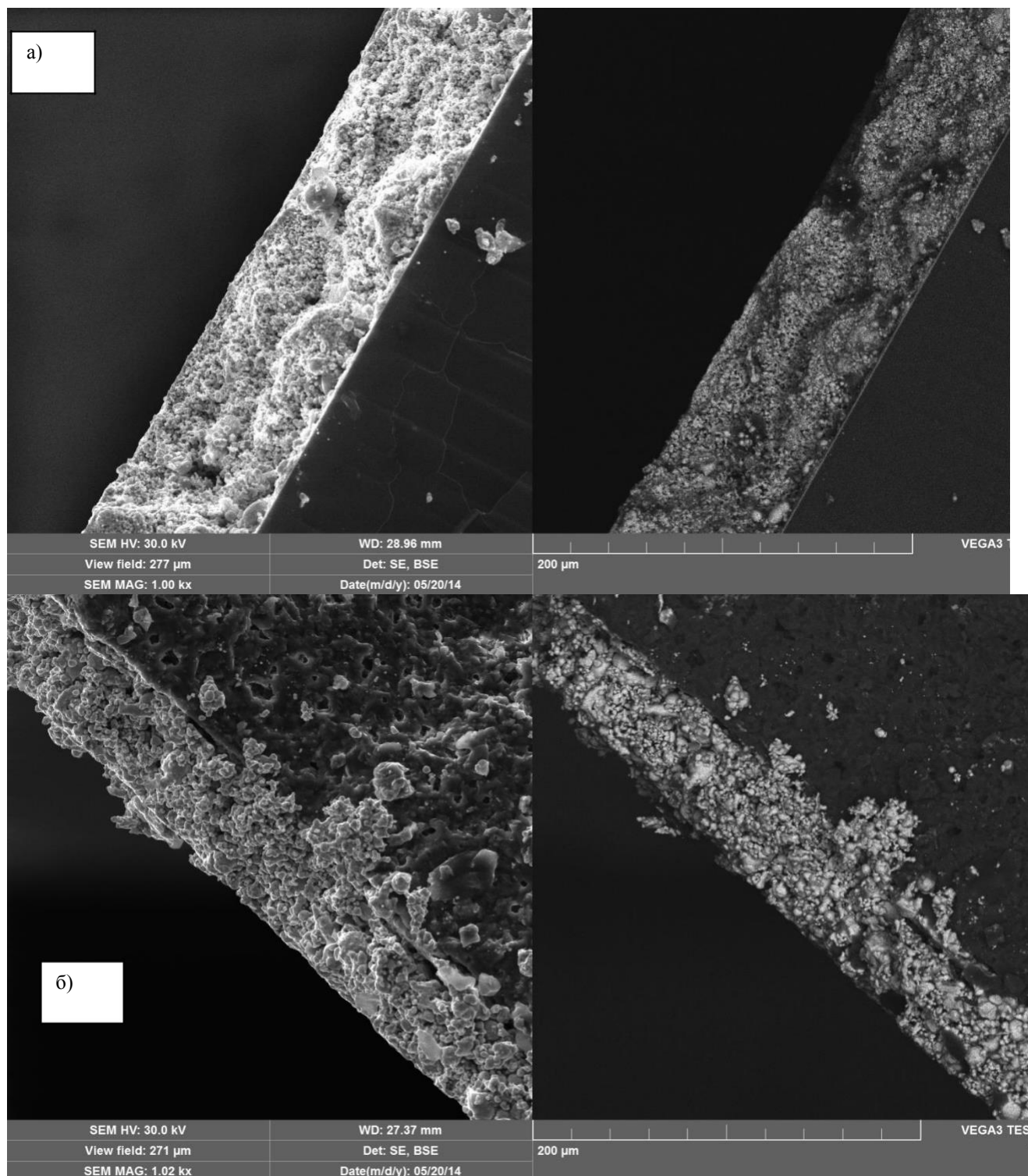


Рис. 5. Электронно-микроскопические изображения слоев спеченных на поверхности:
а) фотовольтаического элемента, б) низкопористой керамики

А.Д. Мурадов, Ж.К. Чушбекова, К. Б. Сарсенбаева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРОШКОВ СЕРЕБРА ДЛ ПОЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ КОНТАКТОВ ФОТОВОЛЬТАИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. В работе определены режимы синтеза наноразмерного порошка серебра методом электроэрозионной обработки на установке №12-6. Предложенная технология позволяет получать нано- и субмикронные частицы серебра для получения токопроводящих контактов фотовольтаических элементов. Получены токопроводящие слои толщиной 30-50 мкм с общей пористостью 0,86 и относительной электропроводностью слоев 0,85 от электропроводности массивного серебра.

Ключевые слова: синтез, наноразмерный порошок, серебро, электроэрозионный метод, электропроводящие контакты.

А.Д. Мурадов, Ж.К. Чушбекова, К. Б. Сарсенбаева

ФОТОВОЛЬТАИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕН ЭЛЕКТРӘТКІЗГІШТІК КОНТАКТ АЛУ ҮШІН НАНОӘЛШЕМДІ КҮМІС ҰНТАҒЫНЫҢ СИНТЕЗІ

Аннотация. Бұл жұмыста №12-6 құрылғымен электроэрозиондық әдіспен алынған наноәлшемді күміс ұнтағы синтезінің режимдері белгіленді. Ұсынылған технология фотовольтаикалық элементтен электрәткізгіштік контакт алу үшін күмістің нано- және субмикронды бөлшектерін алуға мүмкіндік береді. Қалыңдығы 30-50 мкм, кеуектілігі 0,86 болатын және күмістің массивті электрәткізгіштігіне қабаттың салыстырмалы электрәткізгіштігі 0,85 болатын электрәткізгіштік қабат алынды.

Тңйін сәздер: синтез, наноәлшемді ұнтағы, күміс, электроэрозиондық әдіс, электрәткізгіштік контактар.

A.D. Muradov, Zh.K. Chushbekova, K. B. Sarsenbayeva

Al Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

SYNTHESIS OF NANOSIZE POWDERS OF SILVER FOR THE RECEIPT OF ELECTRO-CONDUCTING CONTACTS OF PHOTOVOLTAIC ELEMENTS

Abstract: It was determined the modes of synthesis of nano-sized silver powder by electrical discharge machining to install №12-6. The offered technology allows to receive nano- and submicronic particles of silver for receiving conducting contacts the fotovoltaiicheskikh of elements. Conducting layers 30-50 microns thick with the general porosity 0,86 and relative conductivity of layers 0,85 are received from conductivity of massive silver.

Keywords: syntheses, nano-sized, silver, powder, electrical discharge machining method, electro-conducting contacts.