

СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ ИНДИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНОЙ ПЛАЗМЫ

Импульстук плазмада, комнаталык температурада, чөйрө катары гександы колдонуу менен индийди диспергирлөө аткарылды. Изилдөөнүн жыйынтыгы 2,7 нм ден 70 нм ге чейинки размердеги металлдык индийдин сфералык нанобөлүкчөлөрү пайда болгонун көрсөттү.

Диспергирование индия в импульсной плазме проводили при комнатной температуре с использованием в качестве среды гексана. Результаты исследования показали образование сферических наночастиц металлического индия с размерами от 2,7 нм до 66,6 нм.

Dispersing India pulsed plasma was performed at room temperature using of hexane as the medium. The results showed the formation of spherical nanoparticles of indium with sizes ranging from 2.7 nm to 66.6 nm.

Одной из актуальных проблем электронной индустрии является дефицит металла индия, используемого при создании сенсорных экранов для цифровых устройств (например, iPhone). При современном потреблении оставшегося количества индия хватит менее чем на 50 лет, поэтому оптимальным решением проблемы является использование достижений нанотехнологий [1].

К настоящему времени разработано большое количество методов и способов получения наночастиц индия [2-4], что обусловлено их уникальными физическими и химическими свойствами.

Авторы [5] предлагают способ получения наночастиц индия из массивного образца методом ультразвукового облучения. Один грамм гранул индия засыпали в колбу с 50 мл парафинового масла и нагревали смесь до плавления гранул, затем система подвергалась воздействию ультразвука высокой интенсивности облучения при атмосферном воздухе в течение 30 минут. К концу реакции температура смеси достигала 473 °К, и наблюдалось отсутствие темно-коричневого осадка. После охлаждения образца до комнатной температуры, осадок отделяли центрифугированием при скорости вращения 12000 оборотов в минуту, промывали хлороформом и сушили на воздухе.

По данным рентгенофазового анализа авторами (*Phillips X'Pert PRO*) (рис.1) получены частицы металлического индия с кристаллической решеткой в тетрагональной сингонии (обозначена звездочкой) с параметрами: $a = 3,251 \text{ \AA}$ и $c = 4,945 \text{ \AA}$, что совпадает с таковыми для массивного образца, состоящего в той же сингонии. Обнаружены также несколько линии оксида индия (обозначены квадратиками) [5].

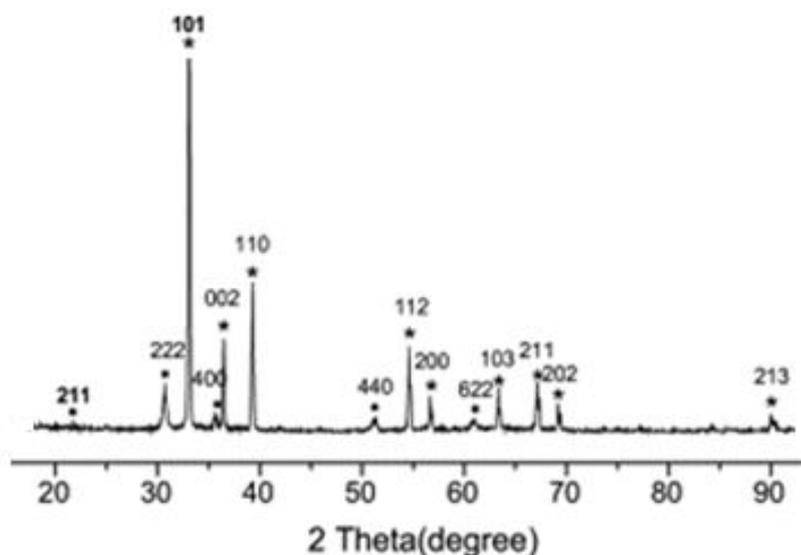


Рис.1. Дифрактограмма наночастиц индия, полученных методом ультразвукового облучения [5].

Данные, полученные при помощи просвечивающего электронного микроскопа марки JEOL JEM-100CX (ПЭМ), показывают (рис.2) образование сферических наночастиц индия с диаметрами - 50-70 нм (а), 300-500 нм (б).

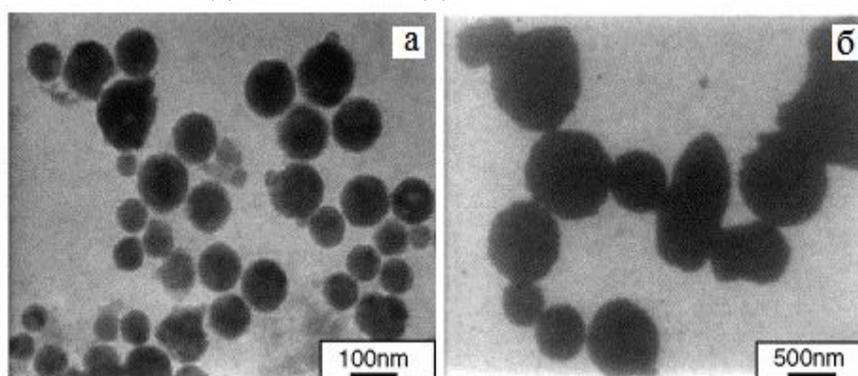


Рис.2. ПЭМ изображение наночастиц индия, полученных ультразвуковым облучением различной мощности (а) 1200 Вт / см², (б) 800 Вт / см² [5].

Широкий разброс по размерам наночастиц индия объясняется изменением мощности ультразвука: чем она ниже, тем крупнее частицы.

Нами предлагается доступный и эффективный способ получения наночастиц индия наноструктурированием металлического индия с использованием энергии импульсной плазмы, создаваемой в жидкостях [6].

Диспергирование индия в импульсной плазме проводили при комнатной температуре с использованием в качестве среды гексан. В результате воздействия импульсной плазмы на индий получен черный осадок, который был впоследствии отфильтрован и высушен на воздухе.

Результаты рентгенофазового анализа (Rigaku RINT-2500 с CuK α -излучением $\lambda=1,54187\text{\AA}$) продукта диспергирования индия в гексане (рис.3), обнаружить линии металлического индия с тетрагональной структурой (пространственная группа 14/mmm (139)) и параметрами кристаллической решетки: $a = 3,258\text{\AA}$, $c = 4,953\text{\AA}$, совпадающими с данными картотеки JCPDF, файл № 85-1409.

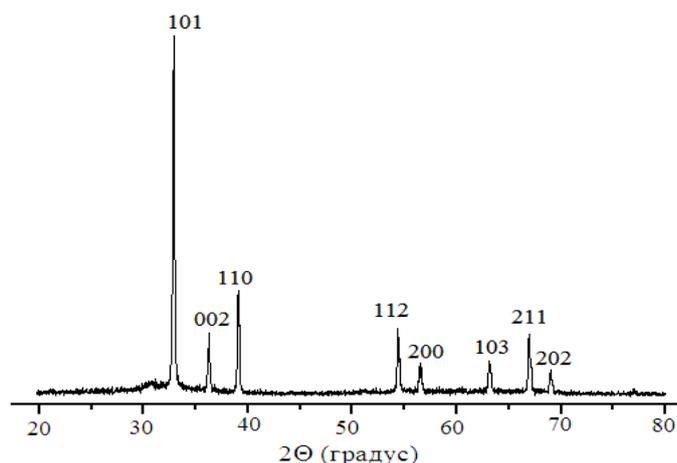


Рис.3. Дифрактограмма продукта диспергирования индия в импульсной плазме в гексане.

Электронно-микроскопический снимок (рис.4), выполненный на просвечивающем электронном микроскопе (JEOL-200FX), показал образование конгломератов сферических наночастиц металлического индия с размерами от 1,5 нм до 70 нм.

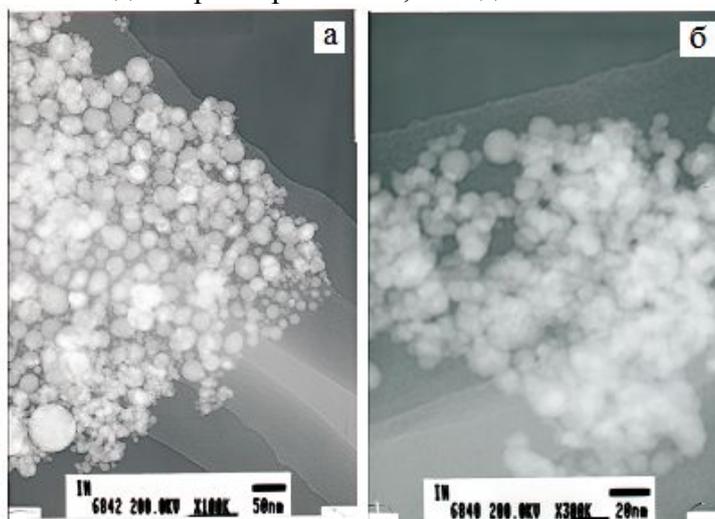


Рис.4. ТЕМ снимок наночастиц индия, полученных в импульсной плазме в гексане.

На основании проделанных исследований установлено, что при диспергировании индия с использованием импульсной плазмы, создаваемой в гексане, получены конгломераты сферических наночастиц металлического индия тетрагональной модификации с размерами от 1,5 нм до 70 нм.

В отличие от синтеза наночастиц индия методом ультразвуковым способом [5], при котором получают и оксиды индия, а диаметр наночастиц превышает 100 нм, при использовании импульсной плазмы получены более мелкие наночастицы чистого металлического индия.

Предлагаемый нами метод получения наночастиц одностадийн, прост в аппаратном оформлении, при этом нет потерь подводимой к электродам энергии во внешнюю среду, благодаря быстротечности единичного импульса.

Список литературы

1. Золото и нанотехнологии в эпоху инноваций. Перевод с англ. С.С. Верхозина // Золотодобыча – 2010. - №143. – С. 10.
2. Набережной А.А., Совестнов А.Е., Фокин А.В. Особенности кристаллической структуры индия и свинца в условиях ограниченной геометрии // Журнал технической физики – 2011. – Т. 81. – № 5. – С. 49 – 54.

3. Lim T.H., Ingham B., Kamarudin K.H. et al. Solution Synthesis of Monodisperse Indium Nanoparticles and Highly Faceted Indium Polyhedra // *Crystal Growth & Design* – 2010. – V. 10. - № 9. – P. 3854 – 3858.
4. Redondas C., Nodor F., Chopa A. et al. Mild chemical synthesis of indium (0) Nanoparticles. Characterization and application in allylations of carbonyl compounds //16th International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-16) · 1 to 30 November 2012 · <http://www.mdpi.org/ecsoc/>
5. Li Z., Tao X., Cheng Y., Wu Z. et al. A simple and rapid method for preparing indium nanoparticles from bulk indium via ultrasound irradiation // *Materials Science and Engineering: A* - 2005. - V.407. -P.7-10.
6. Сулайманкулова С.К., Асанов У.А. Энергонасыщенные среды в плазме искрового разряда. – Бишкек: Кыргызпатент, 2002. – 264 с.