

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

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

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 5

ТВЕРЬ 2013

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

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной физики
Тверского государственного технического университета

А.Н. Болотов

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики пьезо-
и сегнетоэлектриков Тверского государственного университета

Н.Н. Большакова

Редакционная коллегия:

Самсонов Владимир Михайлович – заведующий кафедрой теоретической физики
ТвГУ, профессор, д.ф.-м.н. (ответственный редактор);

Созаев Виктор Адыгеевич – заведующий кафедрой физики факультета электронной
техники Северо-Кавказского горно-металлургического института, профессор, д.ф.-м.н.;

Гафнер Юрий Яковлевич – заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики
Хакасского государственного университета, профессор, д.ф.-м.н.;

Сдобняков Николай Юрьевич – доцент, к.ф.-м.н. (зам. ответственного редактора,
ответственный секретарь);

Базулев Анатолий Николаевич – доцент, к.ф.-м.н.;

Комаров Павел Вячеславович – доцент, к.ф.-м.н.;

Скопич Виктор Леонидович – доцент, к.ф.-м.н.;

Соколов Денис Николаевич – технический редактор.

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и
наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией
В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2013. – Вып. 5. –
440 с.

ISBN 978-5-7609-0877-3

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011

Сборник составлен из оригинальных статей 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. Сборник
предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей
вузов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре теоретической
физики Тверского государственного университета.

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

ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-0877-3

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2013

© Тверской государственной
университет, 2013

УДК 546.74 : 541.13 : 539.2

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

А.В. Шмигель, П.А. Тихонов, М.Ю. Арсентьев, А.Е. Лапшин
*Институт химии силикатов им. И. В. Гребенщикова РАН,
199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2,
shmigelav@mail.ru*

Аннотация: В сообщении предоставлены результаты получения наночастиц гидроксида никеля электрохимическим методом, в дистиллированной воде и растворе гидроксида калия, используя электроды никеля. Новизна работы заключается в систематическом исследовании процесса получения наночастиц гидроксида никеля электрохимическим методом. Размер частиц определяли методами динамического рассеяния света и рентгенодифракционного анализа.

Ключевые слова: наноструктурированные материалы, наночастицы гидроксида никеля, электрохимия.

В данной работе был исследован процесс получения наноструктурного материала на основе никеля. Никельсодержащие или никелевые наноструктурные материалы имеют большие перспективы применения в различных отраслях промышленности, например, в каталитической промышленности или в машиностроении [1, 2]. Наночастицы никеля и гидроксида никеля широко применяются в промышленности в качестве катализатора сгорания [3, 4], а также используют в качестве добавок в керамику, в магнитные жидкости, в проводящие покрытия, для создания проводящих паст [5].

Для получения наночастиц гидроксида никеля электрохимическим методом в качестве электродов использовали пластины металлического никеля (10×40×1 мм) на расстоянии 10 мм друг от друга и пеноникеля (10×60×1 мм).

Проведена серия опытов по анодному окислению металлического никеля в режиме 10–20 В (10–20 В/см) в дистиллированной воде, ток составляет 0,5–0,7 мА, также изменяли время проведения эксперимента 30–360 мин. В качестве электролита также использовался раствор гидроксида калия с концентрацией 0,5–0,05 моль/л.

Золь, полученный при использовании электродов из металлического никеля и дистиллированной воды в качестве электролита, исследовали методом динамического рассеяния света с помощью лазерного анализатора «Nanotrac». Средний размер частиц, спустя 2 недели составил 121 нм (см. рис. 1).

Золь с наночастицами центрифугировали, при 10000 оборотах в минуту, в течение 10 мин, в сигма 2-15 ультра - центрифуге для более

быстрого осаждения частиц, отобранные частицы прокалили в печи при $t = 250^\circ\text{C}$. Полученный порошок исследовали с помощью рентгенодифракционного анализа (см. рис. 2). Рентгенофазовые исследования полученных частиц, выполнены на порошковом рентгеновском дифрактометре D8-Advance «Bruker» ($\text{CuK}\alpha$ -излучение, рабочее напряжение 40 кВ при токе 40 мА). Использовалась международная база данных ICDD-2006.

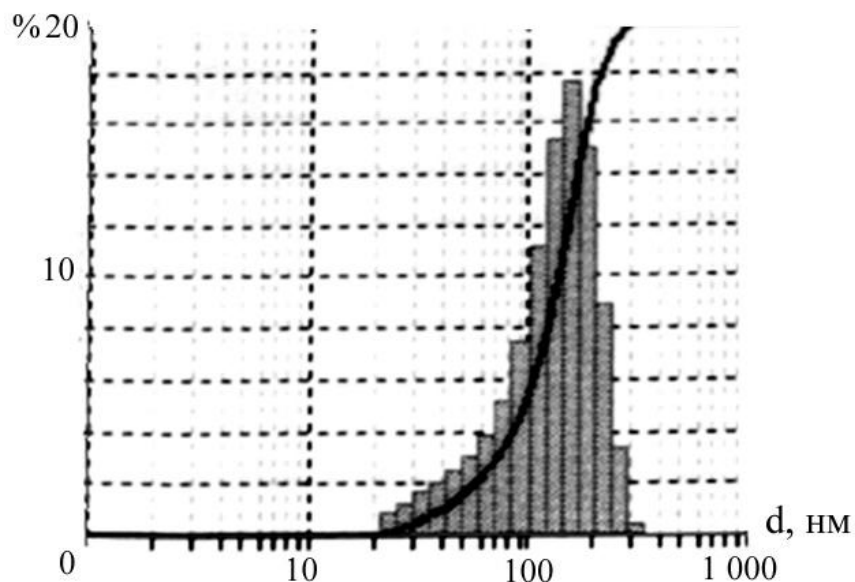


Рис. 1. ДРС. Распределение по размерам наночастиц гидроксида никеля.

Интенсивность, отн.ед.

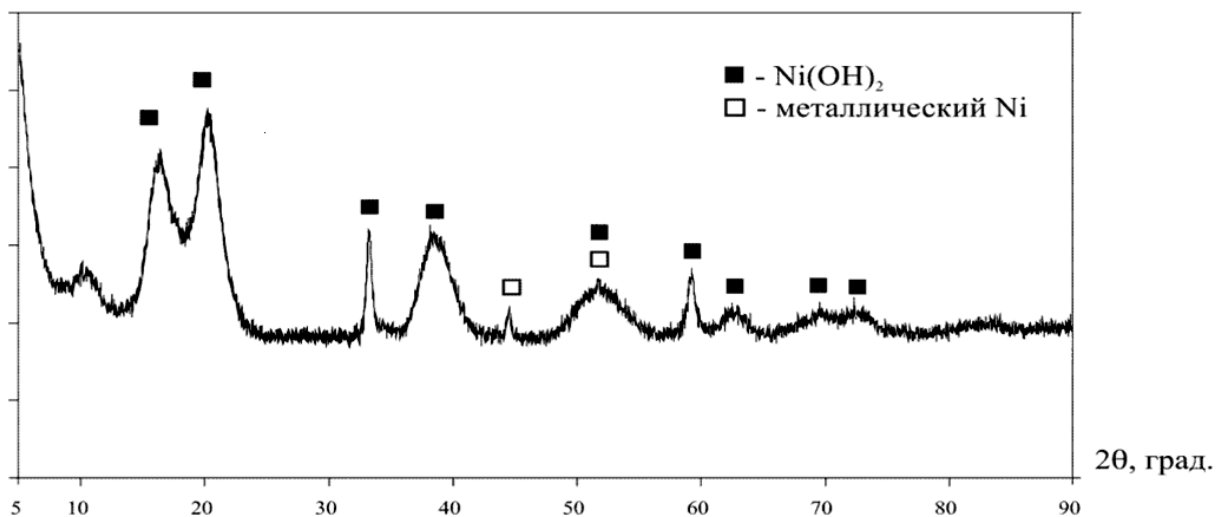


Рис. 2. Рентгенограмма порошка $\text{Ni}(\text{OH})_2$, полученного методом анодного окисления металлического никеля, с последующей термообработкой при 250°C .

Средний размер кристаллитов гидроксида никеля, определенный методом Шеррера, по данным рентгенографии с учетом инструментального уширения составил 49 нм.

В качестве электродов никеля использовались не только пластины металла, но и пеноникель.

Провели процесс получения частиц гидроксида никеля в растворе гидроксида калия $c = 0,05$ моль/л при $U = 15$ В, $V = 300$ мл, время 30 мин.

Пластины с образовавшимися частицами исследовали с помощью электронно-зондового рентгеноспектрального анализа (см. рис. 3-4).

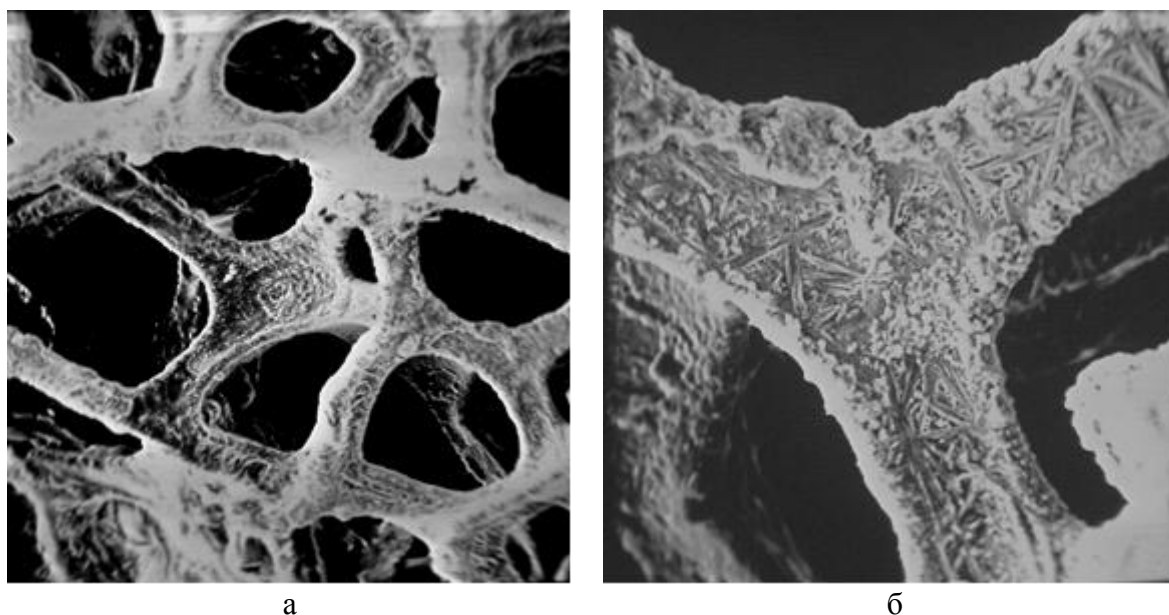


Рис. 3. Пеноникель. Частицы гидроксида никеля в электронных лучах, увеличение: а) 400, б) 1000.

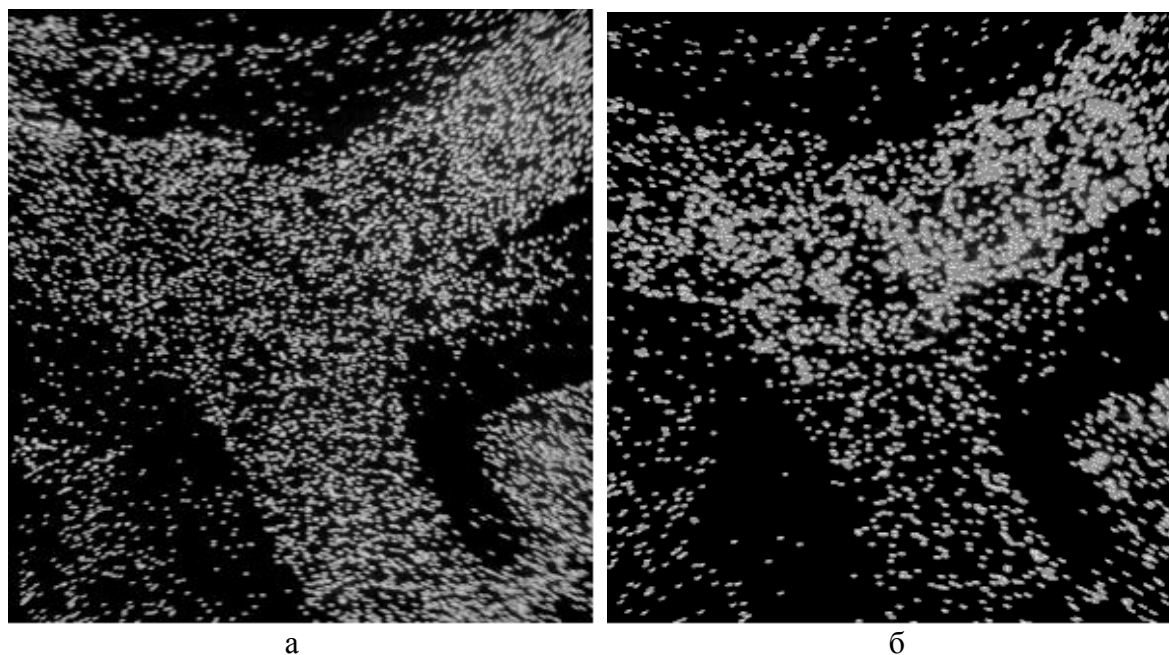


Рис. 4. Микрофотография, увеличение 1000: а) пеноникель в рентгеновских лучах Ni . б) пеноникель. в рентгеновских лучах OK_{α} .

На рис. 4 б мы видим типичный участок пеноникеля. На всей поверхности равномерно образовался микропористый слой. В результате проведенного рентгеноспектрального исследования полученного слоя, мы можем говорить об образовании оксидной или гидроксидной формы никеля на поверхности пеноникеля.

Методом центрифугирования частицы отделили от раствора и исследовали с помощью рентгенодифракционного анализа (см. рис. 5).

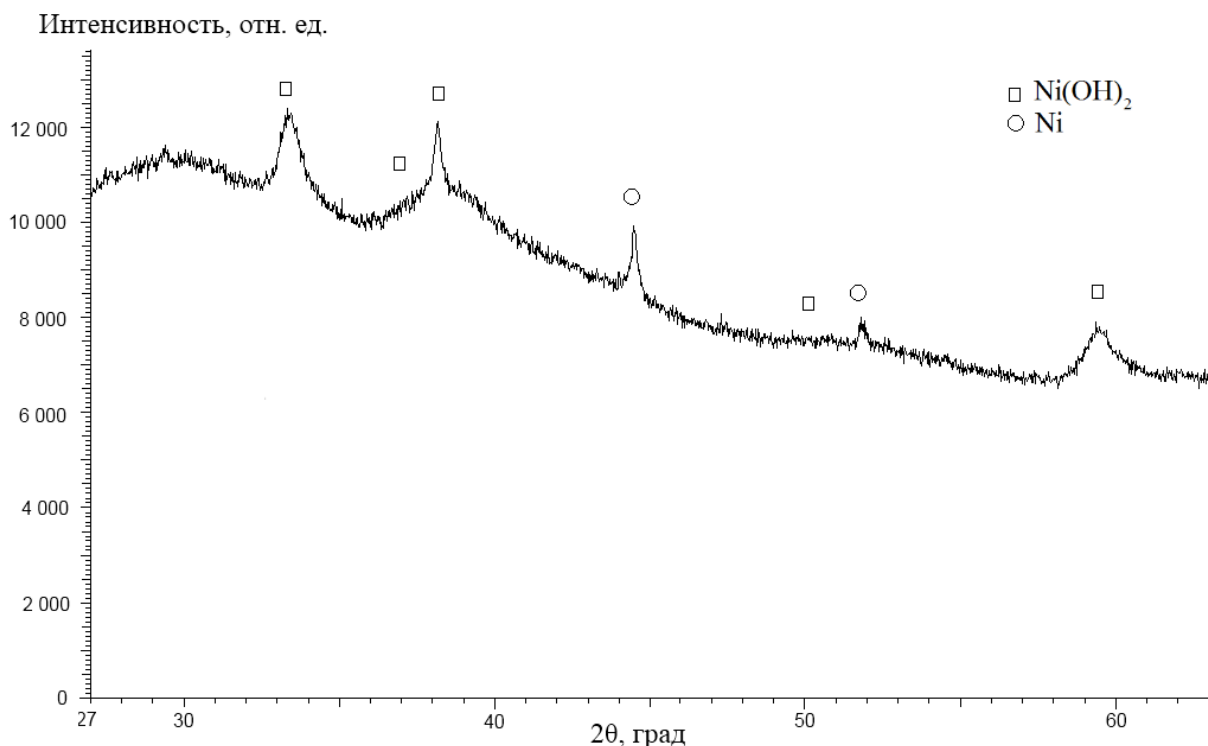


Рис. 5. Рентгенограмма порошка $Ni(OH)_2$, полученного методом анодного окисления пеноникеля.

Нанопорошок гидроксида никеля содержал две фазы: гексагональную фазу $Ni(OH)_2$ (частицы имели игольчатую форму с наибольшей длиной 15 нм и диаметром 2–6 нм) и кубическую фазу металлического никеля со средним размером частиц 20 нм.

Система «пеноникель – наночастицы» гидроксида никеля» перспективна в качестве катализатора в химических реакциях различных промышленных процессов [6,7].

Библиографический список:

1. Панова, Т.И. Синтез и исследование структуры наноразмерных порошков керамики системы $ZrO_2 - CeO_2 - Al_2O_3$ / Т.И. Панова, М.Ю. Арсентьев, Л.В. Морозова, И.А. Дроздова // Физика и химия стекла. – 2010. – Т. 36. – № 4. – С. 585-595.

2. **Arsent'ev, M.Yu.** Physicochemical properties of nanocrystalline composites based on ZrO_2 , Al_2O_3 and rare-earth oxides / M.Yu. Arsent'ev, P.A. Tikhonov, M.V. Kalinina // *Glass Physics and Chemistry*. – 2011. – V. 37. – I. 4. – P. 450-458.
3. **Kalinina, M.V.** Electron microscopic investigation of the structure of gas-sensitive nanocomposites prepared by the hydrolytic method / M.V. Kalinina, V.A. Moshnikov, P.A. Tikhonov, V.V. Tomaev, I.A. Drozdova // *Glass Physics and Chemistry*. – 2003. – V. 29. – I. 3. – P. 322-327.
4. **Gleiter, H.** Nanostructured materials: basic concepts and microstructure / H. Gleiter // *Acta Materialia*. – 2000. – V. 48. – I. 1. – P. 1-29.
5. **Zhu, W.H.** A study of the electrochemistry of nickel hydroxide electrodes with various additives / W.H. Zhu, J.J. Ke, H.M. Yu, D.J. Zhang // *Journal of Power Sources*. – 1995. – V. 56. – I. 1. – P. 75-79.
6. **Salimi, A.** Direct voltammetry and electrocatalytic properties of hemoglobin immobilized on a glassy carbon electrode modified with nickel oxide nanoparticles / A. Salimi, E. Sharifi, A. Noorbakhsh, S. Soltanian // *Electrochemical Communications*. – 2006. – V. 8. – I. 9. – P. 1499-1508.
7. **Tikhonov P.A.** Preparation and properties of ceramic composites with oxygen ionic conductivity in the $ZrO_2 - CeO_2 - Al_2O_3$ and $ZrO_2 - Sc_2O_3 - Al_2O_3$ systems / P.A. Tikhonov, M.Yu. Arsent'ev, M.V. Kalinina et al. // *Glass Physics and Chemistry*. – 2008. – V. 34. – I 3. – P. 319-323.