Uzbek Journal of Physics
DOI: https//doi.org/10.52304/.v25i3.458

Влияние условий получения на некоторые свойства оксида никеля

И.Ж. Абдисаидов[*1], С.Г. Гуломжанова[1], У.Б. Рахмонова[2]

[1] Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз, Дурмон йули 33, 100125, Ташкент, Узбекистан
[2] Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, ул. Университетская 4, 100174, Ташкент, Узбекистан

Получена 11.07.2023, revised 24.08.2023

* Corresponding author: e-mail ilyos.abdisaidov@mail.ru, Phone: +998 97 155 92 81

Нанопорошок оксида никеля был синтезирован золь-гель методом с использованием в качестве исходного реагента нитрата никеля. В процессе синтеза варьировали интенсивность перемешивания исходной смеси и температуру прокаливания. Свойства полученного продукта оценивали на дифрактометре, а также с помощью прибора NanoSight. Показано, что зависимость размера наночастиц в диапазоне температур прокаливания 600–1100 К практически линейна и позволяет достаточно точно прогнозировать их размер в диапазоне от ~10 до 50 нм. Впервые получена информация о значительном и немонотонном изменении соотношения между размером и количеством наночастиц от интенсивности перемешивания суспензии.

Ключевые слова: нанопорошок оксида никеля, золь-гель метод, температура прокаливания, интенсивность перемешивания суспензии, размер наночастиц.

Nickel oxide nanopowder was synthesized by the sol-gel method using nickel nitrate as the initial reagent. During the synthesis, the intensity of mixing of the initial mixture and the calcination temperature were varied. The properties of the resulting product were evaluated on a diffractometer, as well as using a NanoSight instrument. It is shown that the dependence of the size of nanoparticles in the calcination temperature range of 600–1100 K is practically linear and makes it possible to accurately predict their size in the range from ~10 to 50 nm. For the first time, information was obtained on a significant and non-monotonous change in the ratio between the size and number of nanoparticles depending on the intensity of suspension mixing.

Keywords: nickel oxide nanopowder, sol-gel method, calcination temperature, suspension mixing intensity, nanoparticle size

I. Введение

Оксид никеля (NiO) является химически устойчивым веществом, имеющим интересные оптические, электрические и магнитные свойства. Так, он применяется в виде наночастиц NiO в хромировании [1], в качестве катализатора [2], в биомедицине [3], в газовых датчиках [4], в солнечной энергетике [5], в литий-ионных батареях [6] и в оптоэлектронных устройствах [7], а также в составе солнечных элементов [8]. Одним из перспективных направлений использования наноразмерных порошков NiO является их применение в качестве затравочного материала при синтезе углеродных нанотрубок [9].

Для синтеза наноструктур NiO применяются различные методы: совместное осаждение [10], а также гидротермальное [11], сольвотермическое [12] и химическое осаждение [13], среди которых наиболее привлекателен золь-гель метод [14], отличающийся дешевизной технологий и малой энергоемкостью.

Из практики проведения процессов синтеза

золь-гель методом известно, что температура прокаливания, осуществляемая в диапазоне от 400 до 700°C [15] влияет на структуру, морфологию, электрические и оптические свойства тонких нанокристаллических пленок NiO.

Например, в [16] изучалось влияние температуры прокаливания на структурные, оптические и магнитные свойства NiO, синтезированных методом химического соосаждения. Было показано, что повышение температуры прокаливания ведет к увеличению средних размеров кристаллитов с 41 нм до более чем 100 нм.

Руководствуясь изложенным, в настоящей работе исследуется совместное влияние степени перемешивания исходного раствора и температуры кальцинации на свойства наночастиц NiO, полученных золь-гель методом.

II. Методика эксперимента

Для синтеза NiO золь-гель методом в качестве прекурсора использована смесь нитрат никеля ($Ni(NO_3)_2$:$6H_2O$), гидроксида аммония (NH_4OH) и деионизированной воды. Синтез наночастиц NiO осуществляется в следующем порядке: $Ni(NO_3)_2$:$6H_2O$ растворяется в деионизированной воде, в полученный раствор добавляется молярный NH_4OH в соотношении 1:2 и перемешивается, в нашем случае, при намеренно выбранных различных скоростях магнитной мешалки (250; 500; 750 и 1000 об/мин). Для старения полученной суспензии ее выдерживают при комнатной температуре в течение 20 часов. Полученная суспензия светло-зеленого цвета затем разделяется на центрифуге EBA 20S и подвергается кальцинации в лабораторной печи SNOL в диапазоне температур от 300°C до 800°C в течение 2 часов.

Кристаллическая структура, чистота и фазовый состав синтезированных наночастиц оксида никеля были изучены с помощью дифрактометра XRD-6100 Shimadzu с источником излучения Cu-Kα с длиной волны λ = 1.541874 Å в диапазоне углов 10º–80º с шагом 0.05º.

III. Экспериментальные результаты и обсуждение

Отмеченная впервые закономерность находит свое подтверждение при рассмотрении распределения наночастиц NiO по размерам в зависимости от интенсивности перемешивания исходной смеси $Ni(NO_3)_2$ (рис. 1), определенного с применением прибора NanoSight [17].

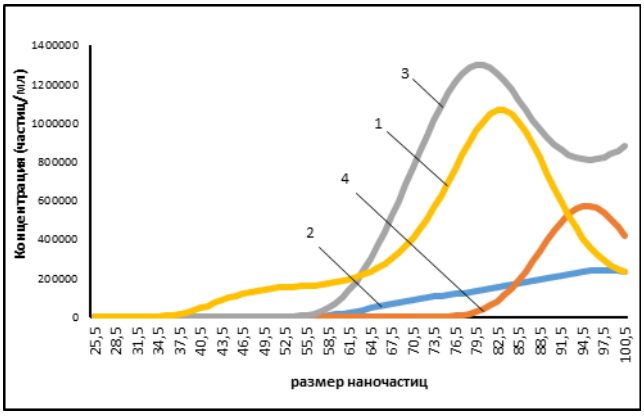


Рисунок 1. Распределение наночастиц NiO по размерам, полученных из смесей реагентов, перемешиваемых с различной интенсивностью, об/мин: 1) 250, 2) 500, 3) 750 и 4) 1000.

Из рис. 1 видно, что распределения, как правило (за исключением случая, относящегося к числу оборотов магнитной мешалки 500 об/мин), имеют вид кривых с ярко выраженными максимумами, в области которых концентрация частиц определенного размера, например, ~76.5 нм (кривая 2), на порядок выше, чем более мелких частиц, и примерно в 1.5 раза больше количества «крупных» частиц с размерами ~100 нм. По мере увеличения числа оборотов мешалки было обнаружено, что дисперсия по размерам частиц, полученных при показаниях 750 об/мин, улучшалась, и эти показания вызывали нарушение дисперсии по размерам при скорости вращения 1000 об/мин.

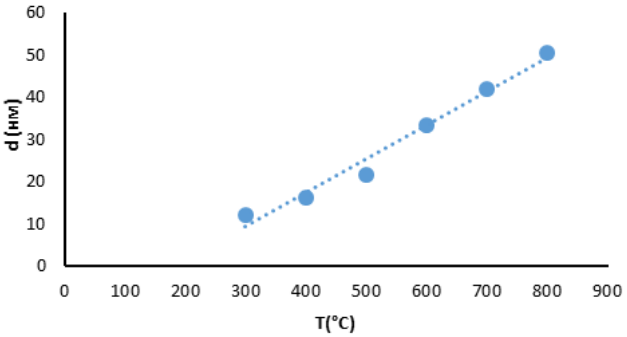


Рисунок 2. Зависимость диаметра наночастиц оксида никеля от температуры прокаливания.

Данный результат более высокой сложностью зависимости резко отличается от практически линейной зависимости диаметра частиц от температуры, относящейся к средним скоростям перемешивания исходной смеси ~500 об/мин, приведенной на рис.2.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.

Замечено, что размер наночастиц оксида никеля увеличивался с увеличением температуры прокаливания. Этот процесс объясняется усилением взаимной агломерации наночастиц с повышением температуры прокаливания.

IV. Заключение

Впервые обнаружено существенное и достаточно сложное влияние скорости перемешивания исходной смеси $Ni(NO_3)_2$ на превалирующий размер наночастиц в целевом продукте (NiO), синтезированном золь-гель методом. В отличие от него зависимость размеров наночастиц NiO от температуры имеет квазилинейный характер.

Метаданные

Influence of preparation conditions on some properties of nickel oxide

I.J. Abdisaidov[1], S.G. Gulomjanova[1], U.B. Rakhmonova[2]

[1]Institute of Ion-Plasma and Laser Technologies of Uzbekistan Academy of Sciences, Durmon yuli st. 33, 100125, Tashkent, Uzbekistan
[2]National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Universitetskaya str. 4, 100174, Tashkent, Uzbekistan

Nickel oxide nanopowder was synthesized by the sol-gel method using nickel nitrate as the initial reagent. During the synthesis, the intensity of mixing of the initial mixture and the calcination temperature were varied. The properties of the resulting product were evaluated on a diffractometer, as well as using a NanoSight instrument. It is shown that the dependence of the size of nanoparticles in the calcination temperature range of 600–1100 K is practically linear and makes it possible to accurately predict their size in the range from ~10 to 50 nm. For the first time, information was obtained on a significant and non-monotonous change in the ratio between the size and number of nanoparticles depending on the intensity of suspension mixing.

Keywords: nickel oxide nanopowder, sol-gel method, calcination temperature, suspension mixing intensity, nanoparticle size.

Литература (References)

[1] M. Alagiri, S. Ponnusamy and C. Muthamizhchelvan. Journal of Materials Science: Materials in Electronics **23**(3), 728-732 (2012).
[2] A. Shamim, Z. Ahmad, S. Mahmood, U. Ali, T. Mahmood and Z. Ahmad. Open Journal of Chemistry **2**(1), 16-20 (2019).
[3] A.A. Ezhilarasi, J.J. Vijaya, K. Kaviyarasu, M. Maaza, A. Ayeshamariam and L.J. Kennedy. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, **164**, 352-360 (2016).
[4] G. Zhu, C. Xi, H. Xu, D. Zheng, Y. Liu, X. Xu and X. Shen. RSC Advances **2** (10), 4236-4241 (2012).
[5] T. Tangcharoen, W. Klysubun and C. Kongmark. Journal of Molecular Structure **1156**, 524-533 (2018).
[6] A.K. Rai, L.T. Anh, C.J. Park and J. Kim. Ceramics International **39**(6), 6611-6618 (2013).
[7] N.N.M. Zorkipli, N.H.M. Kaus and A.A. Mohamad. Procedia Chemistry **19**, 626-631 (2016).
[8] M. Sabzi and S.M. Anijdan. Ceramics International, **45**(3), 3250-3255 (2019).
[9] V. Filipe, A. Hawe and W. Jiskoot. Pharmaceutical Research **27**(5), 796-810 (2010).
[10] S. Sagadevan and J. Podder. International Journal of Nanoparticles **8**(3-4), 289-301 (2015).
[11] N. Prasad, F. Veillon and W. Prellier. Journal of Alloys and Compounds **858**, 157639 (2021).
[12] B. Anandan and V. Rajendran. Materials Science in Semiconductor Processing **14**(1), 43-47 (2011).
[13] S. Chakrabarty and K. Chatterjee. Journal of Physical Sciences **13**, 245-250 (2009).
[14] P. Mallick, C. S. Sahoo and N.C. Mishra. American Institute of Physics **1461**(1), 229-232 (2012).
[15] P. Godse, R. Sakhare, S. Pawar, M. Chougule, S. Sen, P. Joshi and V.P. Patil. Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology **1**(02), 35 (2011).
[16] S. Dwivedi, H.C. Nayak, S.S. Parmar, R.P. Kumhar and S. Rajput. Magnetism **2**(1), 45-55 (2022).
[17] L. M. Esteves, H.A. Oliveira and F.B. Passos. Journal of Industrial and Engineering Chemistry **65**, 1-12 (2018).

Никель оксидининг айрим хоссаларига тайёрланиш шароитларининг таъсири

И.Ж. Абдисаидов[1], С.Г. Гуломжанова[1], У.Б. Рахмонова[2]

[1]ЎзР ФА Ион-плазма ва лазер технологиялари институти, Дўрмон йўли, 33, 100125, Тошкент, Ўзбекистон
[2]Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон миллий университети, Университет кўчаси, 4, 100174, Тошкент, Ўзбекистон

Никель оксиди нанокукуни бошланғич реагент сифатида никель нитратдан фойдаланилиб, золь-гель усули билан синтез қилинди. Синтез жараёнида дастлабки аралашмани аралаштириш интенсивлиги ва кальциналаниш ҳарорати ўзгариб турди. Олинган маҳсулотнинг хусусиятлари дифрактометра, шунингдек, NanoSight қурилмаси ёрдамида баҳоланди. 600–1100 К ҳарорат оралиғида нанозаррачалар ўлчамига боғлиқлиги амалда чизиқли бўлиб, уларнинг ўлчамлари ~10 дан 50 нм гача булган диапазонда аниқ тахмин қилиш имконини бериши кўрсатилган. Биринчи марта суспензияни аралаштириш интенсивлигига қараб нанозаррачалар ўлчами ва сони ўртасидаги нисбатнинг сезиларли ва монотон бўлмаган ўзгариши ҳақида маълумот олинди.

Калит сўзлар: никель оксиди нанокукуни, золь-гель усули, кальциналаниш ҳарорати, суспензияни аралаштириш интенсивлиги, нанозарачалар ўлчами.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.