

УДК 543.26

Влияние условий синтеза оксида индия на структуру и сенсорные свойства

Хабибуллина Агата Евгеньевна^{1,2(*)} AgataKh2002@yandex.ruИким Мария Ильинична² ikimmary1104@gmail.com¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² ФИЦ ХФ РАН, Москва, Россия

Аннотация. Синтезированы нанопорошки оксида индия гидротермальным методом с использованием различных растворителей. Установлено, что природа растворителя влияет на фазовый состав структуру и морфологию материала. Наибольший сенсорный отклик на водород демонстрирует образец, с ромбоэдрической структурой, синтезированный с использованием этанола.

Ключевые слова: оксид индия, гидротермальный синтез, фазовый состав, удельная поверхность, газовые сенсоры

Influence of indium oxide synthesis conditions on structure and sensory properties

Khabibullina Agata Evgenevna^{1,2(*)} AgataKh2002@yandex.ruIkim Maria Ilyinichna² ikimmary1104@gmail.com¹ BMSTU, Moscow, Russia² N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Abstract. Indium oxide nanopowders were synthesized by the hydrothermal method using various solvents. It is established that the nature of the solvent affects the phase composition, structure and morphology of the material. A sample with a rhombohedral structure synthesized using ethanol demonstrates the greatest sensory response to hydrogen.

Keywords: indium oxide, hydrothermal synthesis, phase composition, specific surface area, gas sensors

Введение. Оксид индия — перспективный материал для газовых сенсоров благодаря высокой подвижности носителей заряда и структурной вариативности. Параметры синтеза существенно влияют на его свойства, что подтверждается современными исследованиями [1].

Актуальность данной работы заключается в разработке материалов для высокочувствительных газовых сенсоров. В связи с этим цель заключается в исследовании влияния условий гидротермального синтеза оксида индия на его структуру, проводимость и сенсорные характеристики при детектировании низких концентраций водорода.

Методы и материалы; результаты. Синтез In_2O_3 проводили в гидротермальных условиях с использованием воды, этанола и этиленгликоля с последующим отжигом [2]. Для анализа состава и структуры применялся метод XRD, для оценки удельной поверхности — метод BET. Для определения проводимости и сенсорного отклика при детектировании 100 ppm водорода синтезированные порошки наносили в виде пленки на специальные чипы.

Этанол приводил к образованию ромбоэдрической структуры, тогда как вода и этиленгликоль — кубической. Удельная поверхность составила 12,3 м²/г для образца, синтезированного с водой, 18,6 м²/г — с этанолом и достигла максимума 35,5 м²/г — с этиленгликолем.

Исследование сенсорных свойств и расчет энергии активации по данным сопротивления от температуры представлены в таблице.

Максимальный отклик образцов, их рабочая температура, времена отклика и восстановления и энергия активации

Образец	$S_{\max}$	$T_{\text{раб}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{отклика}}, \text{с}$	$t_{\text{восст}}, \text{с}$	$E_{\text{акт}}, \text{эВ}$
$\text{In}_2\text{O}_3_ \text{H}_2\text{O}$	12,6	440	1,396	10,542	0,29
$\text{In}_2\text{O}_3_ \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	15,2	440	0,539	0,945	0,095
$\text{In}_2\text{O}_3_ \text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$	11,6	360	0,76	1,609	0,15

Обсуждение. Результаты XRD показали, что природа растворителя определяет структуру In_2O_3 : вода дает кубическую фазу через $\text{In}(\text{OH})_3$, этанол — ромбоэдрическую через InOOH , а этиленгликоль — кубическую с особыми свойствами через хелатные комплексы [3].

Исследования удельной поверхности выявили различия и в морфологии материала: вода дает плотную структуру с минимальной поверхностью, этанол увеличивает ее благодаря рыхлой упаковке, а этиленгликоль обеспечивает максимальные значения за счет пористости после разложения хелатных комплексов.

Наилучшие сенсорные свойства к водороду показал ромбоэдрический In_2O_3 . Его открытая структура облегчает доступ газа к активным центрам, а низкая энергия активации подтверждается быстрыми временами отклика и восстановления.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии природы растворителей на фазовый состав, структуру, морфологию и сенсорные свойства In_2O_3 , полученного в гидротермальных условиях. Ромбоэдрическая структура показала наилучшую чувствительность к водороду благодаря оптимальной пористости и удельной поверхности. Минимальная энергия активации подтверждает ее высокую реакционную способность.

Список источников

- [1] Mostafa N.Y., Badawi A., Ahmed S.I. Influence of Cu and Ag doping on structure and optical properties of In_2O_3 thin film prepared by spray pyrolysis. *Results in Physics*, 2018, vol. 10, pp. 126–131.
- [2] Ikim M.I. et al. Structural Characteristics of In_2O_3 -Based Nanocomposites Synthesized by the Hydrothermal Method. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 2022, vol. 16, no. 6, pp. 1180–1181.
- [3] Cao E. et al. Hydrothermal synthesis of cubic-rhombohedral- In_2O_3 microspheres with superior acetone sensing performance. *Applied Surface Science*, 2023, vol. 613, art. no. 156045.