

ИНФОРМАЦИЯ О РАБОТЕ

Номинация – Науки о материалах

Тип работы - Научная работа молодых ученых

Полное название работы - Новые наноструктурированные материалы для создания высокоэффективных и селективных кондуктометрических сенсоров на взрывоопасные и токсичные газы

Соискатель – Иким Мария Ильинична

Краткая аннотация работы

Создание новых материалов для газовых сенсоров обусловлено критическим состоянием окружающей среды, вызванным хозяйственной деятельностью человека, многочисленными бытовыми и производственными взрывами газов, а также террористическими угрозами с использованием различных химических соединений. Синтез и исследование состава, структурных характеристик, проводимости и сенсорных свойствах новых металлоксидных композитов и пленок на их основе являются научно-технической базой, необходимой для разработки нового поколения высокоэффективных и селективных кондуктометрических сенсоров.

Многие коммерческие кондуктометрические сенсоры выпускаются с использованием в основном одного оксида металла, например, оксида олова или цинка. Недостатками этих датчиков являются низкая чувствительность и стабильность, высокая рабочая температура и большое время отклика/восстановления. В настоящей работе показано, что более перспективные сенсорные пленки должны состоять из смеси оксидов, где основным компонентом является In_2O_3 из-за большого количества свободных электронов в его зоне проводимости. В качестве второго компонента использованы каталитически активные оксиды (CeO_2 , SnO_2 , ZnO) или металлоксиды с дырочной проводимостью (Co_3O_4 , NiO и CuO). Для создания материалов в работе использованы три методики синтеза: смешивание нанопорошков, метод импрегнирования и гидротермальный способ. Показано, что их электропроводность и каталитическая активность могут сильно различаться в зависимости от состава, способа получения и природы компонентов. Существенную роль в увеличении сенсорной активности при детектировании H_2 и CO смешанных систем играет внедрение ионов металла одного оксида в нанобъекты другого компонента. При этом сенсбилизация сенсорного эффекта при внедрении в решетку нанокристаллов активирующих ионов другого компонента зависит не только от заряда и размера, но и от концентрации внедренных ионов. В зависимости от содержания второго компонента композит может существовать в виде однофазной системы, в которой ток протекает через агрегаты из наночастиц твердого раствора, либо образовывать две фазы. В последнем случае в композитах существуют различные пути протекания тока, и на его проводимость большое влияние оказывает взаимодействие гетерогенных контактов разнородных оксидов. Кроме того, в работе детально исследованы фазовые изменения оксида индия (кубическая, ромбоэдрическая структура), происходящие при изменении условий гидротермального синтеза или внедрение ионов второго компонента. Разработан гидротермальный композит, содержащий кобальт, который обладает избирательной селективностью при детектировании водорода, то есть практически не реагирует на CO , независимо от того, является ли CO единственным газом или изучается в смеси с H_2 . Полученные результаты открывают перспективы для достижения необходимого повышения селективности и чувствительности кондуктометрических сенсоров.

Вклад в работу: Автор работы синтезировал новые композиты на основе оксида индия для сенсорных слоев с использованием разных модифицированных методов получения материалов. Выполнил комплексный анализ структурных и морфологических характеристик полученных систем. Исследовал проводимость и сенсорные свойства синтезированных композитов при детектировании восстановительных газов (H_2 , CO , CH_4 , NH_3). Установил взаимосвязь между составом, структурой и сенсорными характеристиками (чувствительность, селективность, времена отклика/восстановления, воспроизводимость и долговременная стабильность).

Библиографическая информация

1. Ikim M.I., Gerasimov G.N., Gromov V.F., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Phase composition, conductivity, and sensor properties of cerium-doped indium oxide / Nano Materials Science, 2024, V. 6, № 2, P. 193-200;
2. Ikim M.I., Gerasimov G.N., Erofeeva A.R., Gromov V.F., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Cobalt doped cubic and rhombohedral In_2O_3 : The role of crystalline phase of indium oxide in sensor response to hydrogen / Chemical Physics Letters, 2024, V. 845, P. 141321;
3. Ikim M.I., Gromov V.F., Gerasimov G.N., Bekeshev V.G., Trakhtenberg L.I. Effect of synthesis method on the structural, conductive and sensor properties of $NiO-In_2O_3$ nanocomposites / Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics, 2024, V. 15, № 6, P. 867-878;
4. Иким М.И., Спиридонова Е.Ю., Громов В.Ф., Герасимов Г.Н., Трахтенберг Л.И. Влияние способа формирования композитов $ZnO-In_2O_3$ на их структурные характеристики и проводимость / Химическая физика, 2024, Т. 43, № 1, С. 102-108;
5. Kurmangaleev K.S., Ikim M.I., Bodneva V.L., Posvyanskii V.S., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Sensor response and electron distribution in the systems of In_2O_3 nanoparticles decorated with CeO_2 nanoclusters / Sensors and Actuators, B: Chemical, 2023, V. 396, P. 134585;
6. Ikim M.I., Gromov V.F., Gerasimov G.N., Spiridonova E.Y., Erofeeva A.R., Kurmangaleev K.S., Polunin K.S., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Structure, Conductivity, and Sensor Properties of Nanosized $ZnO-In_2O_3$ Composites: Influence of Synthesis Method / Micromachines, 2023, V. 14, № 9, P. 1685;
7. Trakhtenberg L.I., Ikim M.I., Ilegbusi O.J., Gromov V.F., Gerasimov G.N. Effect of Nanoparticle Interaction on Structural, Conducting and Sensing Properties of Mixed Metal Oxides / Chemosensors, 2023, V. 11, № 6, P. 320;
8. Ikim M.I., Gerasimov G.N., Gromov V.F., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Synthesis, Structural and Sensor Properties of Nanosized Mixed Oxides Based on In_2O_3 Particles / International Journal of Molecular Sciences, 2023, V. 24, № 2, P. 1570;
9. Громов В.Ф., Иким М.И., Герасимов Г.Н., Спиридонова Е.Ю., Трахтенберг Л.И. Металлоксидные нанокompозиты для высокоэффективного и селективного детектирования различных газов / Коллоидный журнал, 2022, Т. 84, № 6, С. 715-723;
10. Иким М.И., Спиридонова Е.Ю., Громов В.Ф., Герасимов Г.Н., Трахтенберг Л.И. Структурные характеристики композитов на основе In_2O_3 , синтезированных гидротермальным методом / Химическая физика, 2022, Т. 41, № 12, С. 79-80;
11. Gerasimov G.N., Ikim M.I., Gromov V.F., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Chemical modification of impregnated $SnO_2-In_2O_3$ nanocomposites due to interaction of sensor components / Journal of Alloys and Compounds, 2021, V. 883, P. 160817;
12. Kurmangaleev K.S., Ikim M.I., Kozhushner M.A., Trakhtenberg L.I. Electron distribution and electrical resistance in nanostructured mixed oxides $CeO_2-In_2O_3$ / Applied Surface Science, 2021, V. 546, P. 149011;

13. Gerasimov G.N., Gromov V.F., Ikim M.I., Ilegbusi O.J., Ozerin S.A., Trakhtenberg L.I. Structure and gas-sensing properties of SnO₂-In₂O₃ nanocomposites synthesized by impregnation method / Sensors and Actuators, B: Chemical, 2020, V. 320, P. 128406;
14. Бельшева Т.В., Спиридонова Е.Ю., Иким М.И., Герасимов Г.Н., Громов В.Ф., Трахтенберг Л.И. Сенсоры на основе нанокompозитных пленок ZnO для детектирования этанола в воздухе / Химическая физика, 2020, Т. 39, № 4, С. 39-43;
15. Gerasimov G.N., Gromov V.F., Ikim M.I., Ilegbusi O.J., Trakhtenberg L.I. Effect of interaction between components of In₂O₃-CeO₂ and SnO₂-CeO₂ nanocomposites on structure and sensing properties / Sensors and Actuators, B: Chemical, 2019, V. 279, P. 22-30