

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СЕТЧАТЫХ СТРУКТУР SnO_2 - SiO_2 ПРИ ДЕТЕКТИРОВАНИИ ГАЗА

А.А. Пономарева, аспирант,
А.И. Максимов, канд. физ.-мат. наук, доцент
В.А. Мошников, д-р физ.-мат. наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ»

В последние годы из-за ухудшения экологии возросла потребность в системах контроля газовой среды на основе сенсорных устройств. Для развития газочувствительных датчиков нового поколения особенно перспективно использование тонких металлоксидных сетчатых структур. Одним из основных материалов, применяемых для изготовления сенсоров указанного типа, в силу ряда достоинств, является диоксид олова. С точки зрения улучшения адгезионных и перколяционных параметров структур наиболее эффективны наноконкомпозиты системы SnO_2 - SiO_2 .

С экономической точки зрения датчики должны быть получены с помощью достаточно дешевой технологии, чтобы обеспечить возможность их массового производства и доступность большинству потребителей. Этим привлекательно использование химического процесса, получившего название золь-гель метод [1]. Сетчатые структуры в золь-гель технологиях возникают в процессе роста и эволюции фрактальных агрегатов [2], сопровождающихся образованием сложной иерархии пор. Это должно приводить к усложнению температурно-временных зависимостей аналитического отклика при взаимодействии с детектируемым газом. Изменение энергетических характеристик процессов «адсорбции-десорбции» на сетчатых пористых структурах с распределенными фрактально-перколяционными параметрами к настоящему времени не изучены.

Целью работы являлось получение сетчатых структур на основе системы SnO_2 - SiO_2 по золь-гель технологии (при некоторых фиксированных условиях) и исследование изменения их электрофизических свойств при детектировании газов.

Для измерения временных зависимостей резистивного отклика наноконкомпозитных сеток в условиях изменения газовой среды и температуры была собрана специальная лабораторная установка [3].

На рисунке представлены типичные зависимости изменения сопротивления образцов при напуске паров этанола с концентрацией 1000 ppm в диапазоне температур 300-715 К.

Особый интерес представляет изучение возникновения аномалий в начальные моменты времени. Общий ход зависимости может быть интерпретирован как противоборство двух процессов – быстротекущего процесса акцепторного типа, приводящего к увеличению и достижению насыщения значения сопротивления, и более медленно развивающегося в таких структурах процесса донорного типа, сопровождающегося уменьшением значения сопротивления. Со временем вклад второго процесса становится преобладающим. В традиционной энергетической интерпретации это означает, что в таких структурах энергетические параметры адсорбционно-десорбционных процессов не описываются в рамках моноэнергетической модели. Иными словами энергетические уровни поверхностных центров находятся выше и ниже равновесного положения уровня Ферми.

Данная особенность поведения сетчатых структур с иерархией пор открывает потенциальные возможности создания адсорбционных датчиков нового поколения на принципе анализа первоначального пика. Технически это привлекательно для улучшения быстродействия и повышения селективности. (Повышение селективности обусловлено различием значения сродства к электрону у разных газов). Препятствием в настоящее время является сильная зависимость от предыстории развития и гибели фрактальных агрегатов с образованием иерархии пор.

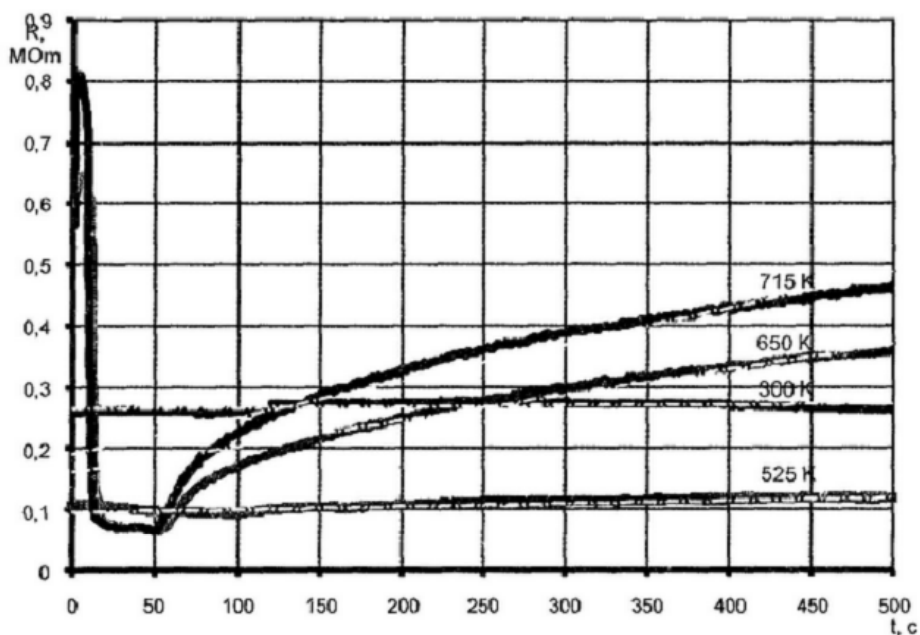


Рис. Сравнительная характеристика процесса детектирования этанола образцом (состав 10%SiO₂-90%SnO₂, получен при температуре отжига 600°С за время 5 минут), происходящем при различных температурах

Отметим, что этот недостаток превращается в неоспоримое достоинство – уникальную возможность энергетического контроля за эволюцией фрактально-перколяционных систем.

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по направлению «Создание и обработка композиционных керамических материалов», государственный контракт №П399 от 30.07.2009 г., а также «Проведение научных исследований коллективами под руководством приглашенных исследователей в области химии и новых материалов», государственный контракт №02.740.11.5077, и «Развитие внутрироссийской мобильности научных и научно-педагогических кадров путем выполнения научных исследований молодыми учеными и преподавателями в научно-образовательных центрах», государственный контракт №П1605.

Литература

1. Максимов А. И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель технологии нанокompозитов. 2-е издание. – СПб.: ООО «Техномедиа» / Изд-во «Элмор», 2008. – 225 с.

2. Мошников В. А., Шилова О. А. Золь-гель-технология наноструктурированных материалов. / В кн.: Нанотехнология: Физика, процессы, диагностика, приборы.- М. Физматлит, 2006.- С. 205–249.
3. Грачева И.Е., Максимов А.И., Мошников В.А, Плех М.Е. Автоматизированная установка для измерения газочувствительности сенсоров на основе полупроводниковых наноконпозитов // Приборы и техника эксперимента. – 2008. – № 3. – С. 143-146.