

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы

Соломатина Максима Андреевича

«Высокочувствительные и высокоселективные газоаналитические однокристалльные мультисенсорные линейки на основе наноразмерных оксидных материалов», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств

Газовые сенсоры на основе полупроводниковых оксидов металлов n- и p-типа проводимости (SnO_2 , ZnO , MnO_x , Co_3O_4 , NiO и др.) являются перспективными материалами для разработки портативных газоанализаторов и мобильной аппаратуры контроля и анализа различных газовых сред. Основными недостатками полупроводниковых газовых сенсоров резистивного типа, сдерживающим их широкое внедрение в практику анализа состава газовой фазы, являются низкая селективность и высокое энергопотребление, обусловленное необходимостью термического нагрева чувствительного слоя. Развитие технологий газовой сенсорики в настоящее время связано с созданием мультисенсорных систем. В этом случае увеличение селективности может быть достигнуто путем математической обработки сигналов от чувствительных слоев одинакового или различного состава, а снижение энергопотребления – за счет полной или частичной замены термического нагрева фотоактивацией излучением УФ или видимого диапазона. Формирование мультисенсорных систем (мультисенсорных линеек) на едином миниатюрном носителе (кристалле) и установление взаимосвязи «условия синтеза – состав – структура – функциональные свойства» для таких материалов является актуальной технологической и научной задачей. Поэтому, тему диссертационной работы Соломатина М.А. следует признать актуальной и значимой как в научном, так и в прикладном отношении.

Диссертация Соломатина М.А. посвящена разработке высокочувствительных и высокоселективных газоаналитических однокристалльных мультисенсорных линеек на основе наноразмерных оксидных материалов и исследованию их физических и хеморезистивных характеристик.

Для решения поставленной задачи в рамках диссертационной работы осуществлено:

- экспериментальное изучение формирования слоя поликристаллического SnO_2 в составе однокристалльной мультисенсорной линейки и его обработки с помощью ИК лазерного излучения, определение морфологии, фазового состава, сенсорных свойств и механизма электронного транспорта полученных слоев в присутствии паров спиртов и кетонов при температуре 341–623 К или при УФ-облучении;

- экспериментальное изучение наноструктурированных слоев ZnO, синтезированных методом электрохимического осаждения в потенциостатическом режиме при различной плотности заряда, определение морфологии, фазового состава, сенсорных свойств полученных слоев в присутствии паров спиртов при температуре 623 К или при УФ-облучении;
- изучение формирования мультиоксидной газоаналитической однокристалльной мультисенсорной линейки на примере осаждения мезо-наноструктурированных слоев оксидов Zn, Mn, Ni и Co с пространственно-неоднородными свойствами на одном кристалле методом электрохимического осаждения, исследование электрических и хеморезистивных характеристик полученных мультисенсорных линеек на постоянном и переменном токе, в том числе при пространственно-градиентном нагреве, в присутствии паров различных спиртов в смеси с осушенным воздухом;
- приложение метода линейно-дискриминантного анализа (ЛДА) к обработке векторных сигналов сформированных однокристалльных мультисенсорных линеек.

Несомненным достоинством работы Соломатина М.А. является детальное исследование электрических и сенсорных свойств полученных слоев на основе полупроводниковых оксидов металлов n- и p-типа проводимости в зависимости от рабочей температуры, наличия УФ активации, типа и концентрации аналитов - летучих органических соединений. Полученные результаты являются исключительно перспективными для создания миниатюрных мультисенсорных систем типа «электронный нос» для различных практических приложений, в том числе неинвазивной медицинской диагностики.

По автореферату необходимо сделать следующие замечания:

1. В автореферате информация о фазовом составе представлена только для слоев на основе диоксида олова. Поскольку из прекурсоров кобальта и марганца, представленных в таблице 1 (стр. 15 автореферата), в условиях электрохимического осаждения могут формироваться оксиды, содержащие указанные металлы в различных степенях окисления, информация о том, какая именно кристаллическая фаза (или несколько фаз) присутствуют в чувствительном слое, является важной как с фундаментальной, так и с технологической точки зрения.

2. Во второй главе диссертации (стр. 12 автореферата) автор утверждает, что «присутствие молекул целевых аналитов снижает величину потенциальных барьеров. Этот эффект более выражен для ацетона, который приводит к уменьшению величины W от $\sim 0,99$

эВ до $\sim 0,81$ эВ». Поскольку в тексте автореферата не приведены обоснованные погрешности оценки величин потенциальных барьеров, эти значения нельзя *a priori* считать различными, что ставит под сомнение тезис о связи величин межкристаллитных барьеров и селективности.

3. На стр. 10 автореферата автор приводит расчеты энергии активации из температурных зависимостей времени хеморезистивного отклика. Остается неясным, какому процессу (или набору процессов) отвечает эта энергия активации, и каков ее физический смысл.

Несмотря на высказанные замечания, считаю, что диссертационная работа «Высококочувствительные и высокоселективные газоаналитические однокристалльные мультисенсорные линейки на основе наноразмерных оксидных материалов» представляет собой законченное научное исследование и соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Соломатин Максим Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. – Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств (физико-математические науки).

Отзыв подготовил

д.х.н., (02.00.01 – неорганическая химия; 02.00.21 – химия твердого тела)
профессор Румянцева Марина Николаевна
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
химический факультет, кафедра неорганической химии
119991 Ленинские горы, д. 1, стр. 3, тел. +7 917 525 52 42
e-mail: roum@inorg.chem.msu.ru

10.09.2025

