

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Эшмакова Родиона Сергеевича
«Наноккомпозиты в системах $\text{MO}_y - \text{EO}_2 - \text{MnO}_x$ ($\text{M} = \text{Sn}, \text{W}$; $\text{E} = \text{Si}, \text{Ge}$) для
полупроводниковых газовых сенсоров»

представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальностям 1.4.15 – «Химия твердого тела» и 1.4.1 – «Неорганическая химия».

Эшмаков Родион Сергеевич обучался в очной аспирантуре химического факультета и выполнил диссертационную работу в лаборатории химии и физики полупроводниковых и сенсорных материалов кафедры неорганической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Диссертационная работа выполнена в рамках научного направления «Новые функциональные материалы для химических сенсоров». Высокий уровень теоретической подготовки, прекрасное владение методами синтеза и исследования неорганических веществ и материалов позволили Р.С. Эшмакову успешно синтезировать и исследовать новые нанокристаллические материалы в системах $\text{MO}_y - \text{EO}_2 - \text{MnO}_x$ ($\text{M} = \text{Sn}, \text{W}$; $\text{E} = \text{Si}, \text{Ge}$). При выполнении работы Р.С. Эшмаковым методами золь-гель и распылительного пиролиза в пламени синтезированы новые нанокристаллические материалы на основе диоксида олова и триоксида вольфрама, модифицированных каталитическими добавками MnO_x и стабилизирующими добавками SiO_2 и GeO_2 . Полученные материалы детально охарактеризованы с использованием комплекса современных методов: рентгеновской дифракции, электронной микроскопии, термопрограммируемого восстановления водородом, ИК спектроскопии (в том числе с применением методик *in situ*), спектроскопии КР. Особое внимание уделено исследованию распределения элементов в наноккомпозитах с привлечением количественного анализа методами рентгеновской флуоресценции с полным внешним отражением и ИСП-МС. В работе Р.С. Эшмакова получена новая достоверная информация о взаимосвязях «условия синтеза – состав – структура – сенсорные свойства» для наноккомпозитов на основе SnO_2 и WO_3 , а также о реакционной способности нанокристаллических материалов при детектировании газов различной химической природы. Впервые установлены корреляции условий синтеза с химическим состоянием и распределением Mn , Si , Ge в композитах на основе SnO_2 и WO_3 , а также с параметрами микроструктуры, электрофизическими и газочувствительными свойствами. Разработаны способы пробоподготовки и анализа содержания марганца, германия, кремния и олова в композитах в системах $\text{SnO}_2 - \text{SiO}_2/\text{GeO}_2 - \text{MnO}_x$. Установлены оптимальные отношения $\text{Mn}:\text{Sn}$, позволяющие обеспечить высокую чувствительность к летучим органическим соединениям. Установлены процессы, ответственные за формирование сенсорного отклика марганецсодержащих композитов. Выявлены эффекты совокупного влияния модификаторов на сенсорные свойства SnO_2 .

Полученные Р.С. Эшмаковым результаты опубликованы в 7 статьях в реферируемых российских и международных научных журналах. Способ определения легирующей добавки марганца для изучения его распределения в полупроводниковых материалах на основе диоксида олова защищен патентом РФ. Результаты исследований представлены в виде устных и стендовых докладов на 9 российских и международных научных конференциях.

Р.С. Эшмаков является грамотным, сформировавшимся, инициативным исследователем, владеет современными подходами к синтезу неорганических и материалов, а также разнообразными методами исследования состава, структуры и реакционной способности нанокристаллических оксидов, умеет планировать и грамотно осуществлять научные эксперименты, анализировать полученные результаты и делать обоснованные выводы. Ему свойственны высокая работоспособность, самостоятельность, критическое отношение к достоверности полученных результатов. За время аспирантуры под руководством Р.С. Эшмакова выполнено 8 курсовых работ по неорганической и аналитической химии.

Диссертационная работа Эшмакова Родиона Сергеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные данные, имеющие значение для развития неорганической химии и химии твердого тела. Высокий уровень выполненных исследований и качество опубликованных работ свидетельствуют о том, что Эшмаков Родион Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук. Считаю, что диссертационная работа Р.С. Эшмакова полностью соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова и может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата наук по специальностям 1.4.15 – «Химия твердого тела» и 1.4.1 – «Неорганическая химия» на диссертационном совете МГУ.014.8.

Научный руководитель:

профессор кафедры неорганической химии

химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

д.х.н.

М.Н. Румянцева

22 сентября 2026 г.