

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Горобцова Филиппа Юрьевича на тему «Синтез наноразмерных оксидов ванадия и вольфрама и электрохромные свойства плёнок на их основе», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия

Диссертационная работа Горобцова Филиппа Юрьевича посвящена исследованию процессов синтеза оксидов состава  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{VO}_2\text{-xWO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-xWO}_3$  ( $x = 0\text{-}100$  ат. %) в виде нанодисперсных порошков золь-гель методом, совмещённым с гидротермальной обработкой образующихся дисперсных систем, получению плёнок на их основе и изучению микроструктурных и электрохромных свойств получаемых материалов. Проведение данных исследований представляется весьма актуальным и практически значимым в связи с перспективностью применения указанных оксидов в качестве функциональных компонентов электрохромных устройств (таких как светопропускающие дисплеи, оптические фильтры, «умные» окна, устройства температурного контроля).

В работе детально исследована взаимосвязь между условиями синтеза оксидов и их кристаллической структурой, микроструктурой, установлена также связь между составом используемых прекурсоров (алкоксоацетилацетонатов металлов) и структурой образующихся оксидов. Таким образом был выполнен синтез гетеролигандных комплексов ванадия и вольфрама с различным соотношением хелатных и алкоксильных лигандов, которые применялись для получения нанопорошков  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{WO}_3$  при разных условиях синтеза. Кроме того, с использованием указанных гидролитически активных комплексов металлов получены оксиды различного химического состава в системах  $\text{VO}_2\text{-xWO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-xWO}_3$  (где  $x = 0\text{-}100$  ат.%). Также часть работы посвящена формированию оксидных пленок различными методами с привлечением печатных технологий, таких как перьевая плоттерная, микроплоттерная, микроэкструзионная и струйная печать, с использованием чернил на основе полученных оксидов. После исследования фазового состава и микроструктуры полученных пленок были изучены их функциональные свойства, показана перспективность использования данных материалов в качестве компонентов электрохромных устройств и резистивных газовых сенсоров.

Диссертационное исследование имеет целостный, законченный характер, достигнутые результаты безусловно достоверны, обладают научной новизной и являются значимыми для неорганической химии и материаловедения. Работа прошла широкую апробацию в виде выступлений на 9 конференциях, а ее результаты опубликованы в 5 статьях в рецензируемых научных изданиях. В целом проведенные

исследования и их результаты отражают высокий профессиональный уровень соискателя.

По автореферату возникли следующие замечания и вопросы:

(1) Считаю, что в автореферате необходимо было привести часть поиска, показав как уже решались вопросы с созданием электрохромных структур на основе оксидов ванадия и вольфрама; также во введении совсем не приводится обоснования необходимости выполнения задачи 5; кроме того, в задачах стоит 0 и 100 ат. %  $WO_3$ , но это значит чистые  $VO_2$ ,  $V_2O_5$ ,  $WO_3$ , что уже описано также ранее. Прошу обратить внимание и прокомментировать на защите;

(2) По пункту 2 научной новизны. Какова толщина покрытия, или насколько перепад сравним с толщиной покрытия;

(3) Каким методом проводилась оценка доли бутокси-групп?

(4) С чем связана низкая интенсивность рефлексов на паттерне РФА для  $VO_2$  (Рисунок 2) и почему с ростом температуры гидротермальной обработки растет средняя длина волокон оксида ванадия?

(5) Можно ли подтвердить другим методом количество кислородных вакансий в  $V_2O_5$ , помимо Кельвин-зондовой силовой микроскопии?

(6) Диссертант должен уточнить условия тестирования электрохромных свойств, а именно как снимались вольтамперограммы. Конфигурация ячейки, условия и т.д. Также необходимо уточнить, какой прозрачный электрод использовался и мог ли он влиять на свойства, спектр? Кроме того, время отклика не уточнено в тексте автореферата, только в выводах.

(7) В автореферате в выводах говорится о селективности. Однако, данные по селективности не приведены в автореферате.

Высказанные замечания и вопросы не снижают значимость диссертационного исследования и не влияют на общее положительное впечатление от работы. Считаю, что диссертационная работа по актуальности, научной новизне, достоверности и практической значимости, поставленным задачам соответствует требованиям п. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН)» от 11 мая 2022 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а соискатель Горобцов Филипп Юрьевич заслуживает присуждения степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Старший научный сотрудник

Центра Фотоники и Фотонных Технологий,

Автономной некоммерческой образовательной организации высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий»

к.т.н. Федоров Ф.С., специальность 02.00.05 - электрохимия

тел. 8-903-384-94-67

email: [f.fedorov@skoltech.ru](mailto:f.fedorov@skoltech.ru)

адрес: 121205, Московская обл., Москва, улица Нобеля, 3.



06 декабря 2022 г.

Подпись Федорова Ф.С. подтверждаю

Руководитель отдела  
Кадрового администрирования

