

## 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

В диссертационной работе Горобцова Филиппа Юрьевича отражены результаты исследования по синтезу наноматериалов на основе оксидов состава  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{VO}_2\text{-xWO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-xWO}_3$  (где  $x = 0\text{-}100$  ат. %) в виде порошков и пленок. В качестве метода синтеза была выбрана в первую очередь золь-гель технология, дополненная стадией гидротермальной обработки образующихся после гидролиза и поликонденсации комплексов дисперсных систем. Проведено тщательное исследование влияния состава используемых прекурсоров (алкоксоацетилацетонатов соответствующих металлов) и особенностей протекания процессов их гидролиза и поликонденсации, температуры и длительности гидротермальной обработки на микроструктуру и фазовый состав получаемых оксидных нанопорошков. В случае оксидов в системах  $\text{VO}_2\text{-xWO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-xWO}_3$  установлена взаимосвязь между их химическим и фазовым составом (до  $x = 5$  ат. % включительно наблюдается твердый раствор, после чего образуются нанокompозиты). Пленки состава  $\text{VO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{VO}_2\text{-xWO}_3$  и  $\text{V}_2\text{O}_5\text{-xWO}_3$  были сформированы с использованием полученных порошков методами микроплоттерной, струйной, микроэкструзионной и перьевой плоттерной печати. Также методом погружения подложки в раствор алкоксоацетилацетонатов были получены пленки  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Помимо характеристики микроструктуры и фазового состава данных материалов, автором проведены исследования их электрохромных свойств, установлена их зависимость от химического состава (для материалов с содержанием  $\text{WO}_3 > 50$  ат. % характерен катодный электрохромизм, а при концентрации оксида вольфрама  $\leq 50$  ат. % - анодный). Результаты проведенных исследований по изучению электрохромных свойств полученных оксидных плёнок подчеркивают **актуальность и практическую значимость** выполненной работы, поскольку демонстрируют перспективность применения сформированных материалов в различных современных устройствах – дисплеях, «умных» окнах и т.д. **Научная новизна** исследования и **достоверность** полученных результатов, опубликованных в ряде российских и зарубежных журналов, апробированных на конференциях всероссийского и международного уровня, не вызывают сомнений. Личный вклад автора выражается в большом объеме выполненной им экспериментальной и теоретической работы.

Работа производит положительное впечатление, однако есть замечания и вопросы:

1. Исследование хемосенсорных характеристик (п. 5 научной новизны и раздел 3.7.5) вызывает вопросы. Очевидна возможность применения изучаемых материалов в качестве хемосенсорного материала. Однако не ясна связь подобных исследований с целью и задачами представленной работы. Кроме того, вызывает сомнение потенциал использования разработанных материалов в качестве хемосенсоров - рабочая температура сопоставима или выше, чем у существующих аналогов, чувствительность в исследованном диапазоне не линейна, а фронт отклика несколько смазан.

2. Автор везде пишет про сочетание термического анализа с РФА, что наводит на мысль об исследовании дифракции in-situ. Однако дифрактограммы приведены только для 160 - 200 °С, данные же для указываемого на стр. 13 диапазона 325-375 °С отсутствуют.

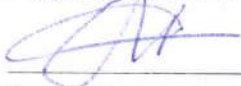
3. Из автореферата не понятна необходимость синтеза наночастиц оксидов вольфрама и ванадия с использованием щавелевой кислоты (разделы 3.5, 3.6). После синтеза данные частицы в автореферате не упоминаются. Здравый смысл подсказывает, что хотя данные методы и пригодны для получения указанных наночастиц, их реализация потребует использования температуры выше той, что была использована в ранее рассмотренных синтезах. Что столь же ожидаемо приведет к крупным агломератам.

4. В разделе 3.7.5 указано, что для микроэкструзионной печати толстой плёнки  $V_2O_5$  были созданы функциональные чернила из нанопорошка  $VO_2$ , представляющие собой концентрированную дисперсную систему на основе  $\alpha$ -терпинеола в присутствии связующего (этилцеллюлоза). Как связующее влияет на свойства сформированной плёнки?

По итогам прочтения автореферата можно сделать вывод, что диссертационная работа по актуальности, поставленным задачам, новизне, достоверности и практической значимости полученных результатов соответствует 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 11.05.2022 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а Горобцов Филипп Юрьевич заслуживает присуждения степени кандидата химических наук по специальности 1.4.1. Неорганическая химия.

Кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры наноматериалов и нанотехнологии Института материалов современной энергетики и нанотехнологии (ИМСЭН-ИФХ) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)

Мурадова Айтан Галандар кызы



« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

125047, г. Москва, Миусская площадь д.9,  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева)  
Тел.: +7 (495) 494-21-16  
E-mail: muradova.a.g@muctr.ru,

Подпись А.Г. Мурадовой заверяю  
Ученый секретарь РХТУ им. Д.И. Менделеева  
доцент, к.х.н.



Н.К. Калинина