

ОТЗЫВ

Официального оппонента Морозова Павла Евгеньевича на диссертационную работу Максумовой Абай Маликовны на тему: «Молекулярное наслаивание тонких плёнок оксида молибдена, смешанных титан-молибденовых и алюминий-молибденовых оксидных плёнок и их характеристика», представленную на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 Химия твёрдого тела.

Представленная к защите работа Абай Маликовны, является фундаментальным исследованием классического, но от этого не менее важного, направления в области молекулярного наслаивания - химии взаимодействия хлоридов металлов с поверхностными группами подложек. Пусть небольшое историческое отступление от темы данной защиты покажется кому-то не уместным, но не могу не упомянуть, что молекулярное наслаивание, в своём классическом виде, использующее в качестве прекурсоров, хлориды металлов, началось именно здесь, в послевоенном Ленинграде. Некогда единая школа, возникшая на базе Технологического института, постепенно разрослась, захватила умы ученых Ленинградского государственного университета имени Жданова и позже распространилась по стране. Данному направлению было посвящено множество работ, в том числе и за авторством присутствующих в составе ученого совета людей. Отрадно, что новые поколения ученых не только не забывают о классических для всех присутствующих подходах, но и развивают данное направление химии. Печально, что ученое мировое сообщество отвернулось от данных классических прекурсоров, сочтя их малоперспективными для современных задач. И как показали результаты представленной работы, данное направление заброшено ими совершенно безосновательно.

Актуальность работы.

Тема работы более чем актуальна, на фоне возобновившихся в Российской Федерации работ по микроэлектронике. И это касается не только возможности создания новых материалов, но и разработки подходов к синтезу и анализу синтезируемых структур, позволяющих проектировать материалы, методы их возобновляемого синтеза. Данные подходы в современной микроэлектронике, которые мы привыкли называть технологией производства компонентов персональных компьютеров, являются коммерческой тайной зарубежных фирм и с нами этими технологиями никто не поделится.

Научная новизна исследований.

- Впервые исследован процесс термического МН MoO_3 с использованием MoOCl_4 и H_2O с привлечением кварцевого пьезоэлектрического микровзвешивания и квантово-химического моделирования;
- Впервые методом термического МН получены пленки $\text{Ti}_x\text{Mo}_y\text{O}_z$ с использованием комбинации прекурсоров TiCl_4 , MoOCl_4 , H_2O , а также пленки $\text{Al}_x\text{Mo}_y\text{O}_z$ с использованием ТМА, MoOCl_4 и H_2O в качестве прекурсоров;
- Впервые исследована реакционность и возможность использования MoO_2Cl_2 в комбинации с H_2O для термического МН MoO_3 , $\text{Ti}_x\text{Mo}_y\text{O}_z$, $\text{Al}_x\text{Mo}_y\text{O}_z$ пленок.

Теоретическая и практическая значимость работы.

С научной точки зрения, выявленные в данной работе закономерности формирования пленок, без всякого сомнения, могут быть применены для более глубоко изучения, понимания и моделирования процессов роста

плёнок на основе не только чистого оксида молибдена, но и смешанных титан-молибденовых и алюминий-молибденовых оксидных плёнок.

С практической точки зрения, разработанные подходы к синтезу таких плёнок и их анализу, могут быть применены в дальнейшем при разработке современных и перспективных материалов для нужд электроники, оптики или сенсоров для экспресс газовых анализаторов.

Достоверность научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертации М.А. Маликовны подтверждена:

- Использованием современных методов исследования, проведенных с использованием аттестованного современного оборудования, отвечающего высоким современным требованиям к научному и исследовательскому оборудованию.
- Сходимостью результатов при повторном проведении экспериментов в аналогичных условиях.
- Сходимостью результатов с результатами работ других авторов, ранее опубликованных по данному научному направлению
- Апробацией результатов при обсуждении положений работы на конференциях и их публикацией в рецензируемых журналах.

Структура и объем диссертации.

Диссертация, представленная на отзыв, написана связным, научным, понятным языком и занимает 173 страницы машинописного текста. Текст диссертации содержит 55 рисунков, 6 таблиц и включает в себя анализ 211 источников, на которые приведены ссылки.

Во введении показана актуальность выбранной темы исследования, определены цель и задачи научно-квалификационной работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, описана

методология выполнения работы и дана оценка научно-практической значимости работы.

Первая глава носит обзорный характер. В пункте 1 приведены основные положения и краткий обзор развития метода МН. В пункте 2 приведены области применения тонких пленок оксида молибдена и смешанных титан-молибденовых оксидных и алюминий-молибденовых оксидных тонких пленок. В пункте 3 приведен обзор комбинаций прекурсоров, ранее использованных для МН оксида молибдена, оксида алюминия и оксида титана. В пункте 4 приведен обзор работ, посвященных МН смешанных оксидов и закономерностям поверхностных химических реакций во время этих процессов.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной части работы. Приведено подробное описание вакуумной установки, где проводилось молекулярное наслаивание тонких пленок. Приведена методика исследования процесса МН пленок в режиме реального времени методом кварцевого пьезоэлектрического микровзвешивания (КПМ). Приведены методики исследования полученных тонких пленок методами рентгеновской рефлектометрии и рентгенодифракционного анализа (РР и РДА), спектроскопической эллипсометрии (СЭ), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС) и атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение представлены в третьей, четвертой и пятой главах.

В заключении в обобщенно виде изложены результаты работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации, результаты приведенных исследований, выводы и публикации автора по теме диссертации.

Таким образом, все научные положения и выводы, сформулированные в текстах диссертации и автореферата, научно обоснованы, достоверность и новизна полученных результатов не вызывает сомнений, результаты прошли

апробацию в виде публикаций в рецензируемых изданиях и были представлены на научных конференциях.

Работа оставила сугубо положительное впечатление, но в ходе ознакомления с текстом диссертации возникли некоторые замечания и вопросы.

Классически оксихлоды металлов считались примесными соединениями, создающие синтезу, проводимому методом молекулярного наслаивания, серьёзные затруднения, особенно в установках с корпусом из металлов, традиционно считающихся коррозионностойкими и повсеместно применяемыми при изготовлении научных установок. Что, в своё время, и побудило большинство исследователей перейти на металлоорганические прекурсоры. В этом ключе особый интерес представляет продемонстрированный в работе, на примере оксихлорида молибдена, подход к использованию оксихлоридов, как прекурсоров молекулярного наслаивания для синтеза оксидных плёнок. Однако, представленная работа не полностью раскрывает возможности данного подхода. Мы надеемся на продолжение Абай Маликовной работ в данном важном направлении.

Не раскрыта проблематика отклонения роста толщины оксидных плёнок от расчётных параметров.

Приведённый в диссертации массив исследовательских данных нуждается в более доскональной и глубокой проработке, что позволит лучше понять протекающие процессы, однако, я полностью осознаю, что это уровень уже не кандидатской диссертации.

Общая оценка содержания диссертации

Диссертационная работа, без всяких сомнений, выполнена на высоком научном уровне, с использованием широкого набора исследовательских методов, результаты работы изложены последовательно и ясно, сопровождаются понятным иллюстративным материалом. В ходе подготовке

к данной работе, автором были изучены как фундаментальные труды, так и публикации последних лет, что видно из литературного обзора. Автор прекрасно ориентируется в теме работы и свободно владеет теоретическим материалом, что показывает при анализе данных и их обсуждении. Поставленные в работе задачи считаю выполненными, цели достигнутыми.

Диссертационная работа Максумовой Абай Маликовны на тему: «Молекулярное наслаивание тонких плёнок оксида молибдена, смешанных титан-молибденовых и алюминий-молибденовых оксидных плёнок и их характеристика», соответствует паспорту специальности 1.4.15 Химия твёрдого тела.

Заключение.

Диссертационная работа Максумовой Абай Маликовны на тему: «Молекулярное наслаивание тонких плёнок оксида молибдена, смешанных титан-молибденовых и алюминий-молибденовых оксидных плёнок и их характеристика», представленная на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 Химия твёрдого тела, отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842 в последней редакции), выдвигаемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата химических наук

Диссертационная работа Максумовой Абай Маликовны является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научные полностью обоснованные данные и выводы. Результаты работы, как это уже отмечено ранее, имеют важнейшее значение для развития науки и промышленности Российской Федерации.

Таким образом, диссертационная работа, представленная к защите Максумовой Абай Маликовной, имеет практическую значимость, новизну в части отдельных результатов исследований и применённых подходов, а её

автор заслуживает присвоения степени кандидата химических наук по специальности 1.4.15 Химия твёрдого тела.

Официальный оппонент  Морозов Павел Евгеньевич

Морозов Павел Евгеньевич

Кандидат химических наук (специальность 02.00.21 – Химия твердого тела)

Ведущий инженер

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»

199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7/9

Тел: +7 (921) 755-75-26

e-mail: comitcont@ya.ru

Подпись официального оппонента Морозова Павла Евгеньевича заверяю:

И.о. начальника
отдела кадров № 3
И.И. Константинова

Копия
25.04.2024



Текст документа размещен
в открытом доступе
на сайте СПбГУ по адресу
<http://spbu.ru/science/expert.html>

Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей