

Министерство образования и науки  
Российской Федерации

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Московский физико-технический институт  
(государственный университет)  
(МФТИ)**

Юридический адрес: 117303, г. Москва,  
ул. Керченская, дом 1 «А», корпус 1

Почтовый адрес: 141700, Московская обл.,  
г. Долгопрудный, Институтский переулок, 9  
Тел.: 408-57-00, факс: 408-68-69

06.11.2015 № 8.16-02/4677  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

В диссертационный совет Д 212.190.06  
при ФГБОУ ВПО Петрозаводском  
государственном университете (ПетрГУ)

185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33

#### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации «ЭЛЕКТРОХРОМНЫЙ ЭФФЕКТ В ГИДРАТИРОВННОМ ПЕНТАОКСИДЕ ВАНАДИЯ», представленной Яковлевой Дарьей Сергеевной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

**Актуальность работы.** В работе изучается внутренний электрохромный эффект в тонких пленках гидратированного пентаоксида ванадия, особенностью протекания которого является отсутствие электролита. На сегодняшний день отсутствует четкое понимание механизма реализации данного явления, изучение которого позволит получить новые сведения о природе электрохромизма, а также может быть использовано для получения новых материалов для устройств гибкой электроники. Сказанное определяет актуальность диссертационной работы.

**Научная новизна и основные результаты.** В работе установлены параметры оптимальной реализации внутреннего электрохромного эффекта в планарной структуре: напряжение и сила тока, необходимые для начала окрашивания, время окрашивания, их зависимость от толщины пленок.

Выявлено изменение морфологии поверхности исследуемых пленок и их внутренней структуры при электрополевом воздействии, выражющиеся в размытии волокнообразной поверхности пленки и уменьшении содержания воды в межслоевом пространстве.

Показано увеличение времени релаксационных процессов, протекающих в пленках при электрополевом воздействии, обнаружены новые особенности поведения вольт-амперных характеристик пленок.

Предложена модель реализации внутреннего электрохромного эффекта, основанная на

представлениях о частичном преобразовании цепочек ванадий-килородных октаэдров в молекулы поливанадиевых кислот в частности, соединений типа гексаванадиевой  $H_4V_6O_{17}$  ( $3V_2O_5 \cdot 2H_2O$ ) кислоты или декаванадиевой кислоты  $H_6V_{10}O_{28}$  ( $5V_2O_5 \cdot 3H_2O$ ). Модель дополнена кантово-механическим расчетом прочности связей в ванадий-килородных октаэдрах. Показано, что прочность мостиковых связей (V-O-V) в  $V_2O_5$  октаэдрах по критерию заселенности уровней перекрывания атомных орбиталей слабее, чем в граневых и вершинных связях, а следовательно при внедрении протонов энергетически выгодным является образование не бронз  $H_xV_2O_5$ , а поливанадиевых кислот.

Представленные в диссертации результаты и выводы достаточно хорошо обоснованы и достоверны. Основные результаты работы были доложены на различных российских и международных конференциях. По результатам исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 5 статей в журналах из перечня ВАК.

По содержанию автореферата можно сделать следующие замечания:

1. В таблице 1 указаны всего три значения толщины образца, нельзя сделать вывод о характере зависимости напряжения и времени окрашивания от толщины. Параметры  $t$  и  $t_0$  – разные?
  2. На рис 2. указана толщина пленки, на прочих рисунках (с 3-го по 9-й) не указана.
  3. Подписи к осям на графиках указаны то на русском языке, то на латинице.

Результаты, полученные диссертантом, имеют большое значение для понимания природы внутреннего электрохромного эффекта, вносят существенный практический вклад в науку. Диссертация является законченной квалификационной работой и отвечает критериям, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24-го сентября 2013 г. № 842. Ее автор Яковлева Дарья Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Доктор физико-математических наук, профессор,  
член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой физической механики  
Место работы: Московский физико-технический институт  
(государственный университет)  
Адрес: 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер.9  
Телефон: +7 (495) 408-63-54  
E-mail: son@mpt.ru

Подпись Сона Эдуарда Евгеньевича заверяю  
Заведующий лабораторией «Физическая механика»



А.М.Балакирев