

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Федотова Алексея Юрьевича «Многоуровневое математическое моделирование процессов формирования наноструктур в газовой среде»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Значительная часть технологических процессов изготовления тонких пленок или нанокомпозитов связана с газообразными средами. В течение роста нанопленок в них могут наблюдаться механизмы перестройки поверхностного слоя кристалла, в результате которых его атомная структура существенным образом будет отличаться от структуры соответствующих атомных плоскостей в объеме кристалла. Итоговая структура и свойства формируемых нанопленок в значительной степени зависят от данных поверхностных модификаций, что влечет за собой необходимость дополнительных исследований и тщательного контроля процессов конденсации и образования наноструктур. Эти причины обуславливают **актуальность** выполненной диссертационной работы.

**Теоретическая значимость** исследования определяется построением многоуровневой модели, описывающей формирование, взаимодействие и конденсацию наноструктур на различных масштабных уровнях. Предложенная модель обладает научной новизной и практической значимостью для повышения качественных и функциональных характеристик наноматериалов.

**Достоверность** результатов исследования обусловлена корректным использованием известных представлений и законов динамики частиц, методов механики сплошных сред, применением апробированных эффективных численных методов. Подтверждается удовлетворительным соответствием теоретических и экспериментальных данных.

По работе имеются следующие **замечания и вопросы**:

- Каким образом моделировался процесс окисления при исследовании конденсационных процессов наноаэрозоля, используемого в пожаротушащих газогенераторах?

- Из автореферата неясно, моделировалась ли в задачах осаждения нанопленок реконструкция поверхности подложек?
- Желательно более подробное обоснование процесса согласования данных между подмоделями квантово-механических расчетов, молекулярно-динамического моделирования и мезодинамических расчетов.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и квалификацию ее автора. По работе в достаточном количестве имеется ряд **публикаций** в ведущих научных изданиях, включенных в российские и зарубежные базы цитирования, в том числе перечень журналов Высшей аттестационной комиссии – 12, Web of Science, Scopus, Russian Science Citation Index – 26. Диссертационная работа прошла хорошую **апробацию**, была представлена на международных и всероссийских конференциях.

Считаю, что диссертация А.Ю. Федотова удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Федотов Алексей Юрьевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Директор Высшей школы теоретической механики  
и математической физики (ВШТМиМФ)  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»  
д-р физ.-мат. наук, чл.-кор. РАН



А.М. Кривцов

Дата составления отзыва: 29.08.2022 г.

Кривцов Антон Мирославович, доктор физико-математических наук (специальность 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела), член-корреспондент РАН, директор Высшей школы теоретической механики и математической физики (ВШТМиМФ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ),

адрес: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,  
e-mail: akrivtsov@bk.ru, тел. +7 (812) 290-98-72.

Я, А.М. Кривцов, даю свое согласие на включение персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации и их дальнейшей обработкой.

Подпись Кривцова Антона Мирославовича заверяю:

Инспектор отдела кадров

\_\_\_\_\_

С.С.С.С.С.

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Федотова Алексея Юрьевича «Многоуровневое математическое моделирование процессов формирования наноструктур в газовой среде»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Значительная часть технологических процессов изготовления тонких пленок или нанокомпозитов связана с газообразными средами. В течение роста нанопленок в них могут наблюдаться механизмы перестройки поверхностного слоя кристалла, в результате которых его атомная структура существенным образом будет отличаться от структуры соответствующих атомных плоскостей в объеме кристалла. Итоговая структура и свойства формируемых нанопленок в значительной степени зависят от данных поверхностных модификаций, что влечет за собой необходимость дополнительных исследований и тщательного контроля процессов конденсации и образования наноструктур. Эти причины обуславливают **актуальность** выполненной диссертационной работы.

**Теоретическая значимость** исследования определяется построением многоуровневой модели, описывающей формирование, взаимодействие и конденсацию наноструктур на различных масштабных уровнях. Предложенная модель обладает научной новизной и практической значимостью для повышения качественных и функциональных характеристик наноматериалов.

**Достоверность** результатов исследования обусловлена корректным использованием известных представлений и законов динамики частиц, методов механики сплошных сред, применением апробированных эффективных численных методов. Подтверждается удовлетворительным соответствием теоретических и экспериментальных данных.

По работе имеются следующие **замечания и вопросы**:

- Каким образом моделировался процесс окисления при исследовании конденсационных процессов наноаэрозоля, используемого в пожаротушащих газогенераторах?

- Из автореферата неясно, моделировалась ли в задачах осаждения нанопленок реконструкция поверхности подложек?
- Желательно более подробное обоснование процесса согласования данных между подмоделями квантово-механических расчетов, молекулярно-динамического моделирования и мезодинамических расчетов.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и квалификацию ее автора. По работе в достаточном количестве имеется ряд **публикаций** в ведущих научных изданиях, включенных в российские и зарубежные базы цитирования, в том числе перечень журналов Высшей аттестационной комиссии – 12, Web of Science, Scopus, Russian Science Citation Index – 26. Диссертационная работа прошла хорошую **апробацию**, была представлена на международных и всероссийских конференциях.

Считаю, что диссертация А.Ю. Федотова удовлетворяет всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Федотов Алексей Юрьевич – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Директор Высшей школы теоретической механики  
и математической физики (ВШТМиМФ)  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский  
политехнический университет Петра Великого»  
д-р физ.-мат. наук, чл.-кор. РАН

А.М. Кривцов

Дата составления отзыва: 29.08.2022 г.

Кривцов Антон Мирославович, доктор физико-математических наук (специальность 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела), член-корреспондент РАН, директор Высшей школы теоретической механики и математической физики (ВШТМиМФ) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ),

адрес: 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,  
e-mail: akrivtsov@bk.ru, тел. +7 (812) 290-98-72.

Я, А.М. Кривцов, даю свое согласие на включение персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации и их дальнейшей обработкой.

Подпись Кривцова Антона Мирославовича заверяю:

Инспектор отдела кадров

