

DLR e. V. Forschungsgruppe Komplexe Plasmen  
Oberpfaffenhofen, Postfach 11 16, 82230 Weßling

Ihr Zeichen  
Ihr Schreiben  
Unser Zeichen

185910, Республика Карелия,  
г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33,  
Петрозаводский Государственный  
Университет,  
Физико-технический факультет,  
ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д212.190.06 Пикулеву В. Б.

Ihr Gesprächspartner **Mikhail Pustynnik**  
  
Telefon **08132/28-1216**  
Telefax 08153 28-  
E-Mail **Mikhail.pustynnik@dlr.de**

16. September 2016

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Семенова Александра Владимировича «Исследование модификации поверхности частиц меламин-формальдегида (MF-R) в комплексной плазме», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника.

Диссертационная работа Семенова Александра Владимировича посвящена изучению физических процессов, лежащих в основе модификации поверхности левитирующих в плазме микрочастиц из меламин-формальдегида (МФ). МФ – один из немногих полимерных материалов, служащий основой для производства микросфер с очень малым (до 2%) разбросом по диаметрам. Такие частицы использовались и продолжают использоваться в экспериментах с комплексной плазмой («Плазменный Кристалл 3» и «Плазменный Кристалл 4») в условиях микрогравитации на Международной Космической Станции. Их использование планируется и в космическом эксперименте следующего поколения («ЭКоПлазма»). Понимание процессов взаимодействия плазмы с поверхностью микрочастиц может потенциально привести к развитию новых технологий плазменной обработки поверхности. По этой причине работа представляет несомненный научный и практический интерес.

К автореферату имеются следующие замечания:

1. Автор несколько раз употребляет термин «всесторонняя поверхностная модификация». Интересно было бы узнать, что под этим термином подразумевается? В чем особенность метода модификации поверхности полимерного материала в слабоионизованной среде?
2. Некоторые уже известные из предыдущих работ и нашедшие подтверждение в данной работе результаты даются автором без ссылок. Например, о большей скорости распыления МФ-частиц в аргон-кислородной плазме по сравнению с чисто аргоновой было сообщено в Mitic et.al., J. Phys. D 45, 335203 (2013). О масс-спектрометрических исследованиях аргоновой плазмы, содержащей МФ-частицы, сообщалось в Killer et.al., Plasma Sources Sci. Technol. 24, 025029 (2015). Было бы интересно увидеть сравнение результатов масс-спектрометрии, проведенной автором, и результатов масс-спектрометрии, опубликованных в упомянутой выше работе. Хотелось бы



обратить внимание на то, что результаты масс-спектрометрии являются положением, выносимым автором на защиту.

3. В автореферате отсутствуют данные о характерных энергиях связей в МФ. Известны ли автору эти (ключевые для понимания процессов модификации поверхности) величины?
4. При рассмотрении потоков энергии на поверхность частицы (уравнение 2) не учитывается вклад неравновесного излучения плазмы и метастабильных атомов. Почему?
5. Остается неясным механизм распыления МФ в плазме чистого благородного газа. Может ли автор назвать процессы, которые потенциально могли бы приводить к распылению? Какой механизм представляется автору наиболее вероятным?
6. Крайне интересны данные по фрактальной структуре поверхности МФ-частиц. Подобные данные приводятся впервые. Каковы физические последствия фрактальной структуры поверхности частиц, ее влияние, например, на равновесный заряд частицы в плазме?
7. Может ли автор на основе имеющихся экспериментальных данных дать какие-либо рекомендации для космических экспериментов с комплексной плазмой, содержащей МФ частицы? Например, каково было бы ограничение на длительность работы на статическом давлении из-за загрязнения рабочего газа продуктами распада частиц и вследствие изменения размеров частиц?

Приведенные выше замечания никоим образом не снижают ценности работы и не портят общего положительного мнения об автореферате. Считаю, что диссертация А.В. Семенова полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 - физическая электроника.

к.ф.-м.н., научный сотрудник  
Немецкого Аэрокосмического  
Центра

Пустыльник Михаил Юрьевич

Почтовый адрес организации: Forschungsgruppe Komplexe Plasmen, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Münchener Straße 20, 82234 Weßling, Germany  
Телефон: +498153281216  
E-mail: mikhail.pustyl'nik@dlr.de