



Трёхмерная структура плазменно-пылевых образований в разряде постоянного тока переменной полярности в условиях микрогравитации и ее долговременная эволюция.

Зобнин А.¹, Усачев А.¹, Липаев А.¹, Петров О.^{1,2}, Митич С.³, Пустыльник М.³, Эрдл Д.³, Тома, М. Х.⁴, Х. М. Томас Х. М.³, Кононенко О.⁵

¹ Объединенный институт высоких температур РАН, Ижорская 13 стр.2, 125412 Москва, Россия;

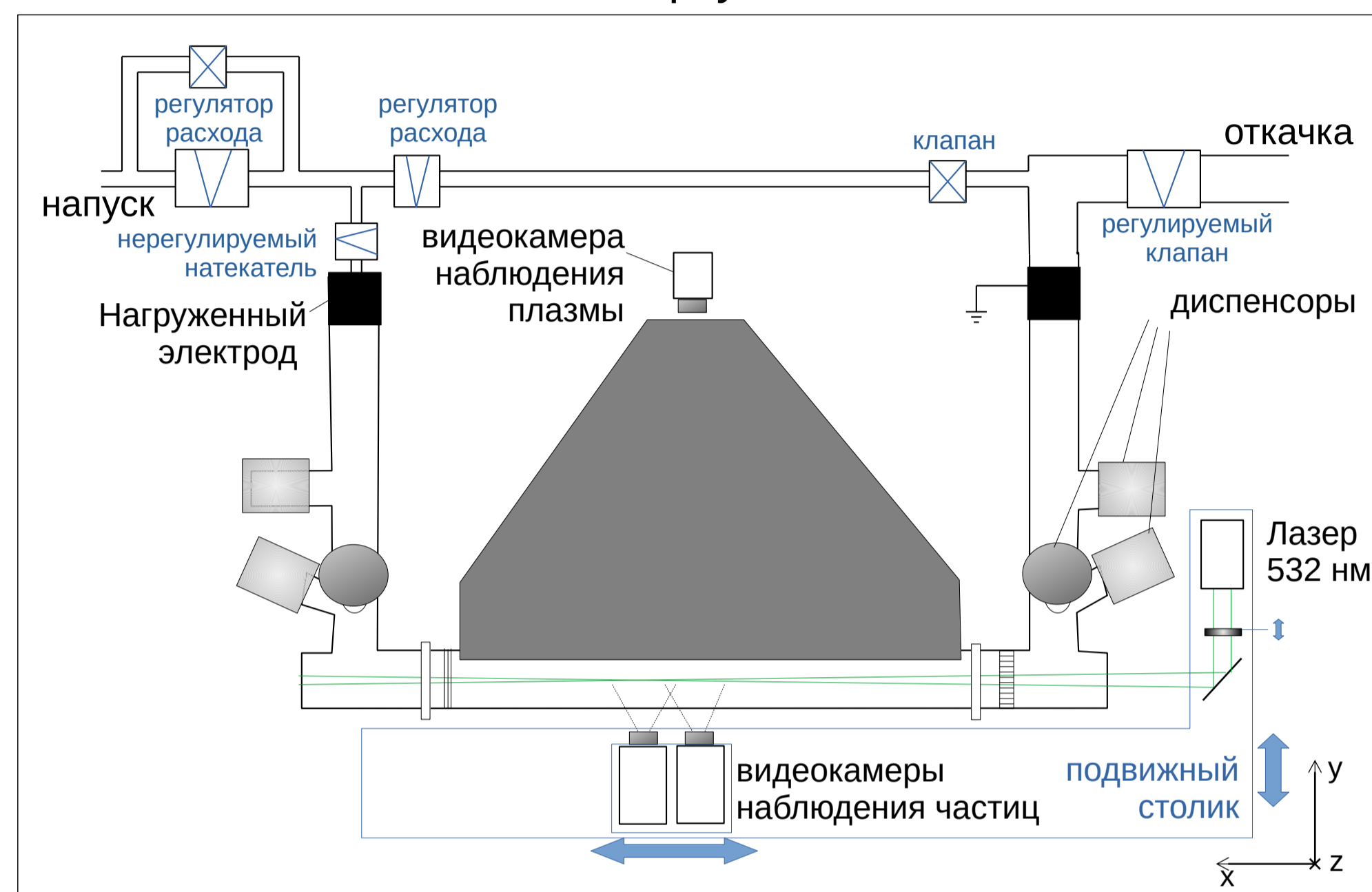
² Московский физико-технический институт, Институтский проезд 9, 141700 Долгопрудный, Россия;

³ Institut für Materialphysik im Weltraum, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Münchener Straße 20, 82234 Weßling, Germany;

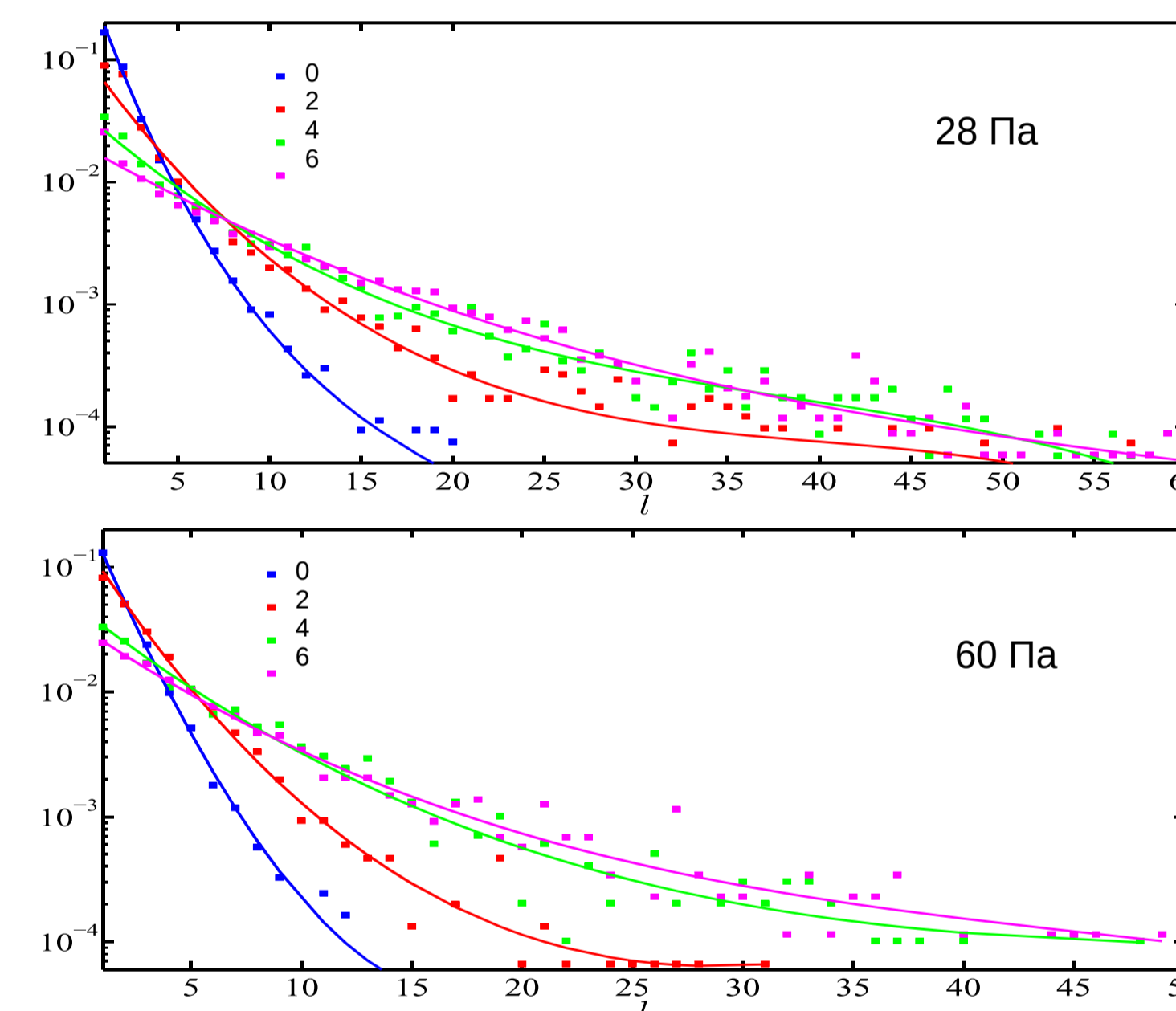
⁴ Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 16, 35392 Gießen, Germany ;

⁵ Центр подготовки космонавтов им. Гагарина, 141160 Звездный городок, Россия

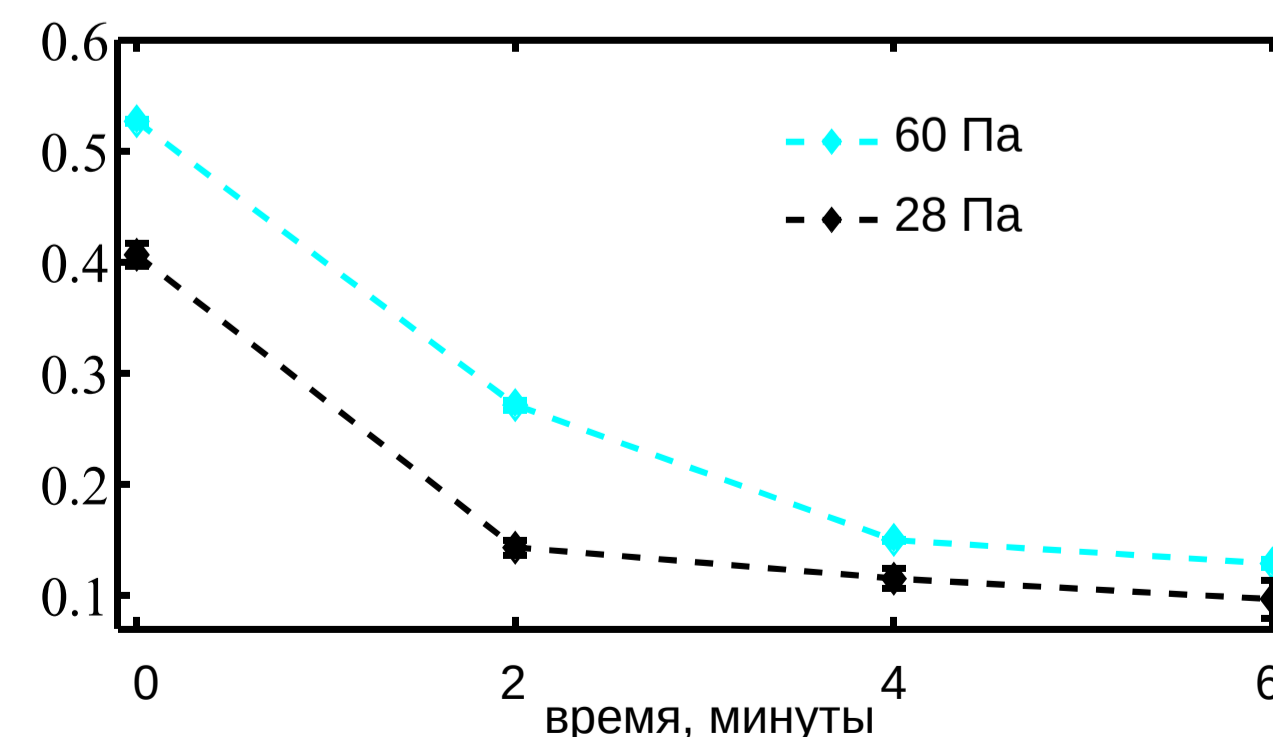
Схема установки ПК-4 (после модификации) на борту МКС



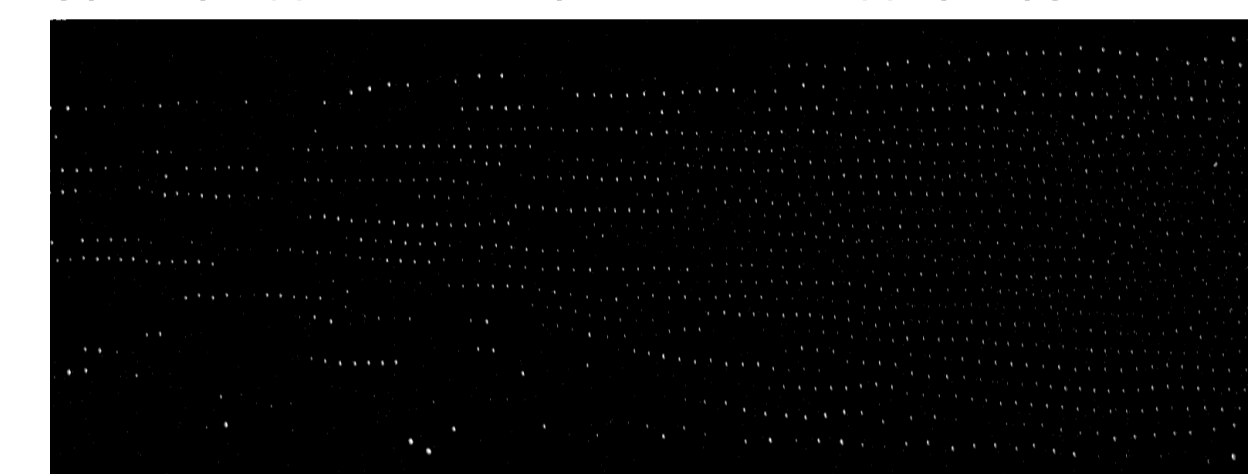
Обнаружено, что с течением времени доля частиц, входящих в цепочки, и средняя длина цепочек возрастают на временных масштабах измеряемых минутами. Наследующих графиках показаны функции распределения цепочечных кластеров по количеству частиц (нормировка проводилась на полное число частиц в исследуемом фрагменте облака), полученные из анализа сканов, выполненных сразу после формирования структуры и через 2, 4 и 6 минут спустя. Верхний рисунок соответствует эксперименту при 28 Па аргона, нижний — 60 Па.



Функции распределения можно характеризовать логарифмической производной на начальном участке, что дает значение, близкое к обратной величине средней длины цепочки. Зависимость логарифмической производной от времени показана на следующем рисунке.



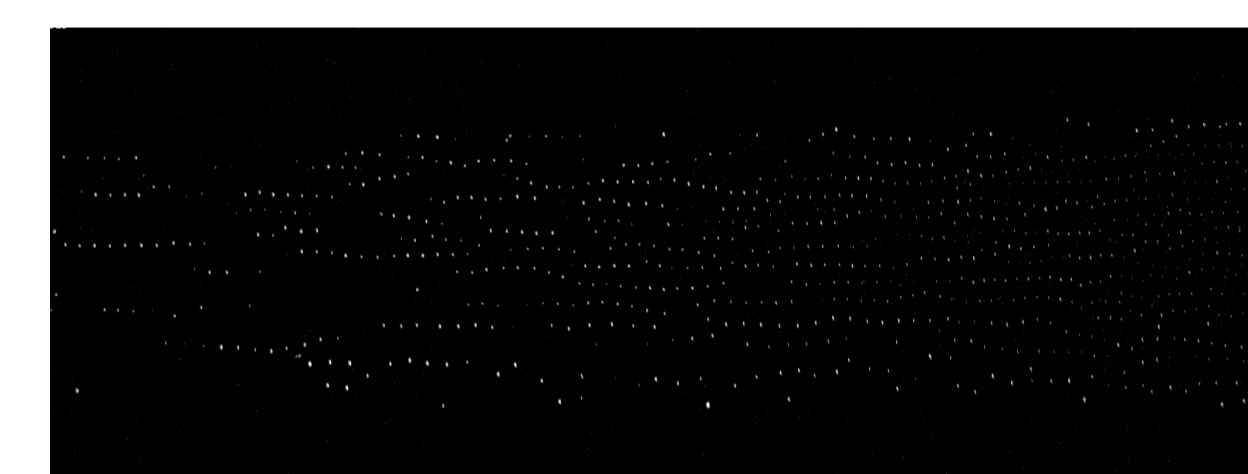
Следует отметить, что в случае разрушения прядка, например кратковременным выключением разряда, восстановление исходной структуры происходит за короткое время, порядка 4 секунд. Так на следующих рисунках показано сечение пылевой структуры при давлении аргона 30 Па до разрушения,



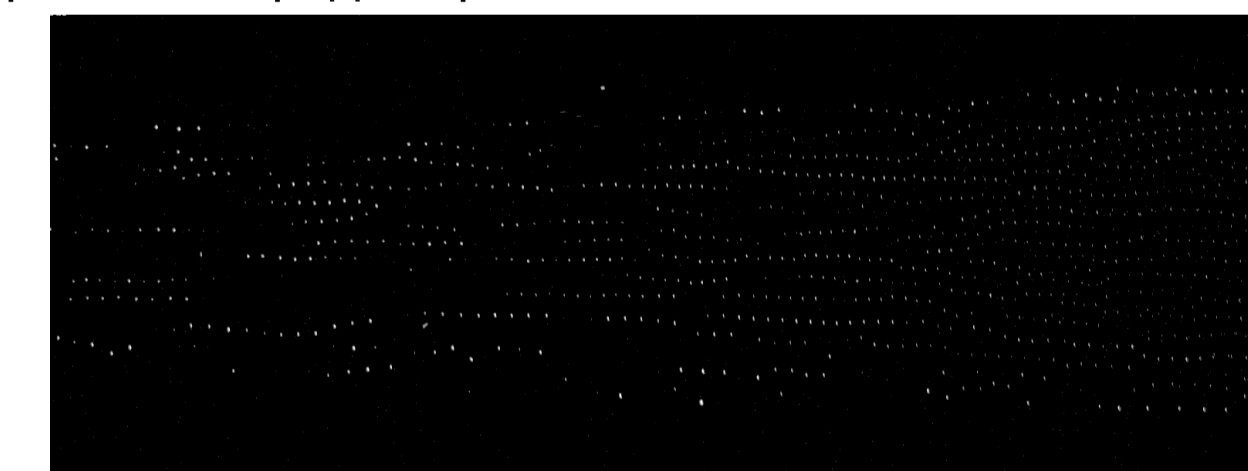
сразу после выключения разряда на 0.3 с (порядок разрушен),



через 2 с



и через 4 с. Порядок практически восстановлен.



Оценки скорости обновления газа в рабочей камере и установления стационарной концентрации примесей дают величину порядка 10 с, что значительно меньше характерного времени эволюции цепочечных структур, наблюдаемой в эксперименте. Можно предположить, что процесс увеличения длины цепочечных кластеров связан либо с постепенным «растеканием» пылевого облака и уменьшением его диаметра (за время наблюдения диаметр облака уменьшался с 4.3 мм до 4.1 мм при 28 Па и с 4.6 до 3.2 мм при 60 Па), либо с плазменным травлением пылевых частиц и увеличением дисперсии частиц по размерам.

Липаев и Усачев получали поддержку Российского научного фонда, грант № 20-12-00365

Основные параметры экспериментов
газ — аргон, давления 28 - 60 Па,
частицы — меламинформальдегид диаметром 3.38 мкм,
ток разряда 0.5 мА, частота переключения полярности 500 Гц,
скважность 0.98 / 1.02

Определение 3-D структуры пылевого облака методом сканирования

Скорость сканирования 0.9 мм/с

Частота камер наблюдения частиц 60 кадров в секунду

Ширина лазерного ножа (на уровне 50%) меняется от 40 до 150 мкм в пределах кадра

Пример восстановления трёхмерной структуры из анализа результатов сканирования. 28 Па, 6 минут после начала эксперимента. Методом анализа ближайших соседей выделены цепочки частиц и определена их длина. Голубым цветом отмечены частицы, находящиеся в цепочках длиной не более 9 частиц, зеленым — от 10 до 14 частиц, красным — от 15 до 19 и синим — 20 и более.

