

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЯДА

Ж. Ж. Тасбаев, М. К. Досболаев, Т. С. Рамазанов, Л. Г. Дьячков*

НИИЭТФ, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби,

Аль-Фараби 71, Алматы, Казахстан

*Объединенный Институт Высоких Температур РАН, Москва, Россия



Исследовано влияние продольного постоянного магнитного поля на динамику пылевых структур в стратах тлеющего разряда постоянного тока. Целью работы является изучение влияния различных параметров разряда на вращение пылевых структур в стратифицированных разрядах под воздействием магнитного поля для более глубокого понимания механизмов такого воздействия.

Эксперименты выполнены на установке, описанной в [1]. Получены зависимости скорости вращения от тока разряда и давления рабочего газа. Результаты эксперимента анализировались и сравнивались с данными других работ [2,3]. Выполненные оценки и предварительные расчеты показывают, что полученные экспериментальные данные согласуются с теоретическими представлениями о механизмах вращения пылевых структур в магнитном поле, развитыми в [4].

Экспериментальное условие

Тлеющий разряд:

Цилиндрическая стеклянная R=23 мм и межэлектродное расстояние 55 см

Рабочий газ: Аргон

Давление газа: P=0.1-0.3 Торр

Ток разряда: I=0,7 - 2,3 мА

Частицы:

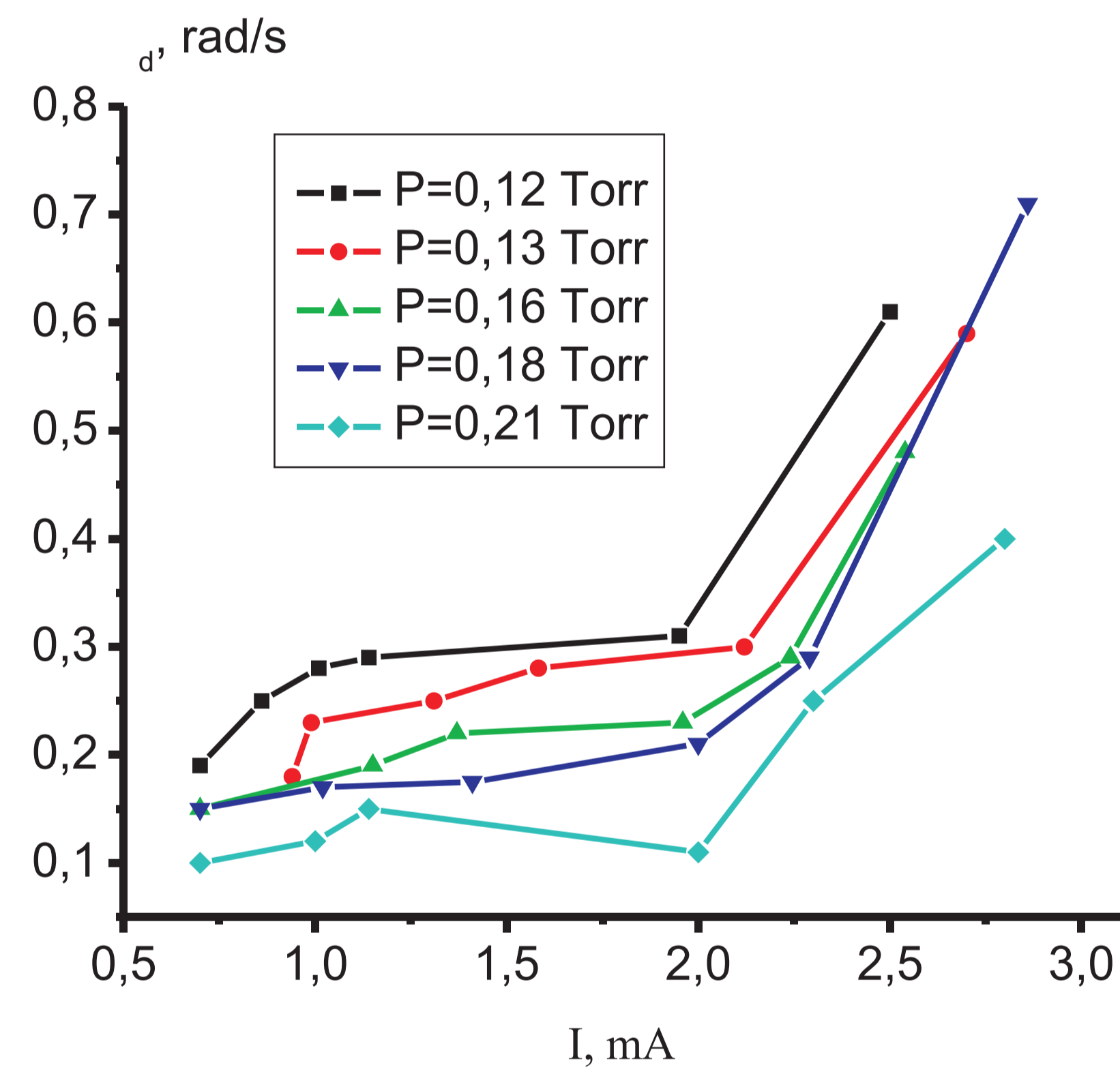
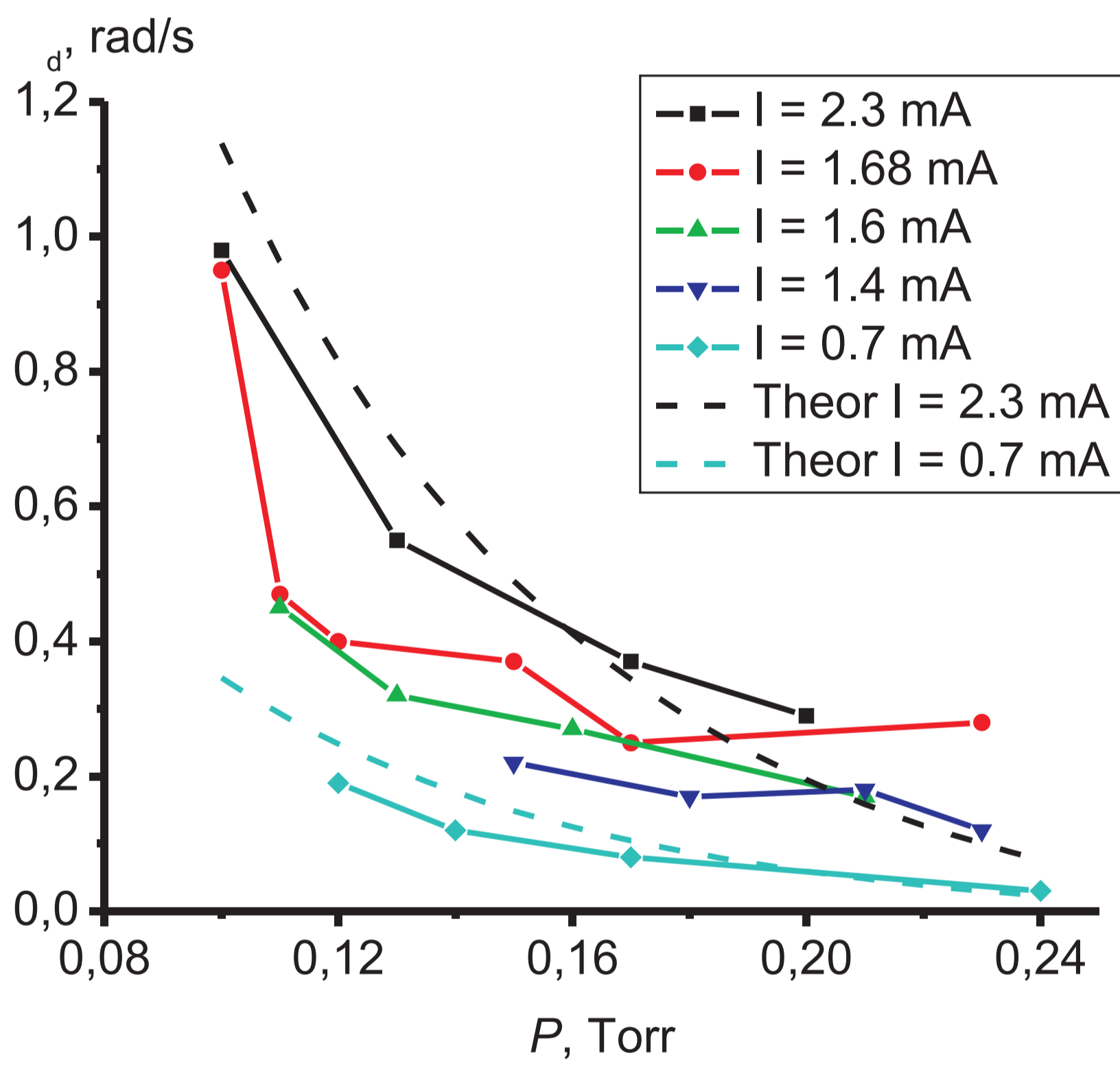
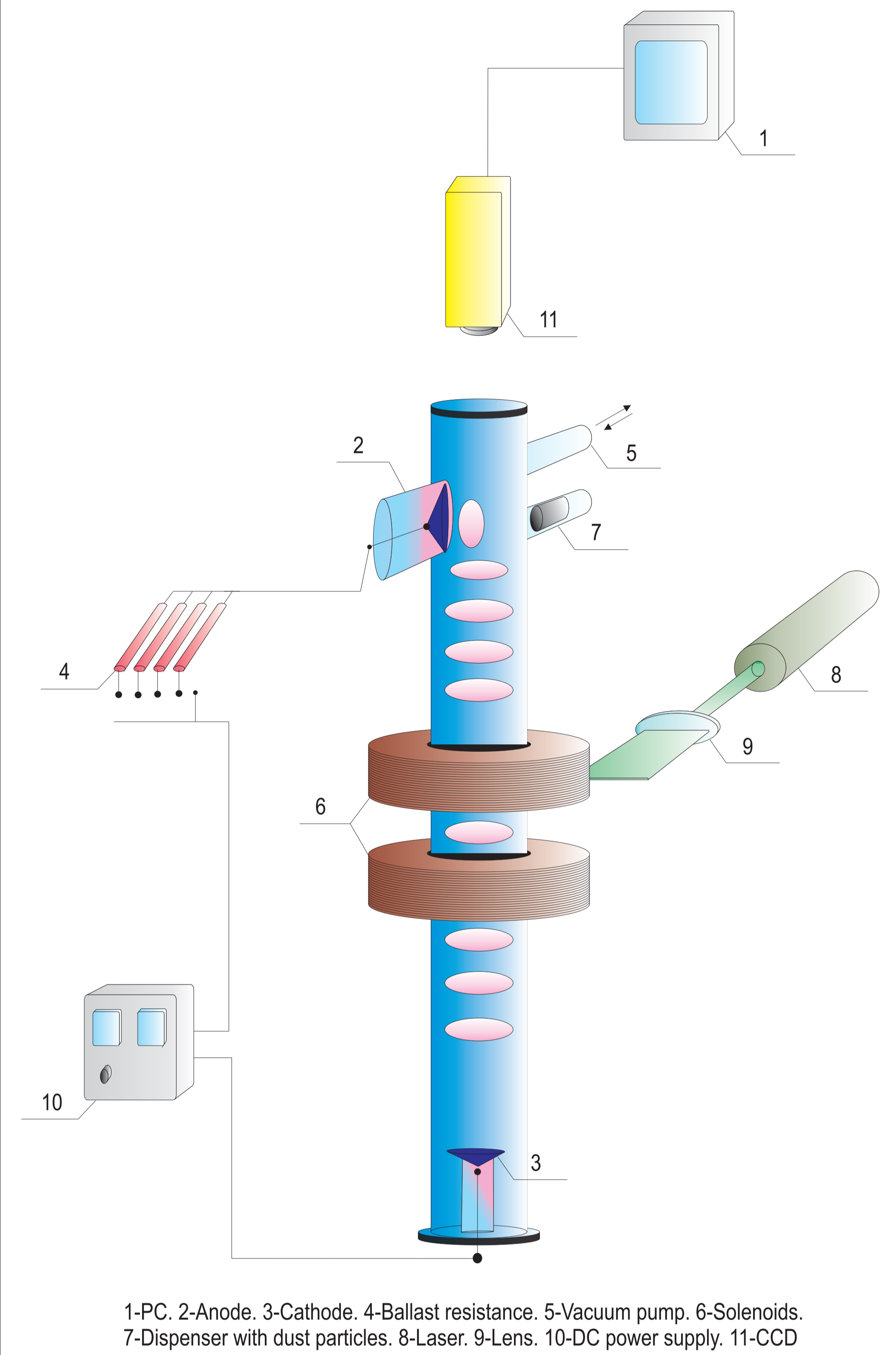
Al₂O₃ полидисперсные частицы диаметром 1-10 мкм

Визуализация и регистрация:

Твердотельный лазер 532 нм и P=1-250 мВт

Скоростная видеокамера 250 кад/с

Экспериментальная установка



Для условий эксперимента выполнены оценки скорости вращения пылевой структуры в аксиальном магнитном поле по формуле [4]

$$\omega = n \sqrt{\frac{T_a}{m_a}} \frac{b}{3} \frac{eB}{ea} \frac{2.9z^2}{R^2 n_a} \frac{1}{(4 \frac{z^2}{iB} \frac{z^2}{ia})} \frac{1}{2} \frac{iB}{ia} \frac{eB}{ea} \sqrt{T_i / m_i}$$

n_a, n – концентрация атомов и плазмы

σ_a – газо-кинетическое сечение атома

v_{ia}, v_{ea} – частоты столкновений

ω_{ia}, ω_{ea} – частоты Лармора

T_e / T_i

$z = |Z_d| e^2 / a T_e$ – безразмерный заряд пылевой частицы. В расчете полагалось $z = 2$, т.е.

$z = z_{OML} = 2.4$ для Ag (учтено влияние ион-атомных столкновений)

Поскольку ток разряда I непосредственно не входит в (1), для оценок принято,

что n пропорциональна току и $n = 3 \cdot 10^7 \text{ см}^{-3}$ при $I_{max} = 2.3 \text{ мА}$.

Для $I_{max} = 2.3 \text{ мА}$ и $I_{min} = 0.7 \text{ мА}$ расчет показан штриховыми кривыми.

$0 < b < 1$ параметр. В расчете принято $b=1/2$

Во всем диапазоне исследованных условий направление вектора угловой скорости противоположно направлению вектора магнитного поля. Согласно [4] это означает, что вращение вследствие увлечения ионами (2-й член в (1)) преобладает над вращением вместе с нейтральным газом (1-й член в (1)).

Заключение

Получены зависимости скорости вращения пылевой структуры в страте DC разряда в аксиальном магнитном поле от давления и тока разряда при $0.1 \text{ Torr} < P < 0.24 \text{ Torr}$ и $0.7 \text{ мА} < I < 2.3 \text{ мА}$.

Направление вращения – против часовой стрелки, если смотреть вдоль магнитного поля.

Экспериментальные данные согласуются с оценкой, выполненной согласно [4], и показывают, что вращение под действием ионного увлечения доминирует над увлечением нейтральным газом.

Литература:

- [1]. Ramazanov T.S., Dosbolaev M.K., Dzhumagulova K.N., Jumabekov A.N., Phys. Plasmas, 2008. 15. 053704.
- [2]. Karasev V.Yu., Dzhlieva E.S., Ivanov A.Yu., Eikhval'd A.I., Phys. Rev. E, 74 (2006) 066403.
- [3]. Vasiliev M.M., D'yachkov L.G., Antipov S.N., Petrov O.F., Fortov V.E., JETP Lett. 86 (2007) 358.
- [4]. Vasiliev M.M., D'yachkov L.G., Antipov S.N., Huijink R., Petrov O.F., Fortov V.E., EPL 98 (2011) 15001.