

ҚР БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
ӘЛ-ФАРАБИ АТ. ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ТЕОРИЯЛЫҚ ФИЗИКА
ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ
АШЫҚ ТҮРДЕГІ ҰЛТТЫҚ НАНОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
ЗЕРТХАНА

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE RK
AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY
SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
AND THEORETICAL PHYSICS
NATIONAL NANOTECHNOLOGY OPEN LABORATORY

**«ФИЗИКАНЫҢ ЗАМАНАУИ ЖЕТІСТІКТЕРІ ЖӘНЕ
ІРГЕЛІ ФИЗИКАЛЫҚ БІЛІМ БЕРУ» атты
9-ші Халықаралық ғылыми конференцияның
ТЕЗИСТЕР ЖИНАҒЫ
*12-14 қазан, 2016, Алматы, Қазақстан***

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ
9-ой Международной научной конференции
«СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ФИЗИКИ
И ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ ФИЗИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ»
*12-14 октября, 2016, Алматы, Казахстан***

**BOOK OF ABSTRACTS
of the 9th International Scientific Conference
«MODERN ACHIEVEMENTS OF PHYSICS AND
FUNDAMENTAL PHYSICAL EDUCATION»
*October, 12-14, 2016, Kazakhstan, Almaty***

Алматы
«Қазақ университеті»
2016

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТОЙ СРЕДЫ ИЗ ГРАФЕНА И ДИЭЛЕКТРИКА С.Б.Момынов, А.Е.Давлетов, Ж.А. Кудышев, И.Р.Габитов	101
РАЗРАБОТКА УЗЛОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РЕАКТОРА «ПЛАЗМЕННЫЙ ФОКУС» А.М. Жукешов, Б.М. Ибраев, Б.М. Усеинов, Ж.М. Молдабеков, К. Серик, С. Ерлан	103
ИССЛЕДОВАНИЕ ПУЧКА ИОНОВ В ИМПУЛЬСНО-ПЛАЗМЕННОМ УСКОРИТЕЛЕ С ПОМОЩЬЮ ЦИЛИНДРА ФАРАДЕЯ А.Б.Тажен, А.У.Утегенов, М.К.Досболаев, Т.С.Рамазанов,М.И.Кайканов, А.В.Тихонов.....	105
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЕГО С МАТЕРИАЛАМИ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА А.У. Утегенов, А.Б. Тажен, М.Қ. Досболаев, Т.С. Рамазанов	107
ВАКУУМДЫҚ ДОҒАЛЫҚ ҮДЕТКІШ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСЫНЫҢ ВИРТУАЛЬДІ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСЫН ЖАСАҚТАУ А.М. Жүкешов, А.Т. Габдуллина, А.У. Амренова, Қ. Фермахан, Г.А. Адамбек, С. Жұмабек	109
ВРЕМЕННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ПЫЛЕВОЙ ЧАСТИЦЫ В ПРИСТЕНОЧНОЙ ПЛАЗМЕ ТЕРМОЯДЕРНОГО РЕАКТОРА Н.Х. Бастыкова, С.К. Коданова, Т.С. Рамазанов.....	110
УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ПОЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА Н.Х.Бастыкова, С.К.Коданова, Т.С.Рамазанов, З.Донко, Ж.А. Молдабеков.....	111
СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТОРМОЖЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ ИТС С.К.Коданова, Т.С.Рамазанов, Э.С.Слямова, М.К. Исанова	113
ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ В ПЛАЗМЕ ЭЛЕКТРОДУГОВОГО РАЗРЯДА А.М. Жүкешов, А.Т. Габдуллина, А.У. Амренова, Қ. Фермахан, М. Мухамедрысқызы, Ж. Рысбекова	115
ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА КОАКСИАЛЬНОМ ПЛАЗМЕННОМ УСКОРИТЕЛЕ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ А.М. Жукешов, А.Т. Габдуллина, А.У. Амренова, Ж.М. Молдабеков, Қ. Серік.....	116
ФОРМИРОВАНИЕ ПЫЛЕВЫХ ВОЙДОВ В ПЛАЗМЕ РАЗРЯДА ПОСТОЯННОГО ТОКА А.В. Федосеев, Г.И. Сухинин, М.В. Сальников, А.М. Ростом, А.Р. Абдирахманов, М.К. Досболаев, Т.С. Рамазанов	118
3-СЕКЦИЯ. Жылу физикасы және техникалық физика SECTION 3. Thermal Physics and Technical Physics	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ УГЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КИНЕТИЧЕСКИХ СХЕМ ФОРМИРОВАНИЯ АЗОТИСТЫХ ВЕЩЕСТВ А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, М.Т. Бекетаева	122
БКЗ-420-140-7С ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ КӨМІРДІҢ ТУРБУЛЕНТТІК ЖАНУЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, А. Бекмұхамет, Ш. Оспанова, Ж. Нағашыбай.....	124
СҰЙЫҚ ОТЫН ТАМШЫЛАРЫНЫҢ БУЛАНУ ЖӘНЕ ЖАНУ ПРОЦЕСТЕРІНЕ ТИІМДІ БҰРКУ БҰРЫШЫНЫҢ ӘСЕРІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, И.Э. Березовская, Ш.С. Оспанова, А. Бекмұхамет	126
АҚСУ МАЭС-НЫҢ ПК-39 ЖАНУ КАМЕРАСЫНДА КҮЛДІЛІГІ ЖОҒАРЫ ЕКІБАСТҰЗ КӨМІРІНІҢ ЖАНУЫН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, В.Ю. Максимов, Б.Ж. Усербаев, А. Арыстан.....	128

Время жизни является одним из самых важных характеристик динамики пылевых частиц в термоядерной плазме. Время жизни сильно зависит от многих параметров, например, (i) от свойств материала, таких как теплоемкость и давление насыщенного пара, (ii) от некоторых сложных взаимодействий пылинки с плазмой, приводящих к потере массы, (iii) от свойств электронного и радиационного излучения. Значение заряда или плавающий потенциал пылинки может также повлиять на время жизни, поскольку они заметно влияют на ионные и электронные потоки на пылинку. На рисунке 2 показано время жизни пылинки в однородной дейтериевой плазме в зависимости от различных значений температуры и плотности плазмы. Кривые построены для плотности плазмы в диапазоне $10^{11}-10^{14} \text{ см}^{-3}$ и для множества различных температур электронов в диапазоне от 5-50 эВ, которые типичны для пристеночной плазмы термоядерного реактора. Как видно, при увеличении температуры электронов и плотности плазмы, время жизни пылинки монотонно уменьшается в основном из-за большой плотности энергии на пылинку, что увеличивает температуру пылинки и усиливает испарения пылинки.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3112/ГФ4 2015(ЭП-6).

- 1 Winter J. Dust: A new challenge in nuclear fusion research? // *Physics of Plasmas*. – 2000. – Vol. 7. – P. 3862.
- 2 Tsytovich V.N. and Winter J. On the role of dust in fusion devices // *Physics Uspekhi*. – 1998. – Vol. 41. – P. 815.
- 3 Winter J. Dust in fusion devices—a multi-faceted problem connecting high- and low-temperature plasma physics // *Plasma Phys. Control. Fusion*. – 2004. – Vol. 46. – P. B583.
- 4 Vignitchouk, P. Tolia and S. Ratynskaia Dust-wall and dust-plasma interaction in the MIGRAINE code // *Plasma Phys. Control. Fusion*. – 2014. – Vol. 56. – P. 095005.
- 5 Brown B.T., Smirnov R.D., Krasheninnikov S. I. Dynamics and transport of dust particles in tokamak edge plasmas // *Phys. Plasmas*. – 2014. – Vol. 21. – P. 024501.

УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ПОЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

Н.Х.Бастыкова¹, С.К.Коданова¹, Т.С.Рамазанов¹, З.Донко², Ж.А. Молдабеков¹

¹НИИЭТФ, КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Институт физики твердого тела и оптики НИЦ физики им. Вигнера, Будапешт, Венгрия

Пылевая плазма имеет ряд уникальных особенностей, которые привлекают внимание ученых со стороны различных отраслей физики [1]. Управление индивидуальными пылевыми частицами и их ансамблями представляют большой интерес для теоретического понимания фундаментальных свойств неидеальной системы и приложений. В последние годы, был достигнут значительный прогресс в управлении свойствами пылевой плазмы с использованием лазеров [1-3] и с помощью модификации внешних электрических и магнитных полей [4], [5].

В данной работе на основе метода частиц в ячейках и Монте-Карло исследуется влияние переменного напряжения на характеристики разряда, на высоту левитации пылевого слоя, который, как предполагается, состоит из монодисперсных частиц. Также показано, что

форма сигнала напряжения влияет на заряд пылевой частицы, которая обеспечивает способ нагрева пылевой системы.

В данной работе исследуется высокочастотный разряд в аргонной плазме при давлении $p=1,8 \text{ Па}$, частоте $f=13,56 \text{ МГц}$. Температура газа $T_g=350\text{К}$, расстояние между электродами $L=55\text{мм}$. Граничные условия приводятся для электродов, на один из которых подается потенциал $\varphi(t)$, а другой заземлен.

Рассмотрим следующие типы сигналов напряжения на электрод с питанием (смотрите рисунок 1.), с амплитудой $\varphi_0 = 100 \text{ В}$:

1) возбуждение разряда с гармоническим ВЧ напряжением: $\varphi(t) = \varphi_0 \sin(2\pi f_{RF}t)$;

2) возбуждение разряда с переменным напряжением и с дополнительным напряжением постоянного тока, $\varphi(t) = \varphi_0 \sin[2\pi f_{RF}t + \sin[2\pi (2f_{RF})t]] + \varphi_{dc}$.

На рисунке 2, показаны распределения плотностей электронов и ионов для трех типов сигнала возбуждения. В случае напряжения с переменным фазовым сдвигом, сильный нагрев электронов следует к быстрому расширению слоев, что приводит к увеличению плотностей электронов и ионов в плазме на коэффициент ~ 2.7 , по сравнению с гармоническим ВЧ возбуждением. Дополнительное смещение постоянного тока приводит к уменьшению максимальной плотности электронов и ионов и сдвигает положение максимума распределения плотности в направлении заземленного электрода. Эти изменения характеристик разряда также изменить левитацию высоты пылевых частиц.

Пространственно-временные распределения (эффективной) температуры электронов, полученный от средней энергии электронов для случая гармонического ВЧ возбуждения (рис. 3) и для случая возбуждения с переменным напряжением без дополнительного смещения постоянного тока (рис. 4) показаны, соответственно. Сравнивая рисунки 3 и 4, можно увидеть, что наиболее высокие значения эффективной температуры электронов найдены вблизи краев расширяющихся слоев. В случае гармонического ВЧ возбуждения, наибольшие значения находятся в порядке $\sim 4 \text{ эВ}$, в то время как в плазменном объеме порядка $\sim 2 \text{ эВ}$.

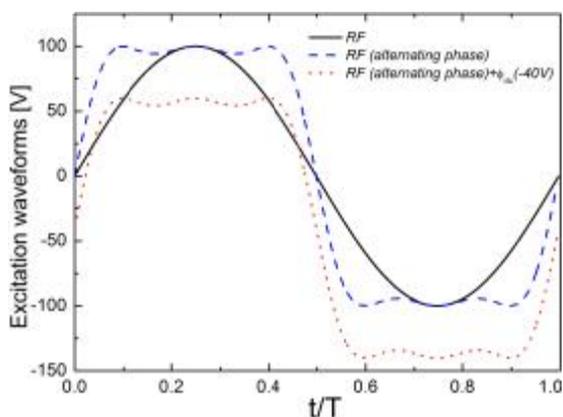


Рисунок 1 - Типы сигналов возбуждения плазмы

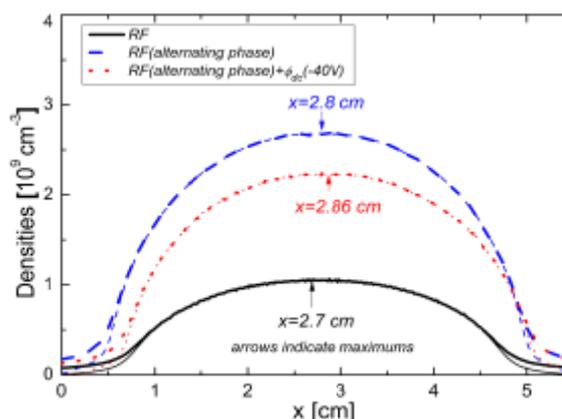


Рисунок 2 - Пространственное распределение плотности электронов и ионов

В случае напряжения с переменным фазовым сдвигом, динамика электронов существенно изменяется. Расширение слоев становится гораздо быстрее, и, следовательно, температура электронов повышается до более высоких значений по сравнению со случаем гармонического ВЧ возбуждения. Здесь T_e достигает значения превышающий 5 эВ , в то время как в объеме наблюдаются аналогичные значения как показано на рис. 3.

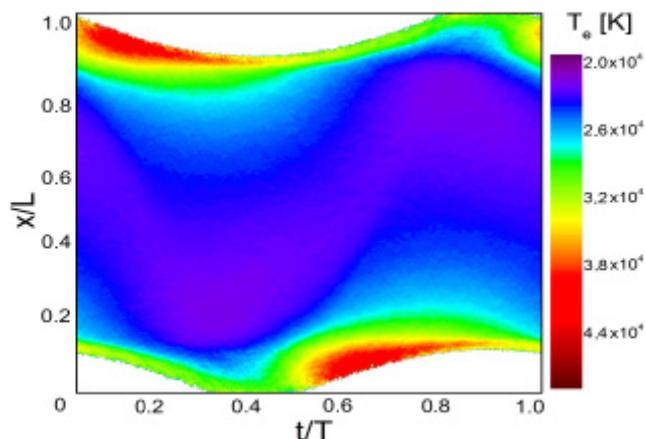


Рисунок 3 - Пространственно-временное распределение температуры электронов для случая гармонического ВЧ возбуждения

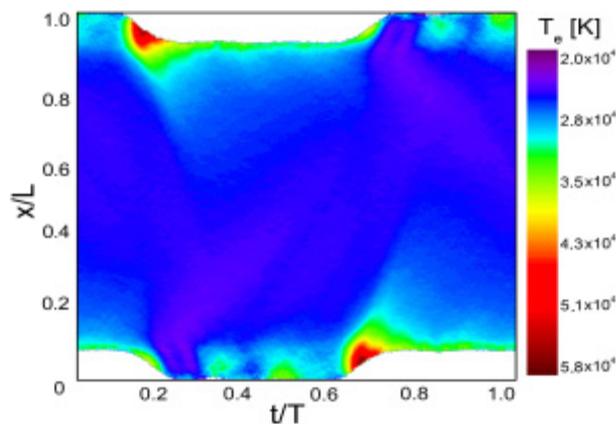


Рисунок 4 - Пространственно-временное распределение температуры электронов для случая переменного ВЧ возбуждения

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3097/ГФ4 2016 (ИПС-9).

[1] M. Bonitz, C. Henning, and D. Block (2010, May). Complex plasmas: a laboratory for strong correlations. *Rep. Prog. Phys.*, 73, p.066501

[2] Jan Schablinski, Frank Wieben, Dietmar Block (2015, April). An optical tweezer for complex plasmas. *Phys. Plasmas*, 22, p.043703; V. Nosenko and J. Goree (2004, October) Shear Flows and Shear Viscosity in a Two-Dimensional Yukawa System (Dusty Plasma). *Physical Review Letters* 93, p. 155004.

[3] Edward Thomas, Jr., Brian Lynch, Uwe Konopka, Robert L. Merlino, and Marlene Rosenberg (2015, March). Observations of imposed ordered structures in a dusty plasma at high magnetic field. 22, p. 030701.

[4] S. Iwashita, E. Schuengel, J. Schulze, P. Hartmann, Z. Donkó, G. Uchida, K. Koga, M. Shiratani, and U. Czarnetzki (2013, June). Transport control of dust particles via the electrical asymmetry effect: experimental, simulation and modeling. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46, p. 245202.

[5] T. Lafleur (2015) Multi-harmonic excitation of capacitively coupled plasmas. *Plasma Sources Sci. Technol.* submitted.

СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ТОРМОЖЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ ИТС

С.К.Коданова, Т.С.Рамазанов, Э.С.Слямова, М.К. Исанова

НИИЭТФ, КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Основное энерговыделение пучка тяжелых ионов в разных типах термоядерных мишеней будет проходить в плотной, высокотемпературной плазме, образованной этим же энерговыделением. Таким образом, пробеги тяжелых многозарядных ионов в мишени, и ионизационные потери будут обусловлены тормозной способностью плотной высокотемпературной плазмы [1-2]. Следовательно, знание величин пробегов и профилей