

ISSN 0202—3822

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ

СЕРИЯ
ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ

2024

Том 47
Выпуск 2

Этот выпуск журнала является сборником научных статей с результатами работ в рамках федеральных программ исследований по проблеме управляемого термоядерного синтеза (УТС).

Выпуск открывается публикацией результатов первых экспериментов на токамаке Т-15МД в Курчатовском институте. Энергетический пуск токамака в марте 2023 года и последующие эксперименты осенью прошлого года позволили достичь рекордных параметров в истории российского УТС. В первой же экспериментальной кампании в режимах с СВЧ-предыонизацией и последующим ЭЦР-нагревом удалось получить плазменные разряды с током 200—250 кА и длительностью 2 с. В разрядах с температурой электронов 2,5—3 кэВ зарегистрированы пилообразные колебания, что подтверждает формирование токнесущего плазменного шнура. Эти результаты получены в разрядах с лимитером. Ждём новых успехов после установления диверторных пластин.

Краткий обзор работы на материаловедческом токамаке КТМ в Республике Казахстан показывает её направленность на имитационные исследования взаимодействия плазмы со стенкой, в том числе с использованием плазменно-пучковой установки. Особое место занимает изучение свойств литий-содержащих материалов для технологий защиты материалов, контактирующих с плазмой.

Новости с токамака Глобус-М2 — создание системы управления дисперсионным интерферометром — ценны ещё и тем, что иллюстрируют сотрудничество научных центров: диагностическая система для Санкт-Петербургского физтеха разработана и создана в новосибирском ИЯФ.

Следующие две статьи посвящены разработкам проекта токамака с реакторными технологиями (ТРТ) в ТРИНИТИ. В первой статье на основе мирового опыта в области обращения с тритий-содержащими средами и на основе экспериментов, проведённых в ВНИИНМ, предложена схема системы тритиевого цикла. Во второй описан способ кондиционирования обращённых к плазме поверхностей вакуумной камеры с учётом принципиальной особенности установки — сверхпроводящей электромагнитной системы.

Следующая группа статей, как и новости с токамака КТМ, относится к проблеме, которой был целиком посвящён предыдущий выпуск нашего журнала: «первая стенка» термоядерных реакторов и её взаимодействие с плазмой.

В МЭИ на новой установке ПЛМ — линейной магнитной ловушке с мультикасповым магнитным полем проводятся испытания вольфрамовых модулей, изготовленных по технологии дивертора ИТЭР. Работа включает также и дополнение плазменной нагрузки облучением лазером с мощностью, моделирующей уровень тепловой нагрузки от ЭЛМов.

В ТРИНИТИ проведены измерения температуры поверхности вольфрама при воздействии на неё мощного потока водородной плазмы от импульсного плазменного ускорителя МК-200. Результаты позволили в рамках простой теоретической модели определить плотность поглощаемого вольфрамом теплового потока. В следующей статье доложены результаты аналогичных испытаний защитного покрытия вольфрамовой мишени предварительно напылённым слоем висмута. Налицо движение исследований в сторону поиска оптимального защитного покрытия будущей (согласно недавнему решению Международной организации ИТЭР) полностью вольфрамовой первой стенки в токамаке ИТЭР.

В новосибирском ИЯФ создан прототип частотно-импульсного источника электронного пучка для имитации большого числа ЭЛМ-подобных тепловых ударов и изучения усталостной стойкости материалов для облицовки дивертора и первой стенки. Приведены результаты характеристики параметров источника на испытательном стенде.

Коллеги-материаловеды из томских институтов и ВНИИНМ продолжают исследования перспективных для термоядерных реакторов малоактивируемых сплавов ванадия. Влияние температуры отжига на особенности микроструктуры и микротвёрдость изучено для карбидноупрочнённого сплава V—Cr—W—Zr.

Следующая статья посвящена технологии трёхконтурной системы охлаждения бланкета жидких металлов в термоядерных реакторах. Рассмотрена возможность применения во втором контуре «нейтрального» теплоносителя — эвтектического сплава свинец—висмут, который химически не взаимодействует ни с жидким литием в первом контуре, ни с водой в третьем.

Выпуск завершается статьёй о развитии плазменной технологии магнетронного распыления и осаждения, актуальной для УТС, и яркой иллюстрацией приложения технологии к задаче улучшения электрических свойств кардиостимуляторов.

Главный редактор

Е.П. Велихов, академик РАН, почётный президент НИЦ «Курчатовский институт»

Редакционная коллегия:

А.Б. Кукушкин, зам. главного редактора, в.н.с., д.ф.-м.н., НИЦ «Курчатовский институт», Москва

Е.А. Филимонова, ответственный секретарь, н.с., НИЦ «Курчатовский институт», Москва

А.Б. Алексеев, рук. департамента, д. техн. н., Международная организация ИТЭР, Сен-Поль-ле-Дюранс, Франция

А.В. Бурдаков, зав. лабораторией, д.ф.-м.н., ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, Новосибирск

В.А. Быков, нач. группы, к. техн. н., ИФП им. Макса Планка, Грайфсвальд, Германия

Ю.М. Гаспарян, и.о. зав. кафедрой, к.ф.-м.н., доцент, НИЯУ МИФИ, Москва

Л.Е. Захаров (Zakharov), в.н.с., д.ф.-м.н., Li-WFusion, Princeton, NJ, USA

Н.А. Кирнева, начальник лаборатории, к.ф.-м.н., доцент, НИЦ «Курчатовский институт», Москва

А.Е. Киселёв, зав. отделением, д. техн. н., ИБРАЭ РАН, Москва

Д.В. Коваленко, главный специалист отдела управления НИОКР, с.н.с., Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Москва

А.В. Козлов, советник директора, д. техн. н., АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный, Свердловская обл.

Е.Р. Корешева, г.н.с., и.о. зав. лабораторией, д.ф.-м.н., ФИАН им. П.Н. Лебедева, Москва

С.И. Крашенинников (Krashenninikov), профессор, д.ф.-м.н., University of California at San Diego, San Diego, CA, USA

А.Ю. Лешуков, зам. начальника отдела, НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала, Москва

И.В. Мазуль, г.н.с., д. техн. н., НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, Санкт-Петербург

В.Б. Минаев, в.н.с., к.ф.-м.н., ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург

А.Б. Минеев, в.н.с., к.ф.-м.н., НИИЭФА им. Д.В. Ефремова, Санкт-Петербург

С.В. Мирнов, научный руководитель отделения, д.ф.-м.н., профессор, АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Троицк, Москва

А.Н. Романников, научный руководитель по УТС и плазменным технологиям, д.ф.-м.н., АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», Троицк, Москва

П.В. Романов, советник нач. отдела, к. техн. н., Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Москва

В.Ю. Сергеев, д.ф.-м.н., профессор, СПб политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

А.В. Спицын, начальник лаборатории, с.н.с., к.ф.-м.н., НИЦ «Курчатовский институт», Москва

И.Л. Тажибаева, заместитель директора, д.ф.-м.н., профессор, ИАЭ НЯЦ Республики Казахстан, Курчатов, Республика Казахстан

П.П. Хвостенко, д. техн. н., научный руководитель комплекса, НИЦ «Курчатовский институт», Москва

В.И. Хрипунов, в.н.с., к. техн. н., НИЦ «Курчатовский институт», Москва

В.М. Чернов, г.н.с., д.ф.-м.н., профессор, АО «ВНИИИМ» им. А.А. Бочвара, Москва

Редактор Карпова Татьяна Юрьевна
karpova.tat@fc.iterru.ru, тел.: 7-499-196-98-31

Соучредители: Автономная некоммерческая организация Координационный центр «Управляемый термоядерный синтез — международные проекты» (УТС-Центр), федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Журнал (основан в 1978 г.) зарегистрирован в реестре Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-73164 от 02 июля 2018 г.; электронное периодическое издание Эл. № ФС77-73162 от 22 июня 2018 г. Подписной индекс в Каталоге периодики агентства «Урал-Пресс» № 70541

Журнал включён в Перечень журналов ВАК, индексируется в базах данных Scopus, Ulrich's Periodicals Directory и РИНЦ на платформе Web of Science, имеет цифровой идентификатор статей (digital object identifier — DOI), реферируется в РЖ ВИНТИ РАН, имеет в открытом доступе полнотекстовую электронную версию на сайте <http://vant.iterru.ru> и на платформе Российской научной электронной библиотеки <http://www.elibrary.ru>

Двухлетний импакт-фактор журнала в РИНЦ: 0,620

© Редколлегия журнала «ВАНТ. Серия Термоядерный синтез», 2024 г.

© <http://vant.iterru.ru>

\\

Вопросы атомной науки и техники
С е р и я: Термоядерный синтез
Том 47, выпуск 2

Ответственные за выпуск А.Б. Кукушкин, Е.А. Филимонова
Редактор Н.В. Бокша. Верстальщик С.В. Шаповалова. Корректор Н.В. Бокша.
Программист-переводчик И.В. Скорюпина. IT-инженер Е.Н. Николаев.

Подписано в печать 14.06.24. Формат 60×90/8
Печать цифровая. Усл. печ. л. 10. Уч.-изд. л. 9. Тираж 146. Индекс 3648. 12 статей. Заказ 29
Адрес редакции: Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1
Отпечатано в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт»

123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1