

535.95(063)

I ВСЕСОЮЗНЫЙ СИМПОЗИУМ ПО РАДИАЦИОННОЙ ПЛАЗМОДИНАМИКЕ

(Джан-Туган, Кабардино-Балкарская АССР, июль 1989 г.)

В июле 1989 г. был проведен I Всесоюзный симпозиум по радиационной плазмодинамике (РПД-89). Радиационная плазмодинамика изучает физические процессы генерации сильных ударных волн и теплового широкополосного излучения в вакууме и средах конечного давления, радиационно-плазмодинамические явления, сопровождающие взаимодействие мощного электромагнитного излучения различного спектрального состава и сильных ударных волн с веществом всех агрегатных состояний, разрабатывает на основе этих исследований физико-технические принципы создания новых плазменно-фотонных энергетических и технологических устройств и систем высококонцентрированных потоков энергии, предназначенных для решения ряда актуальных задач квантовой электроники и фотохимии, высокотемпературной теплофизики и радиационной метрологии, медико-биологических исследований и технологии.

Программа симпозиума включала рассмотрение следующих тематических направлений:

- плазмодинамические источники излучения высокой спектральной яркости и генераторы сильных ударных волн;
- численное моделирование и теория радиационно-плазмодинамических процессов в вакууме и газах;
- экспериментальные и теоретические исследования радиационно-плазмодинамических процессов взаимодействия теплового и когерентного излучения и сильных ударных волн с веществом различных агрегатных состояний;
- диагностика радиационно-плазмодинамических процессов;
- термодинамические и оптические свойства излучающей плазмы;
- прикладные аспекты радиационной плазмодинамики;
- радиационно-плазмодинамические системы промышленного назначения.

В работе симпозиума приняло участие более 140 ученых и специалистов из 40 научных и промышленных организаций, было прочитано 14 приглашенных докладов на пленарных заседаниях и представлено более 150 оригинальных сообщений (I Всесоюзный симпозиум по радиационной плазмодинамике: Тезисы докладов. Ч. 1, 2.— М.: Энергоатомиздат, 1989) (стендовые и секционные доклады, «круглые столы»).

Большое количество принципиально новых физических результатов исследований, публикуемых в периодической печати в последнее время в данной области знаний, свидетельствует о том, что фундаментальные и прикладные исследования по большинству направлений радиационной высокотемпературной и низкотемпературной плазмодинамики (как и соответствующие технические разработки) ведутся активно; основные усилия сосредоточены сейчас не только на практической реализации и технической отработке известных схем сильноточных излучающих плазмодинамических разрядов и технических устройств на их основе, плазмодинамических методов нагрева ускоренных потоков излучающей плазмы, но и на поиске и изучении новых физических принципов генерации высокояркостного излучения и развитию нетрадиционных подходов к проблемам повышения эффективности, энергомощностных характеристик плазменных (широкополосных и когерентных) излучателей и генераторов сильных ударных волн, новых принципов управления их спектрально-яркостными и эмиссионными характеристиками.

ками, адекватного теоретического описания всей сложной совокупности радиационно-плазмодинамических процессов, в них происходящих. Особый интерес и многообещающие технические результаты представляет развитие принципиально новых, в том числе — синергетических подходов к проблеме многофакторного радиационно-плазмодинамического взаимодействия ускоренных плазменных и низкоэнергетичных радиационных потоков с веществом всех агрегатных структур, формируемых новыми плазмодинамическими устройствами в неосвоенном ранее спектрально-энергетическом и динамическом диапазонах.

Спектр физико-технических достижений, обеспечивающих развитие как собственно самой радиационной плазмодинамики, так и новых научных — смежных и сопряженных — направлений (прогресс в которых связан с внедрением методов радиационной плазмодинамики), результатов — получивших научное признание и привлекающих критическое внимание специалистов — весьма широк: отметим среди последних лишь некоторые, представляющие общефизический интерес:

— развиты общефизические представления о сильноточных излучающих плазмодинамических разрядах как о самостоятельном классе газовых разрядов с экстремально высокими значениями энергосодержания и силы квазистационарного тока, определены условия унификации различных форм плазмодинамических излучающих разрядов (где определяющее влияние на импеданс (ВАК), устойчивость и макроструктуру основных стадий разрядов, нагрев плазмы в радиационных волнах и др. оказывают радиационно-плазмодинамические процессы), сформулированы условия их многопараметрического критериального описания и сопряжения с традиционными типами и формами разрядов; установлено, что из-за активных процессов светозероизации всех элементов газоразрядного тракта в плазменных устройствах при увеличении плотности вводимой в плазмодинамический разряд с токовой оболочкой энергии (мощности) и развитии широкого спектра неустойчивостей, влияющих на макроструктуру, последние обязательно переходят в режим плазмодинамических разрядов с квазистационарным плазменным потоком, что приводит к новым концепциям в теории скейлинга и практического использования данного класса разрядов с экстремально высоким энергосодержанием и технических устройств на их основе (ускорители микротел рельсотронного типа, пинчевые генераторы жесткого рентгеновского и нейтронного излучений, электромагнитные ударные трубы и др.);

— установлен закон подобия электронных и оптических спектров плотной плазмы по заряду ионов, учитывающий влияние нейтральности на оптические свойства, ионизационный состав, релаксацию неравновесности, электронный спектр отрицательной энергии в невырожденной плазме многозарядных ионов, что позволяет количественно учесть влияние всех этих эффектов на термодинамические и переносные свойства плотной многократно ионизованной плазмы; обнаружено подобие спектральных зависимостей сечений фотоионизации основных и возбужденных состояний атомов и ионов, что позволило получить ряд удобных аналитических аппроксимаций сечений многочисленных состояний, необходимых при анализе оптических свойств плазмы в ультрафиолетовой и вакуумно-ультрафиолетовой областях спектра; обнаружен и описан эффект турбулентной модификации динамических, термодинамических и оптических характеристик гиперзвуковых плотных плазменных потоков, заключающийся в том, что за счет турбулентного переноса массы, импульса и энергии резко увеличивается оптическая плотность плазменно-газовых граничных областей в видимой и ближней ультрафиолетовой областях спектра и одновременно уменьшаются коэффициенты поглощения в вакуумном ультрафиолете (образование «окон» прозрачности в ВУФе), что значительно облегчает транспорт вакуумного ультрафио-

летового излучения из плазмы в невозмущенный газ, приводит к новым техническим решениям и принципам управления эмиссионным спектром в коротковолновой области спектра и позволяет создавать коротковолновые плазмодинамические излучатели с тонко регулируемым эмиссионным спектром;

— систематизированы и изучены радиационные режимы движения плазмы, предлагающие принципиально новые возможности по управлению эмиссионным спектром, макроструктурой и эффективностью преобразования запасенной в накопителе энергии и мощности высокояркостного излучения широкого диапазона спектра, включая мягкий рентген; осуществлен и исследован ряд вакуумных источников ультрафиолетового и вакуумного ультрафиолетового излучения гигаваттного уровня импульсной мощности с перестраиваемым эмиссионным спектром, световым КПД $\sim 40\text{—}60\%$, а также плазмодинамические излучатели лампового типа с наиболее высокими значениями яркостных температур (≥ 40 кК) излучения в коротковолновой области спектра с несамосогласованным вводом энергии в плазменную среду; существенный прогресс достигнут в исследованиях и разработках компактных излучателей на основе плазмодинамических разрядов — в вакууме и газах с магнитокумулятивными источниками энергии; разработаны высокоэффективные радиационно-плазмодинамические вторичные стандарты спектральной яркости в вакуумном ультрафиолете и эталонные генераторы сильных ударных волн для газово-плазменных сред нормального и высокого давления различного химического и ионизационного состава и вакуума;

— достаточно плодотворно используются радиационно-плазмодинамические методы в квантовой электронике при создании и разработке принципиально новых схем перестраиваемых газовых и плазменных лазеров ультрафиолетового и видимого диапазона спектра, фотохимических реакторов, в медико-биологической практике (плазменные стерилизаторы и устройства бактерицидной обработки, плазменные хирургические комплексы и др.).

Характерной особенностью современного этапа развития радиационной плазмодинамики является достаточно быстрое использование результатов фундаментальных и прикладных исследований в разработках конкретных технических устройств — машин, приборов, стендов различного назначения. Как устойчивая тенденция — это иллюстрируется фундаментальными, прежде всего экспериментальными, исследованиями радиационно-плазмодинамических процессов, сопровождающих многофакторное взаимодействие широкополосного теплового излучения и сильных ударных волн с веществом всех агрегатных состояний и структур:

— исследования радиационно-плазмодинамических, электромагнитных и термомеханических процессов воздействия мощных потоков теплового излучения и сильных ударных волн на твердые вещества (и транспорта селективных потоков излучения через оптически прозрачные материалы) привели к новым концепциям построения таких технических устройств, как плазмодинамические источники излучения вакуумного ультрафиолетового и мягкого рентгеновского диапазона спектра (на основе плазмодинамических разрядов с осевым ограничением гиперзвуковых потоков плотной плазмы), устройств светозероизонной обработки материалов и изделий, эффективной коротковолновой фотолитографии, плазменных модуляторов ВЧ, СВЧ диапазонов, вторичных стандартов яркости в вакуумном ультрафиолете;

— в результате экспериментальных и теоретических исследований термоакустических процессов взаимодействия мощного широкополосного излучения с жидкостями с модифицированными (в световых и тепло-

вых полях) оптическими характеристиками были разработаны квантовые генераторы на молекулах сложных органических соединений и сцинтилляторов с наиболее высокими генерационными характеристиками в ультрафиолетовой области спектра в настоящее время, эффективные устройства низкоэнергетичной бактерицидной обработки и стерилизации жидкостей, спектрально-люминесцентные конвертеры ультрафиолетового диапазона спектра, установки импульсного фотолиза жидкости и фотолитические реакторы;

— успех фундаментальных (прежде всего экспериментальных) исследований радиационно-плазмодинамических процессов взаимодействия мощного широкополосного излучения с газовыми средами различного химического состава в широком диапазоне давлений и температур позволил осуществить ряд принципиально новых схем перестраиваемых газовых (эксимерных, фотодиссоционных) квантовых генераторов, фотохимических реакторов различного назначения, высокояркостных источников селективного коротковолнового излучения, включая эксимерные лампы, установки медико-биологического назначения, технологические устройства светозероизионной и ударно-волновой обработки и модификации поверхности;

— в результате исследований процессов взаимодействия мощных потоков излучения и сильных ударных волн с плазменными средами предложен ряд устройств для генерации крупномасштабных искусственных плазменных образований, высокоэффективные плазменные преобразователи фотонных потоков в электрическую энергию нового типа, плазменные фотоионизационные и фоторекомбинационные лазеры, высокотехнологичные плазмодинамические генераторы высокой плотности энергии в экспериментальной физике (изучение экстремальных состояний вещества и пр.).

Симпозиум посвящен одному из перспективных физико-технических направлений и его материалы могут быть интересны широкому кругу ученых.

В 1990 г. «Энергоатомиздат» выпускает сборник научных трудов симпозиума (40 п.л.), написанный на основе обзорных докладов на нем.

Ю. С. Протасов