

РАДИАЦИОННАЯ ПЛАЗМОДИНАМИКА - НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ФИЗИКЕ ПЛАЗМЫ

Л.Я.МИНЬКО

Институт молекулярной и атомной физики
Национальной Академии наук Беларуси,
220082 Минск, Беларусь
E-mail: lrpd@imaph.bas-net.by

Радиационная плазмодинамика (РПД) изучает динамику плазменных потоков в условиях, когда в их энергетике важна роль радиационных процессов, или другими словами, перенос излучения играет существенную роль в энергетике плазменных потоков. РПД начала формироваться как новое самостоятельное научное направление исследований в физике плазмы в середине 70-х годов прежде всего на основе работ МГУ им. Н.Э.Баумана, Института физики земли им. О.Ю.Шмидта, ФИАНа, ИОФАНа, ИВТАН, Института физики им. Б.И.Степанова (ИМАФ) АН БССР, НИИФП им. А.Н.Свеченко при БГУ (ИТМО им. А.В.Лыкова АН БССР).

Основные принципы РПД были сформулированы на I Всесоюзном симпозиуме по РПД (1989 г., г.Москва). С тех пор симпозиум регулярно проводится МГУ им. Н.Э.Баумана. На III симпозиуме (1994 г.) ему придан статус Межгосударственного и образован постоянно действующий Организационный комитет, в котором представлен и ИМАФ НАНБ. Прошедший в 1997 году IV Межгосударственный симпозиум, а также большое количество принципиально новых физических результатов исследований, публикуемых в периодической печати в последнее время, свидетельствуют, что фундаментальные и прикладные исследования по РПД ведутся достаточно активно.

Концепция РПД состоит в изучении радиационно-плазмодинамических процессов, сопровождающих взаимодействие высокоэнергетических источников энергии с веществом всех агрегатных состояний, и разработке на основе этих исследований физико-технических принципов создания новых плазменных и лазерно-плазменных энергетических и технологических устройств, а также систем высокоэнергетических потоков, предназначенных для решения ряда актуальных задач лазерной физики и фотохимии, высокотемпературной теплофизики и радиационной метрологии, медико-биологических

исследований и прогрессивных технологий.

РПД включает следующие разделы (Радиационная плазмодинамика, Москва, Энергоатомиздат, 1991 г.):

- 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;
- численное моделирование и теория радиационно-плазмодинамических процессов в различных условиях;
- термодинамические и оптические свойства излучающей плазмы;
- плазмодинамические источники излучения высокой спектральной яркости и генераторы сильных ударных волн;
- радиационно-плазмодинамические системы промышленного назначения.

Исследования по РПД в ИФ им. Б.И.Степанова (ИМАФ) НАНБ явились естественным продолжением наших работ по физике и диагностике импульсных плазменных ускорителей, начатых в начале 60-х годов под руководством академика Михаила Александровича Ельяшевича и обобщенных в монографии (Л.Я.Минько "Получение и исследование импульсных плазменных потоков", Изд. Наука и техника, Минск, 1970). РПД зародилась у нас еще в начале 70-х годов как лазерная плазмодинамика, в последующем трансформировавшаяся в радиационную лазерную плазмодинамику, а затем несколько позже с 1975 г. начались исследования по плазмодинамике квазистационарных плазменных ускорителей (КСПУ) с ионным токопереносом.

Основные этапы исследований:

- **Динамика лазерных плазмодинамических процессов или лазерная плазмодинамика.** Сформулированы принципы и созданы научные основы. Впервые в наших работах введено в научную литературу понятие лазерная плазмодинамика, сущность которой состоит в том, что с созданием лазеров появились новые возможности в динамике плазмы. Стало возможным получать самоподжигающиеся импульсные оптические разряды, т.е. поджигаемые собственной лазерной плазмой, создаваемой в начале лазерного импульса, воздействующего на твердое тело. Появилась возможность создавать лазерные источники плазмы, генерирующие эрозивные плазменные потоки с управляемыми параметрами, а также ударные волны (Л.Я.Минько. Лазерные плазменные ускорители и

(большие пятна облучения) одномерного разлета образующейся эрозионной плазмы, позволившая установить эрозионную природу начального плазмообразования и выявить турбулентную неустойчивость приповерхностных плазменных образований и влияние химического состава материала на характер распространения лазерных волн поглощения. В условиях образования крупномасштабных лазерных приповерхностных плазменных образований обнаружено испарение мишени (стеклотекстолит) радиационными потоками, испускаемыми плазмой, что проявляется в отсеснении ее от мишени холодными парами с нарастающим в процессе лазерного воздействия удалением контактной границы пары-плазма. Установлено влияние резонансного взаимодействия лазерного излучения с парами материала мишени на процессы начального эрозионного плазмообразования, заключающееся в снижении порога плазмообразования в тех случаях, когда длина волны взаимодействующего лазерного излучения совпадает с длинами волн спектральных линий атомов материала мишени.

Исследованы свойства лазерно-плазменных источников оптического излучения в атмосфере и вакууме.

- **Динамика формирования, структура и свойства крупномасштабных квазистационарных компрессионных плазменных потоков.** Создана картина оптико-плазмодинамических процессов и впервые получена компрессия в эрозионных плазменных ускорителях и плазмодинамических генераторах двухступенчатого квазистационарного плазменного ускорителя (КСПУ) и самом КСПУ (энергозапас 250 кДж), позволяющем получать крупномасштабные плазменные потоки протяженностью до 100 см с характерной скоростью свыше 100 км/с и концентрацией электронов в области компрессии $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Установлена связь между магнито- и плазмодинамическими процессами и свойствами квазистационарных компрессионных плазменных потоков в КСПУ.

Одновременно шло развитие оптико-спектроскопических и интерферометрических способов и средств диагностики быстропротекающих плазмодинамических процессов. В настоящее время тематика наших исследований составляет самостоятельные разделы РПД:

- Радиационная плазмодинамика импульсных источников плазменных потоков при различных давлениях окружающей среды.
- Радиационная плазмодинамика импульсного высокоэнергетического воздействия на твердое тело и плазму.

плазмотроны. В сб.: “Плазменные ускорители и их применение”, Изд. Наука и техника, Минск, 1974). Получены важные результаты по нелинейному взаимодействию лазерного излучения с собственными эрозионными плазменными факелами при наличии конденсированной дисперсной фазы и по их экранирующему действию.

- **Динамика компрессионных плазменных потоков, генерируемых одноступенчатыми коаксиальными плазменными ускорителями так называемыми магнитоплазменными компрессорами (МПК).** Проведенные экспериментальные исследования МПК, представляющего самостоятельный интерес как система, в которой ускорение плазмы сопровождается ее сжатием, позволили впервые детально изучить динамику формирования компрессионного плазменного потока (КПП), выявить трубчатую структуру на стадии его распада, получить распределение основных газодинамических и термодинамических параметров КПП. Проведенные ранее исследования впервые полученных в воздухе при атмосферном давлении компрессионных эрозионных плазменных потоков, состав которых определяется материалом внутреннего электрода, позволили изучить радиационно-плазмодинамические процессы, ответственные за формирование таких потоков, найти способы увеличения эффективности ввода энергии непосредственно в компрессионный эрозионный плазменный поток, определить его основные газодинамические, термодинамические и излучательные характеристики.

- **Динамика лазерных радиационно-плазмодинамических процессов или радиационная лазерная плазмодинамика.** Изучены динамика плазмообразования и лазерных приповерхностных плазменных образований. Введено понятие и дано обоснование и экспериментальное подтверждение “самоподдерживающихся низкопороговых оптических разрядов”, динамика которых определяется в основном тепловым излучением собственной лазерной плазмы. Впервые с высокой надежностью благодаря высокоскоростным спектроскопическим исследованиям с высоким пространственно-временным разрешением установлена общая эрозионная природа низкопороговых приповерхностных оптических разрядов в широком диапазоне длин волн (от УФ до среднего ИК) и длительностей импульсов воздействующего на поверхность лазерного излучения.

Развита радиационно-плазмодинамическая картина взаимодействия лазерного излучения с поверхностью в реальных условиях