

ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ В КСПУ П-50М

В.М.АСТАШИНСКИЙ, Г.И.БАКАНОВИЧ, Е.А.КОСТЮКЕВИЧ,
А.А.МАНЬКОВСКИЙ, Л.Я.МИНЬКО

*Институт молекулярной и атомной физики АН Беларуси,
проспект Ф.Скарыны, 70, Минск, 220072 Беларусь*

Резюме. Представлены результаты интерферометрических и спектроскопических исследований компрессионных плазменных потоков в двухступенчатом квазистационарном сильноточном плазменном ускорителе (КСПУ) типа П-50М (Ананин и др., 1990), рабочим газом которого является водород.

1. ВВЕДЕНИЕ

Высокие значения параметров плазмы, реализуемые в квазистационарных сильноточных плазменных ускорителях (КСПУ), при относительно небольшой длительности разряда (~ 400 мкс) создают определенные трудности для диагностики таких систем.

Наиболее информативным и в то же время наиболее сложным является интерферометрический метод диагностики. Достоинством метода является возможность получения обширной и достоверной информации без внесения возмущений в исследуемую плазму. Применение интерферометра в сочетании с высокоскоростной съемочной камерой позволяет не только визуализировать процессы, не доступные фотографической регистрации, но и определять с высокой точностью пространственно-временное распределение параметров в исследуемой плазме.

Обсуждая возможности применения спектроскопических методов диагностики в условиях КСПУ, необходимо отметить, что для такого рода систем характерно наличие областей плазмы с существенно различными температурами и плотностями частиц. Температура электронов может составлять ~ 1 эВ в канале и сотни эВ в компрессионном потоке, концентрация электронов при этом также меняется на несколько порядков. Это вызывает определенные трудности в спектроскопической диагностике КСПУ, когда рабочим газом последнего является водород. В таких условиях более удобными в экспериментальном плане оказываются методики определения параметров плазмы с использованием спектральных линий атомов и ионов инертных газов, специально вводимых в качестве примесей в рабочий газ или непосредственно в определенный элемент ускорителя. Параметры уширения для этих линий меньше, а температурный диапазон, в котором они эффективно возбуждаются, шире по сравнению с линиями водорода. Добавка в рабочий газ небольшого количества примесей инертных газов с отличающимися потенциалами ионизации позволяет не только

определить температуру и плотность плазмы, но и визуализировать в объеме КСПУ области с различными значениями параметров.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Концентрация электронов плазменного потока за срезом катодного трансформера КСПУ определялась интерференционным методом с пространственно-временным разрешением с помощью двухзеркального автоколлимационного интерферометра И-200 с полем зрения 200 мм по методике, описанной в (Асташинский и др., 1981). Однако реализация метода вызвала существенные трудности, связанные с большими размерами вакуумной камеры, смотровых окон и зеркал интерферометра. Среди основных проблем отметим такие, как конструктивная совместимость интерферометра и камеры, восприимчивость прибора к вибрациям, влияние оптических неоднородностей смотровых окон камеры на качество интерференционной картины. Благодаря конструктивным особенностям интерферометра перечисленные выше трудности были устранены. Интерферометр (рис.1) состоит из телескопа (4), формирующего параллельный световой пучок диаметром 200 мм, переднего (5) и заднего (6) зеркал, отражающих соответственно опорный и предметный пучки, и светоделителя (7), направляющего их в высокоскоростной регистратор ВФУ (8). Поскольку зеркала интерферометра находятся внутри вакуумной камеры, влияние оптических неоднородностей смотрового окна, через которое вводится зондирующий пучок, на качество интерференционной картины полностью устраняется. Наконец, жесткое крепление зеркал к стенкам камеры обеспечивает надежную виброзащиту прибора. Юстировка зеркал проводится снаружи камеры. Для уменьшения опасности разрушения покрытий зеркал плазмой, находящейся в заанодном пространстве, узлы их крепления помещены в корпуса, образующие карманы глубиной 150 мм.

Типичная интерферограмма плазменного потока, выходящего из КСПУ, представлена на рис. 2. Для симметричных интерферограмм производился абелевский пересчет сдвигов полос, что позволило построить пространственно-временную картину распределения концентрации электронов компрессионного плазменного потока (рис. 3).

Спектроскопические исследования плазменного потока в КСПУ П-50М проводились с помощью спектрографа ИСП-30 в комбинации со спектрохронографом СП-452. Временной интервал, в течение которого регистрировалось излучение, составлял ~ 40 мкс. В качестве рабочего газа КСПУ использовалась смесь водорода с гелием в соотношении 3:1. Концентрация электронов в плазме определялась по уширению линий H_{β} и HeI 587,5 нм, обусловленному линейным и квадратичным эффектом Штарка. Усредненные по лучу зрения плотности электронов, измеренные по уширению линий H_{β} и HeI , составили соответственно $\sim 3,5 \cdot 10^{15}$ и $\sim 3,6 \cdot 10^{16}$ см $^{-3}$. Расхождение результатов измерений n_e , полученных с использованием указанных линий, выходит за пределы ошибок измерений и связано с прост-

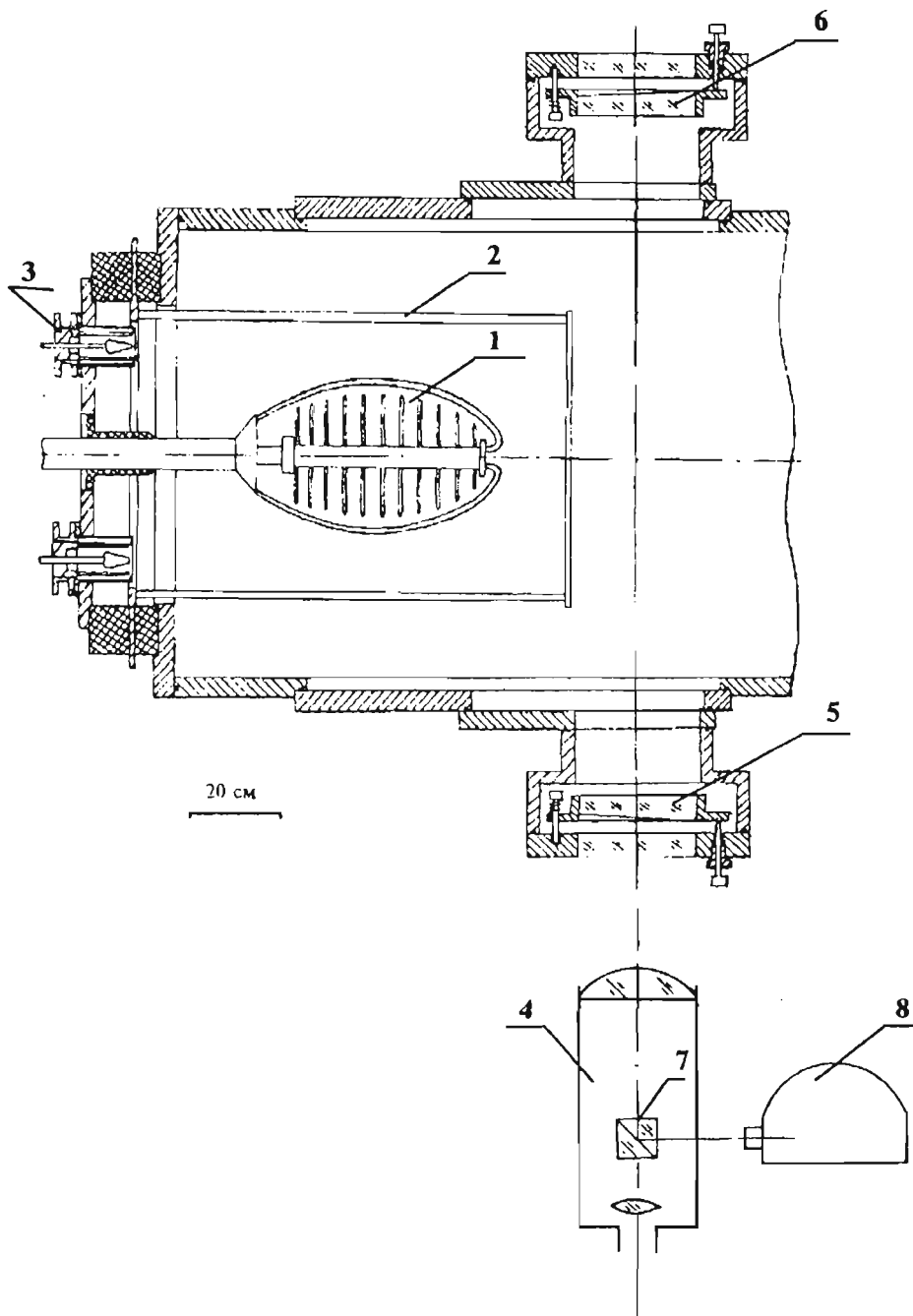


Рис. 1. Схема разрядного устройства КСПУ П-50М совместно с интерферометром И-200: 1,2 - катодный и анодный трансформеры, 3 - ВИК; 4 - 8 - элементы интерферометра



Рис. 2. Типичная интерферограмма компрессионного потока КСПУ.

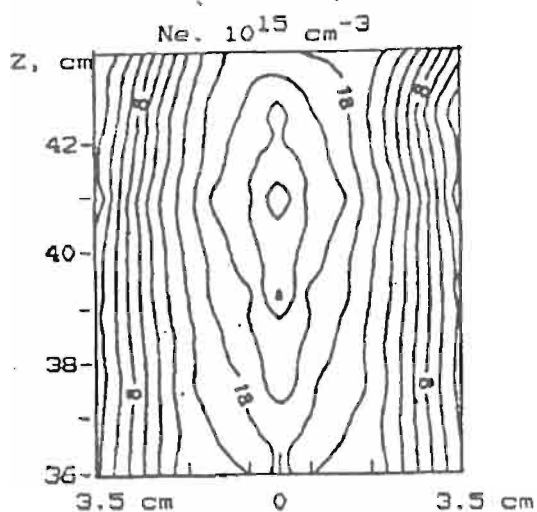


Рис. 3. Распределение N_e в компрессионном потоке для $t = 200$ мкс, $U_0 = 4$ кВ.

ранственной неоднородностью плазменного потока КСПУ. Линии HeI с более высокими (по сравнению с линиями атома водорода) энергиями верхних уровней высвечивают из центральной, более горячей области. Этой области и соответствуют значения плотности электронов, полученные с использованием линий атома гелия.

В заключение отметим хорошее соответствие результатов измерений, полученных интерферометрическим и спектроскопическим методами.

Список литературы

- Ананин С.И., Асташинский В.М., Баканович Г.И. и др.: 1990, *Физика плазмы*, 16, 136.
 Асташинский В.М., Костюкевич Е.А.: 1981, *Физика плазмы*, 7, 523.