

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЯДА В ПОЛОМ КАТОДЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

О. Н. Афонин

Проведены исследования разряда в полом катоде прямоугольной формы, с целью исследования применимости механизмов подобия аналогично другим типам газовых разрядов. Измерены зондовые характеристики разряда, получены условия равномерного и непрерывного горения разряда в полости катода.

Ключевые слова: спектроскопия, микротечи, токамак.

Исследования многочисленных типов газовых разрядов заметно упрощаются, если к ним можно применить так называемые законы подобия газового разряда. На сегодня известны законы подобия для тлеющего разряда, СВЧ, и др. [1–3]. Если для этих разрядов закон подобия хорошо изучен, то для разрядов с полым катодом проведенные исследования носят отрывочный характер и дают трудно сопоставимые друг с другом результаты, так как каждый автор исследует свой тип полого катода, и в какой-то определенной связке среда–материал катода [4]. В результате этих работ были определены условия, когда возможно наблюдение закона подобия в разряде с полым катодом. Разряды подобны, если при изменении какого-либо линейного размера a в несколько раз сохраняется плотность тока j и произведение pa давления p на этот линейный размер. В работах [4] высказывалось мнение, что имеет смысл говорить не о неизменности величины j/p^2 , а о возможности представления этой величины любой функциональной зависимостью от pa , требуя только, чтобы каждая точка этой зависимости определялась лишь значением произведения давления на геометрический размер, а не отдельной парой значений p и a . В этом случае геометрическое подобие рассматриваемых промежутков не обязательно, и можно изменять, соответственно с давлением, только один какой-нибудь геометрический размер экспериментального прибора, например, ширину электродов l или расстояние между электродами d . Подобные эксперименты проводились для полых молибденовых катодов в гелии [4], в результате этих экспериментов

Учреждение Российской академии наук Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, 119991, Москва, Ленинский пр-т, 53; e-mail: afonin@lebedev.ru.

авторы выяснили, что есть области значений, где законы подобия для полых катодов выполняются, но при малых pa и j/p^2 наблюдаются отклонения. По нашему опыту, отличия могли возникнуть из-за образования областей повышенной концентрации плазмы внутри полости, что приводит к нарушению однородности и к появлению одного или нескольких максимумов плотности, которые можно наблюдать по характерному свечению. Такие процессы были отмечены ранее и другими авторами [5]. Все это показывает, что нужно четко отслеживать условия, когда мы можем считать ток в полости однородным, а когда возникают неоднородности, то невозможно рассматривать всю полость как одно целое и становится невозможно исследовать механизмы подобия (см. рис. 1). Для нас важно получить условия, в которых возбуждение спектров свечения внутри полости будет наиболее эффективным, поскольку мы хотим использовать особенности данного разряда для диагностики микротечей в камере токамака [6].

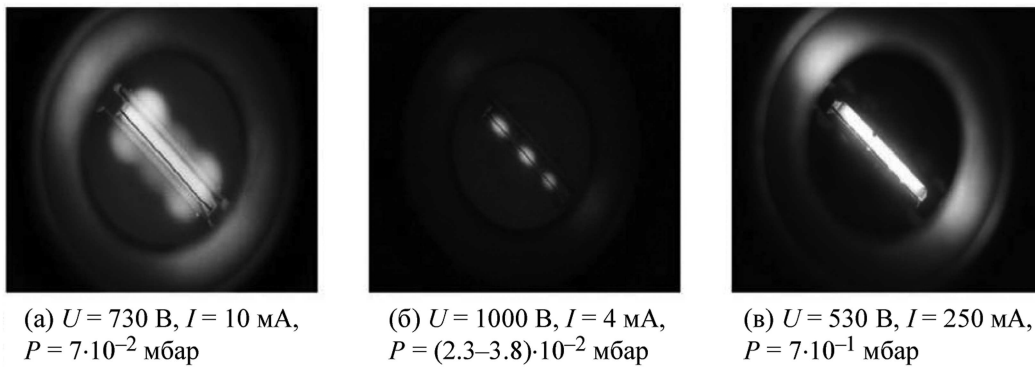


Рис. 1: Фотографии свечения разряда в полой катод (на фото справа подобран режим, когда разряд горит целиком в полости).

Для исследования разряда в полой катод нами была создана разрядная установка с полым катодом прямоугольной формы, размеры полости катода составляли $10 \times 5 \times 1 \text{ см}^3$ (рис. 2, 3). Мы провели исследования возникновения различных режимов горения плазмы внутри полого катода с целью объяснить особенности, возникающие в полой катод, отличные от условий в положительном столбе тлеющего разряда. Были получены первые результаты зондовых измерений (на рис. 3 зонды обозначены цифрами 1 и 2) параметров плазмы в таком полой катод и в межэлектродном промежутке.

Зонд 1 располагался между катодом и анодом, давление в камере составляло 0.71 мБар (рабочая среда He). Зонд 2 был расположен внутри полого катода, давление в камере составляло 0.73 мБар (рабочая среда He). Материал электродов – медь. На

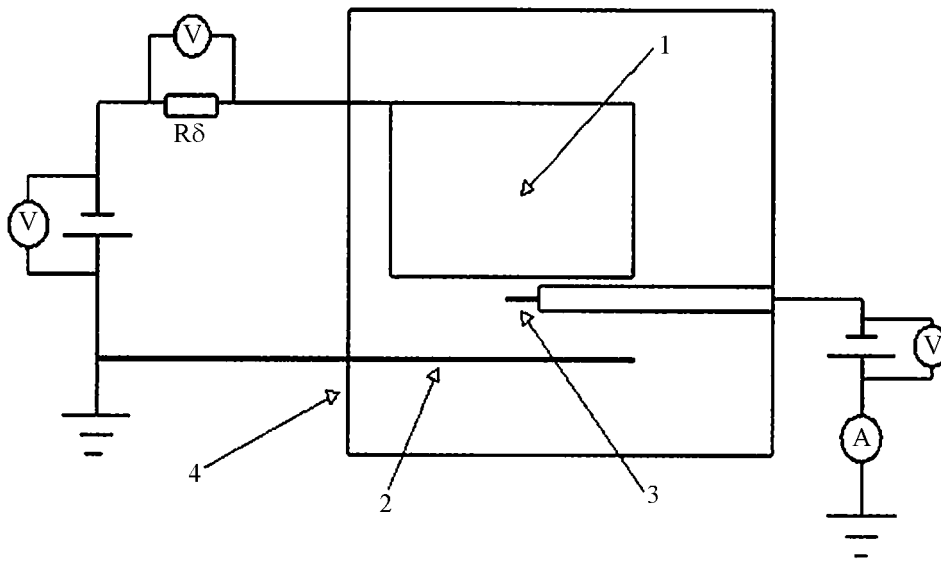


Рис. 2: Схема эксперимента. 1 – катод, 2 – анод, 3 – зонд, 4 – вакуумная камера.

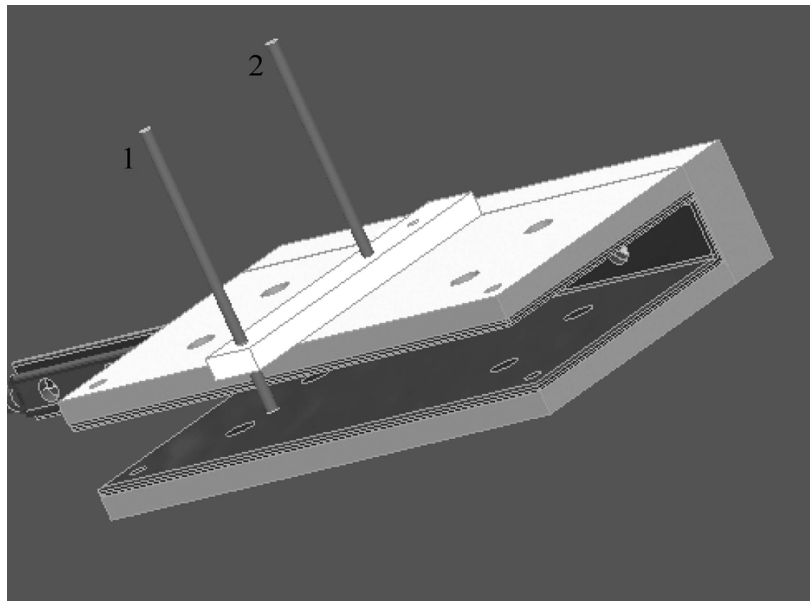


Рис. 3: Полый катод с зондами. 1 – зонд расположен между катодом и анодом, 2 – зонд расположен внутри прямоугольной полости.

основании полученных ВАХ зондов (рис. 4) были рассчитаны электронные температуры плазмы для двух областей: первая область между катодом и анодом (зонд 1) и вторая область внутри полого катода (зонд 2, на расстоянии 3 см от переднего края полости). Получили две группы электронов с разной температурой. Зонд 1: $T_{e1} = 2$ эВ,

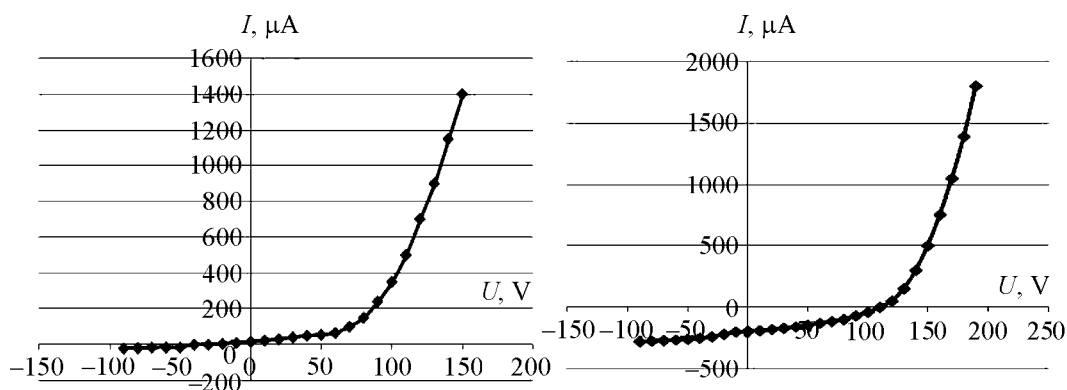


Рис. 4: ВАХ ленгмюровских зондов внутри полого катода (слева) и в межэлектродном промежутке (справа).

$T_{e2} = 7$ эВ. Зонд 2: $T_{e1} = 2$ эВ, $T_{e2} = 8$ эВ. Концентрация электронов для двух областей $\sim 10^{10}$ см $^{-3}$.

В результате проведенных исследований мы подобрали режим горения разряда, когда вся полость заполнена равномерным свечением, для этого режима мы провели серию зондовых измерений, которые показали, что в интересующих нас условиях существует две группы электронов с разной температурой.

Работа поддержана грантом РФФИ № 10-08-00886-а.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А. А. Рухадзе, Н. Н. Соболев, В. В. Соколов, УФН **161**(9), 195 (1991).
- [2] Г. А. Месяц, УФН **176**(10), 1069 (2006).
- [3] Ю. П. Райзер, *Физика газового разряда* (Москва, Наука, 1992).
- [4] В. И. Москалев, *Разряд в полой катоде* (Москва, Энергия, 1969).
- [5] Ю. А. Бурачевский, В. А. Бурдовицин, А. С. Климов и др., ЖТЭФ **76**(10), 62 (2006).
- [6] А. Б. Антипенков, О. Н. Афонин, Краткие сообщения по физике **37**(9), 47 (2010).

По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара “Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики”, Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.

Поступила в редакцию 12 августа 2011 г.