

Институт теплофизики
СО АН СССР, Новосибирск

Поступило в Редакцию
26 января 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 8

26 апреля 1990 г.

03; 04; 07

© 1990

СТРУКТУРА УДАРНОЙ ВОЛНЫ В ПЛАЗМЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА С УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ПОДСВЕТКОЙ

А.Ю. Г р и д и н, А.И. К л и м о в,
Г.И. М и ш и н

В настоящей работе были продолжены экспериментальные исследования структуры ударной волны (УВ) в плазме нестационарного тлеющего разряда (ТР), начатые в работе [1].

Анализ ранее полученных экспериментальных данных показывает, что скорость УВ в плазме существенно зависит от типа экспериментальной установки при прочих равных условиях, а именно, использовалась ли в качестве генератора УВ электроразрядная пушка (ЭРП) [2, 3], или диафрагменная ударная труба [4].

Хорошо известно, что работа ЭРП сопровождается генерацией ультрафиолетового (УФ) излучения, потоков быстрых электронов и т.д. Поэтому плазма ТР в экспериментах с применением ЭРП была подвержена влиянию этих излучений.

В настоящей работе представлены результаты исследований влияния внешнего УВ излучения ЭРП на параметры поперечного разряда и УВ в нем. Эксперименты проводились на специализированной диафрагменной ударной трубе сечением $10 \times 10 \text{ см}^2$, описанной в работе [1]. Плотность газа в разряде и за УВ определялась лазерным интерферометрическим методом ($\lambda = 638 \text{ нм}$). В качестве регистратора смещения интерферометрических полос в локальной области за УВ использовался коллимированный ФЭУ-86. Пространственное разрешение интерферометра было не хуже 1 мм. Точность определения плотности этим методом составляла 8%. В настоящих экспериментах зона регистрации интерферометра располагалась в 115 мм от начала плазменной зоны и в 2-5 см по высоте от плоскости секционированного катода.

Скорость падающей УВ определялась посредством двух пьезодатчиков, расположенных в трубе на известной базе. Скорость УВ

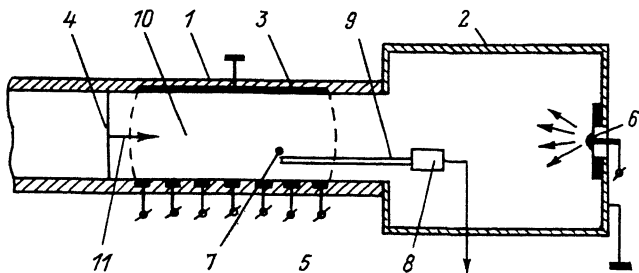


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - рабочая секция, 2 - ресивер, 3 - анод, 4 - ударная волна, 5 - катод, 6 - разрядник (источник УФ излучения), 7 - лазерный луч интерферометра, 8 - пьезодатчик, 9 - кварцевый стержень (диаметр 3 мм), 10 - область плазмы ТР, 11 - направление движения УВ.

в плазме измерялась с помощью двух разнесенных шпирен-датчиков [1]. Точность определения скорости была не хуже 5 %.

Для определения концентрации электронов n_e в разряде использовался СВЧ-интерферометр ($\lambda \approx 8$ мм).

Источником УФ-излучения служил искровой разрядник, аналогичный используемому в ЭРП. Параметры емкостного накопителя УФ источника были близкими к параметрам накопителя ЭРП 1 : С = 100 мкФ, $L = 225$ мкГн, зарядное напряжение $U_p \approx 6$ кВ. УФ-источник вспыхивал одновременно с основным разрядом в рабочей камере ударной трубы и осуществлял подсветку до момента прихода зондирующей УВ в течение 1 мс. Источник находится на расстоянии 1 м от разрядной зоны (рис. 1).

Спектр излучения разрядника был сплошным с максимумом интенсивности в фиолетовом диапазоне. Спектр содержал активно поглощаемую молекулярными ионами ультрафиолетовую компоненту, охватывающую область длин волн 400-150 нм.

Глеющий разряд с плотностью тока $j = 15$ мА/см² создавался в воздухе при $P = 3$ Тор. Время горения разряда до момента входа в него УВ составляло 1 мс. При этих условиях создавалась однородная плазма с $n_e \approx 10^{12}$ см⁻³ с газокинетической температурой, близкой к комнатной, $T_a \leq 350$ К [1].

При УВ подсветке параметры разряда (U_p , I_p , T_a и т.д.) менялись незначительно (не более, чем на 10 %).

Типичные эпюры плотности газа ρ за УВ в плазме нестационарного „холодного“ ТР с упомянутыми выше параметрами без УФ подсветки и при ее наличии показаны на рис. 2. Там же приведена контрольная зависимость $\rho(t)$ в воздухе, когда разряда не было. Во всех случаях скорость входящей УВ равнялась 1,4 км/с.

Из рис. 2 видно, что в плазме с УФ подсветкой, также как и без нее, перед основной УВ с фронтом ФВ существует четкий предвестник с резким фронтом ФП. За фронтом предвестника в этом

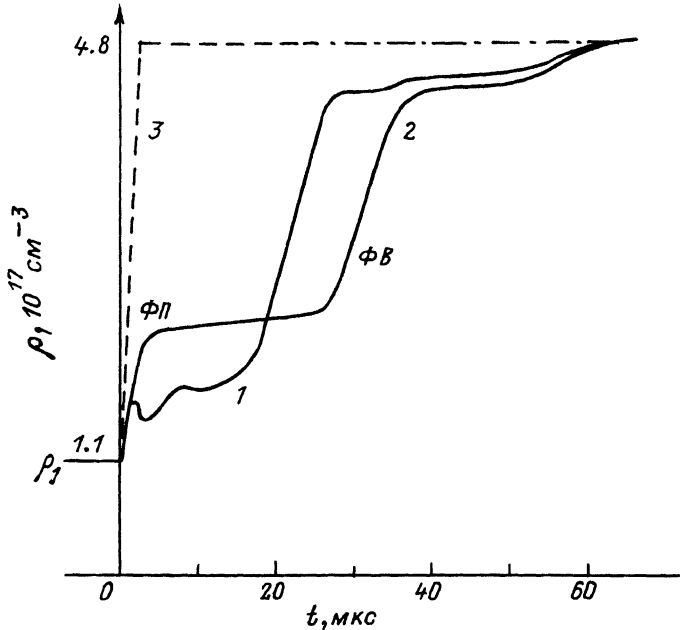


Рис. 2. Изменение плотности плазмы за УВ в нестационарном тлеющем разряде: 1 - при воздействии УФ излучения, 2 - без УФ подсветки, 3 - изменение плотности газа в УВ без разряда. ФП - фронт предвестника; ФВ - фронт УВ (воздух, $P = 3$ Тор, вертикальный ТР, $t_{гор} = 1$ мс, $T_a = 350$ К, $j = 15$ мА/см², скорость входящей УВ 1400 м/с).

режиме имелся немонотонный профиль плотности $\rho(t)$, в то время как в случае плазмы без УФ подсветки профиль предвестника был монотонным. Немонотонный профиль плотности указывает на сложность физических процессов, происходящих в ударносжатом слое предвестника. Скачок плотности ρ_2/ρ_1 на фронте предвестника в плазме с подсветкой был в ~ 2 раза меньше, чем скачок плотности на фронте предвестника в плазме без подсветки, и более, чем в 4 раза меньше, чем за фронтом падающей УВ. Средняя скорость предвестника в плазме при воздействии УФ излучения превышала скорость предвестника без УФ подсветки на 5-10 % и составляла 1.6 км/с.

Отметим, что провал плотности в основной УВ в случае внешней УФ подсветки происходил позднее и был более продолжительным, чем в случае без УФ подсветки (наблюдается в области $t > 70$ мкс).

Внешнее УФ излучение без наличия разряда не оказывало влияния на параметры зондирующей УВ.

Прямые измерения наклона фронта предвестника с помощью двух разнесенных по высоте шпирен-датчиков показали, что угол наклона волны вблизи катода (где имелся максимальный разогрев газа) не превышал 20° . Такая величина угла не может объяснить экспериментально измеренное значение ρ_2/ρ_1 в предвестнике в плазме.

Энергия излучения, поступающего в плазму, невелика, поскольку в радиацию переходит не более 1 % энергии искрового разряда и, кроме того, в плазму входит излучение, ограниченное небольшим телесным углом, что примерно в 100 раз уменьшает интенсивность облучения.

Таким образом, в ходе проведения экспериментов было установлено, что относительно слабое УФ излучение, энергия которого приблизительно в 25 раз меньше, чем затрачиваемая на создание самой плазмы, существенно влияет на параметры УВ в плазме.

Принимая во внимание, что УФ подсветка изменяет в плазме прежде всего концентрацию электронно-возбужденных молекул и электронов вследствие дополнительной ионизации газа, последующие исследования будут направлены на изучение связи этих факторов со структурой УВ и механизмом распространения возмущений в плазме.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Климов А.И., Мишин Г.И., Федотов А.Б., Шахатов В.А. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. № 20. С. 31-36.
- [2] Климов А.И., Коблов А.Н., Мишин Г.И., Серов Ю.Л., Явор И.П. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. № 7. С. 439-443.
- [3] Басаргин И.В., Мишин Г.И. // Письма в ЖТФ. 1985. Т. 11. № 4. С. 209-215.
- [4] Быстров С.А., Иванов В.И., Шугаев Ф.В. // Физика плазмы. 1989. Т. 15. № 5. С. 558-562.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
1 февраля 1990 г.
В окончательной редакции
1 марта 1990 г.