

ТЕПЛОФИЗИКА  
ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Том XVIII

(ОТДЕЛЬНЫЙ ОТТИСК)

3

# ВОЗМУЩЕНИЕ ПЛАЗМЫ АЦЕТИЛЕНО-КИСЛОРОДНОГО ПЛАМЕНИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ РАЗРЯДОМ

Барташевская Л. И., Зайцев А. С., Твердохлебов В. И.

При давлении  $p=0,27$  кПа для плазмы ацетилено-кислородного пламени, возмущенного несамостоятельным электрическим разрядом, зондовым методом определены функции распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ), а затем средняя энергия и концентрация электронов. Несамостоятельный разряд не оказывает заметного влияния на среднюю энергию электронов и величину энергии, на которую приходится максимум ФРЭЭ. В то же время несамостоятельный разряд вызывает увеличение концентрации электронов при малых разрядных токах и уменьшение при больших разрядных токах.

Изучена плазма ацетилено-кислородного пламени, возмущенного несамостоятельным электрическим разрядом. Визитной карточкой электронной составляющей плазмы является функция распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ). Экспериментальное определение ее основано на работе Дрювестейна [1] с использованием формулы

$$f(eU) = \frac{2}{e^2 S n_e} \sqrt{\frac{2mU}{e}} \frac{d^2 I}{dU^2}, \quad (1)$$

где  $I$  — электронный ток на зонд;  $U$  — потенциал зонда относительно плазмы;  $n_e$  — концентрация электронов;  $S$  — площадь рабочей поверхности зонда;  $e$  — элементарный заряд;  $m$  — масса электрона.

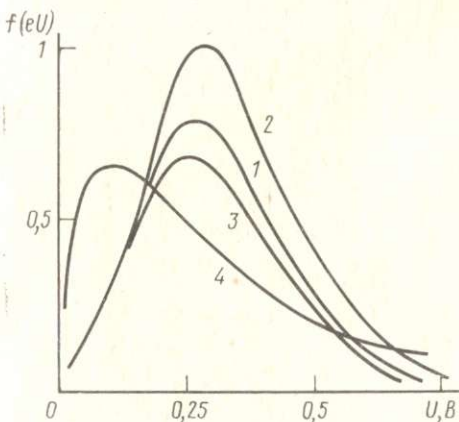
Величина  $d^2 I/dU^2$  определена методом второй гармоники [2, 3]. Измерительный зонд представляет собой платиновую проволочку диаметром  $d=50$  мкм, рабочей длиной  $l=6$  мм.

В условиях эксперимента выполнялось соотношение

$$r < \lambda_D < \lambda, \quad (2)$$

где  $r$  — радиус зонда;  $\lambda_D$  — длина Дебая;  $\lambda$  — средняя длина свободного пробега электронов.

Экспериментально полученные ФРЭЭ для разрядного тока: 1 —  $I=0$ ; 2 — 0,04 мА; 3 — 0,06; 4 — функция распределения Максвелла



Горение ацетилено-кислородной смеси осуществлялось в барокамере при давлении  $p=0,27$  кПа. Пламя на встречных струях создавалось с помощью двух горелок, расположенных в вертикальном направлении с расстоянием между ними 0,12 м. Нижний край реакционной зоны, имеющий форму диска толщиной 0,05 м, находился от нижней горелки на расстоянии 0,03 м. Концентрация топлива в горючей смеси составляла  $C=37,5\%$ . Электрический разряд протекал в объеме пламени, электродами служили матрицы горелок. Источник электрического тока — батареи БАС-80.

Полученные экспериментально ФРЭЭ плазмы пламени без электрического разряда и в комбинации с электрическим разрядом представлены на рисунке. Измерения проводились при разрядных токах  $I=0,02; 0,04; 0,06; 0,08$  мА на высоте  $h=0,06$  м от среза нижней горелки. На рисунке также приведена кривая распределения Максвелла, построенная для того же значения средней энергии электронов, что и экспериментальная ФРЭЭ пламени без разряда.

Все экспериментальные ФРЭЭ отличаются от ФРЭЭ Максвелла. Ранее [4] отмечалось, что в экспериментальных ФРЭЭ плазмы пламени наблюдается недостаток как высокоэнергетических электронов, так и электронов малых энергий. Эта особенность ФРЭЭ сохраняется и в плазме пламени, возмущенном электрическим разрядом. Некоторый сдвиг кривых, относящихся к различным разрядным токам, связан с изменением концентрации электронов.

Энергия, на которую приходится максимум ФРЭЭ, во всех опытах сохраняет величину  $\sim \varepsilon_0=0,28$  эВ. Средняя энергия электронов также почти не изменяется и составляет  $\bar{\varepsilon}=0,3$  эВ.

На основе экспериментально полученных ФРЭЭ можно определить концентрацию электронов, используя для расчета формулу

рительной системы.

В таблице приведены значения концентрации электронов, полученные обработкой экспериментальных кривых, представленных на рисунке. В опытах 2, 3 наблюдается увеличение концентрации электронов, а по мере возрастания разрядного тока (опыты 4, 5) концентрация электронов убывает. Последнее обстоятельство объясняет-

Номер опыта	Разрядный ток, I, мА	Концентрация электронов, $n \cdot 10^{-14}$ , м <sup>-3</sup>	Номер опыта	Разрядный ток, I, мА	Концентрация электронов, $n \cdot 10^{-14}$ , м <sup>-3</sup>
1	0	2,0	4	0,06	1,6
2	0,02	2,7	5	0,08	1,2
3	0,04	2,4			

ся особенностью электрического разряда. В этих опытах разряд носит несамостоятельный характер. В данном случае

$$q = \alpha n_e^2 + I/V, \quad (4)$$

где  $q$  — скорость ионизации;  $\alpha$  — коэффициент рекомбинации;  $V$  — объем плазмы, из которого уводятся электроны внешним полем.

Если в уравнении (4) переменными величинами является  $n_e$  и  $I$ , то с ростом  $I$  должно наблюдаться только уменьшение  $n$ . Чтобы объяснить поведение зависимости  $n_e=f(I)$  при малых разрядных токах, следует предположить, что скорость ионизации зависит от электрического поля. В работе [5] изложены представления о наличии в химической плазме неустойчивых образований, эволюция которых ведет к предпочтительной рекомбинации. По-видимому, электрическое поле разрушает эти образования и в результате наблюдается увеличение концентрации электронов.

Явление увеличения концентрации электронов в электрическом поле ставит под сомнение экспериментальные данные о скорости ионизации, полученные методом тока насыщения. Последние следует рассматривать как верхний предел значения скорости ионизации невозмущенного пламени.

Днепропетровский горный институт

Поступило в редакцию 5 X 1979

## ЛИТЕРАТУРА

1. М. J. Druvesteyn. Z. Phys., 64, 781, 1930.
2. G. R. Branner, E. M. Frair, G. Medicus. Rev. Sci. Instr., 34, 231, 1963.
3. А. С. Зайцев, Л. С. Твердохлебова. ЖТФ, 43, 607, 1973.
4. А. С. Зайцев, В. И. Твердохлебов. ДАН СССР, 205, 818, 1972.
5. А. С. Зайцев, В. И. Твердохлебов, Л. С. Твердохлебова. ТВТ, 18, 3, 1980.