

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ФАКЕЛЬНОГО РАЗРЯДА

И. А. ТИХОМИРОВ, В. В. ТИХОМИРОВ, В. Я. ФЕДЯНИН

(Представлена научным семинаром ФТФ)

Для успешного применения плазмы высокочастотных разрядов в науке и технике необходимо знание таких параметров ее, как концентрация электронов, частота соударений электронов с тяжелыми частицами, температура электронов. Определение этих параметров возможно с помощью микроволновых и зондовых методов диагностики плазмы.

В данной работе изложены некоторые результаты микроволновых и зондовых измерений параметров в. ч. электродной нетурбулизованной плазмы высокого давления в воздухе.

При проведении исследований разряд возбуждался на водоохлаждаемом никелевом электроде в кварцевой камере с помощью генератора ЛГЕ-3Б с рабочей частотой 30 мгц. Мощность, выделяемая в разряде, достигала 2 квт, длина канала факела до 18 см при давлениях от 300 мм рт. ст. до атмосферного.

Опыты показали, что отражение с. в. ч. сигнала от данной плазмы практически отсутствует, таким образом, можно принять, что уменьшение сигнала по сравнению с опорным обусловлено только затуханием его в плазме.

Микроволновые измерения проводились по схеме, представленной на рис. 1.

Здесь: 1 — разряд, 3 — измерительная линия, 4 — измерительный аттенюатор, 5 — согласующий трансформатор, 6 — регистрирующее устройство (осциллограф С1—8), 2 — генератор с. в. ч. колебаний на клистродах К—49, К—45, К—46 с диапазоном перекрываемых длин волн 8÷13 мм.

Сигналы от клистронов подавались в один волноводный тракт с помощью направленных ответвителей. Фокусировка с. в. ч. излучения в пятно порядка длины волны осуществлялась тефлоновыми линзами.

Радиус канала, определенный согласно [2], изменялся от 0,76 см до 1,05 см, т. е. диаметр канала оставался всегда больше длины волны с. в. ч. излучения, что позволило избежать ошибок измерений, обус-

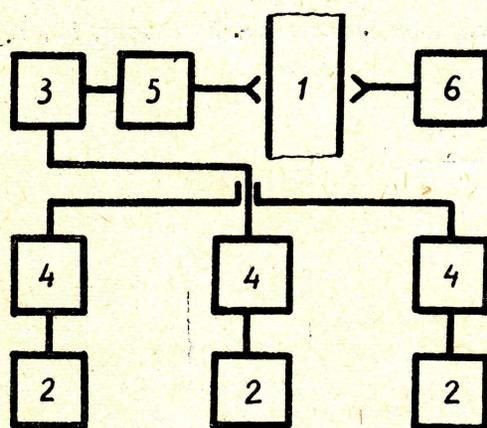


Рис. 1. Блок-схема эксперимента по определению «β»

ловленных прохождением части микроволнового излучения мимо канала факеля.

На рис. 2 представлена зависимость затухания  $\beta$  от давления в разрядной камере. Результаты получены для области плазмы, находящейся на расстоянии 7 см от электрода, при подводимой к разряду мощности около 3 квт.

Методика обработки полученных результатов, а также применимость ее для высокочастотного факельного разряда высокого давления изложены в работе [1].

Полученные зависимости частоты столкновений  $\nu$  и концентраций электронов  $N$  в плазме от давления иллюстрируются графиком рис. 3. Средние значения  $\nu \sim 10^{11} \text{ сек}^{-1}$ ,  $N \sim 10^{11} \div 10^{12} \text{ см}^{-3}$  согласуются с

данными работ [1], [2], [3]. Из графика рис. 3 можно заметить некоторое увеличение  $\nu$  и  $N$  с ростом давления. С ростом

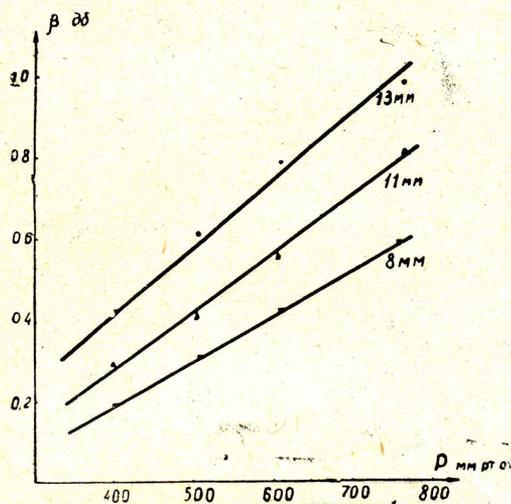


Рис. 2. Зависимость « $\beta$ » от давления в разрядной камере

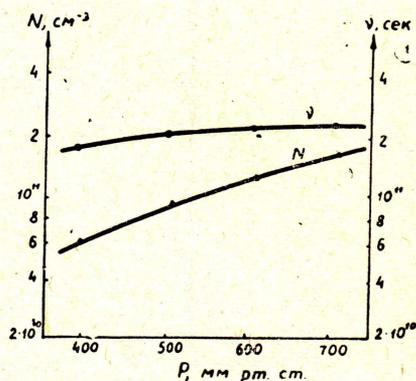


Рис. 3. Зависимость « $\nu$ » и « $N$ » от давления в разрядной камере

давления увеличивается плотность тяжелых частиц в плазме, что ведет к росту вероятности столкновений электронов с тяжелыми частицами и, следовательно, может вести к возрастанию  $\nu$  при увеличении давления, что согласуется с экспериментом.

В указанном диапазоне давлений с ростом его несколько увеличивается температура канала факеля [4] и, следовательно, степень термической ионизации. Этот факт, а также некоторое увеличение  $\nu$  с ростом давления, могут приводить к увеличению  $N$ , что и подтверждается экспериментом.

Для проведения зондовых измерений нами использовались подвижные никелевые и вольфрамовые зонды  $d \leq 0,8 \text{ мм}$ . Время нахождения зонда в плазме  $\sim 0,1 \text{ сек}$ , чтобы избежать необходимости учета эмиссии электронов из горячего зонда, что пока затруднительно [5]. Измерение проводилось по схеме, предложенной в работе [6]. При прохождении зондом плазмы на экране осциллографа фиксировалось 7-8 зондовых характеристик.

Изменение концентрации электронов по длине канала, вычисленное по перегибу характеристики, лежит в пределах  $N \approx 10^{11} \div 10^{12} \text{ см}^{-3}$ , что согласуется с микроволновыми измерениями и данными работ [1], [2], [3].

На рис. 4 представлено изменение температуры электронов  $T_e$ , определенной по наклону характеристики, по длине канала для атмосферного давления. К сожалению, результаты как микроволновых, так

и зондовых измерений на расстояниях от электрода, меньше 3 см, не однозначны, что можно объяснить, по-видимому, влиянием приэлектродных эффектов. Полученные значения  $T_e$  по порядку величины  $(4 \div 7) \cdot 10^4$  К согласуются с данными [7], [8], полученными для с. в. ч. факела в молекулярных газах. Необходимо заметить, что точные количественные оценки параметров  $v$ ,  $N$  и  $T_e$  для канала факельного разряда в настоящее время затруднительны. Основными препятствиями

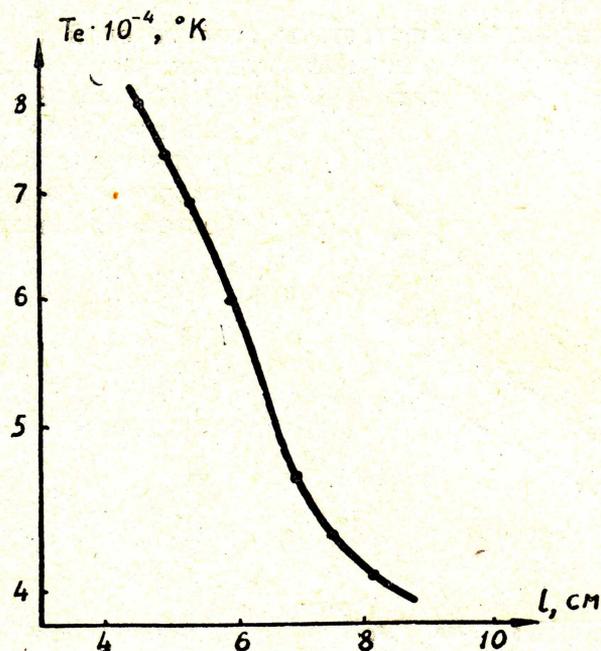


Рис. 4. Изменение  $T_e$  по длине канала факела

для их проведения являются неоднородность плазмы канала по радиусу и длине, отсутствие данных по распределению в. ч. полей в разряде и т. д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Марусин, И. А. Тихомиров, В. В. Тихомиров. Измерение параметров в. ч. электродной плазмы. В тезисах докладов семинара «Применение низкотемпературной плазмы в технологии неорганических веществ и порошковой металлургии», Киев, апрель, 1968.
2. А. В. Качанов и др. Сб. Физика газоразрядной плазмы. Атомиздат, М., 1968.
3. Кристеску и Григоровичи. «Оптика и спектроскопия», 6, 129, (1959).
4. Р. Джумакулиев, А. Девятов. «Оптика и спектроскопия», 13, 20, (1962).
5. В. А. Жеребцов, М. А. Лебедев. «Теплофизика высоких температур», 5, 568, (1967).
6. С. М. Левицкий, З. А. Пляцок. «Приборы и техника эксперимента», 2, 150, (1961).
7. J. Laroche, «Appl. Scient. Res.», 5, 294, (1955).
8. I. D. Cobine, D. A. Wilbur, «J. appl. Phys.», 22, 645, (1955).