

Проведенные эксперименты показали, что существует возможность достаточно эффективного влияния на процесс горения дуги путем изменения геометрии разрядной камеры и выбора материала электродов и в некоторой степени при помощи программируемого ввода энергии.

Работа проводилась при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований.

### Список литературы

- [1] Андреев Д.А., Зиссин М.О., Коликов В.А. и др. // Источники электропитания кратковременных и импульсных нагрузок большой мощности. Л., 1981.
- [2] Глибов И.А., Рутберг Ф.Г. // Мощные генераторы плазмы. М.: Атомиздат, 1985.
- [3] Ротарт Р., Сивьер К. // Техника аэродинамических исследований. М.: Мир, 1964. С. 282.

03;04  
© 1994 г.

Журнал технической физики, т. 64, в. 8, 1994

## СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ И ПОТОКА ГАЗА НА ТЕМПЕРАТУРУ ЭЛЕКТРОНОВ В ПЛАЗМЕ

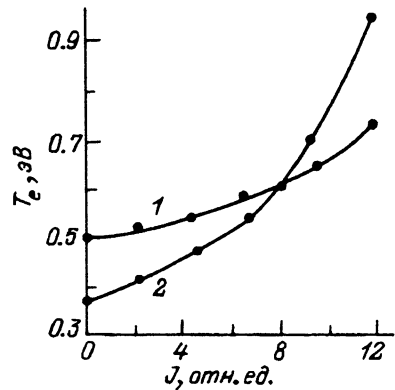
М.А.Антинян, Г.А.Галечян, Л.Б.Тавакалян

Институт прикладных проблем физики, 375090, Ереван  
(Поступило в Редакцию 15 декабря 1993 г.)

Известно, что температура электронов в газовом разряде устанавливается самосогласованно и зависит от природы газа, давления и плотности тока или от параметра  $E/N$  ( $E$  — напряженность электрического поля,  $N$  — плотность газа). Изменение величины температуры электронов ( $T_e$ ) независимым путем при постоянном токе и давлении газа в разряде — задача весьма важная в прикладном аспекте, так как при этом будут изменяться остальные параметры плазмы и удастся получить условия, которые необходимы для решения конкретной технической задачи. Так, при создании газовых лазеров для повышения эффективности заселения верхних лазерных уровней в ОКГ на углекислом газе в газовую смесь для уменьшения температуры электронов добавляют легкоионизирующие присадки.

В данной работе рассматривается возможность изменения температуры электронов в широком диапазоне при постоянном токе и давлении газа в разряде звуковой волной совместно с потоком газа.

Исследования выполнялись на экспериментальном стенде, состоящем из кварцевой разрядной трубки, установленной вертикально, с внутренним диаметром 9.8 см, длиной 52 см и расстоянием между электродами 27 см. К одному из торцов разрядной трубки был прикреплен электродинамический излучатель звуковых волн, к противоположному



Графики зависимости температуры электронов в разряде азота от интенсивности звуковой волны при давлении 30 Тор и разрядном токе 40 мА.

1 — в отсутствие потока газа (при резонансной частоте  $f_p = 170$  Гц), 2 — в потоке газа с  $v = 0.63$  м/с ( $f_p = 155$  Гц).

концу — микрофон для контроля параметров звуковой волны. Электрическое питание разряда производилось высоковольтным источником постоянного тока. Температура электронов измерялась электрическим зондом. Были проведены измерения температуры газа в плазме на оси разряда и на стенке трубки двумя термопарными датчиками, расположенными на расстоянии 8 см от анода. Более подробно с экспериментальной установкой и с методами измерения параметров плазмы можно ознакомиться в [1].

Измерения проводились в диапазоне давлений  $P = 30\text{--}40$  Тор, при разрядном токе 40 мА. Интенсивность звука на первой резонансной частоте  $f_1 = 170$  Гц варьировалась от 84 до 98 дБ. Скорость прокачки газа составляла 0.63 м/с. Прокачка газа осуществлялась форвакуумным насосом в направлении от анода к катоду.

На рисунке приведены графики зависимости температуры электронов в разряде азота от интенсивности звуковой волны при давлении 30 Тор, разрядном токе 40 мА в отсутствие потока газа (кривая 1) и при прокачке газа (кривая 2). Температура электронов в отсутствие звука и потока газа 0.5 эВ. При увеличении интенсивности звуковой волны от 84 (2 отн. ед.) до 98 дБ (12 отн. ед.)  $T_e$  возрастает от 0.5 до 0.72 эВ. При этом происходит расконтрагирование разряда, диаметр видимой границы положительного столба увеличивается с 2 до 6.5 см, температура газа на оси уменьшается от 614 до 575°, радиальный градиент температуры газа понижается от 310 до 260°.

Включение прокачки газа в отсутствие звука приводит к уменьшению температуры электронов от 0.5 до 0.38 эВ, а диаметра разряда — от 2 до 1.2 см. При этом электрическое поле также уменьшается, что согласуется с результатами работы [2]. Из рисунка видно, что увеличение интенсивности звука при наличии потока вызывает более крутой рост  $T_e$ , чем в отсутствие потока, и при интенсивности звуковой волны 90 дБ кривые 1 и 2 пересекаются. Дальнейшее повышение интенсивности звука приводит к более резкому возрастанию  $T_e$  в потоке, при  $J = 98$  дБ становится равной 0.92 эВ, т.е. температура электронов увеличилась в 2.42 раза, диаметр положительного столба возрос до 775 см.

Диаметр видимой границы положительного столба в потоке газа при интенсивностях  $J < 90$  дБ меньше, чем в отсутствие потока, в то время как при  $J > 90$  дБ диаметр разряда с прокачкой больше,

чем в случае без прокачки. Аналогичен ход зависимости продольного электрического поля в разряде от интенсивности звука в отсутствие и при наличии потока газа.

В [3] показано, что уменьшение радиального перепада температуры газа в разряде при увеличении интенсивности звуковой волны (без потока газа) связано с возникновением стационарного вихревого движения в стоячей звуковой волне (так называемое акустическое течение [4]). Этот процесс сопровождается турбулентным перемешиванием плазмы в радиальном направлении и ростом частоты рекомбинации заряженных частиц на стенках трубки. Возрастание частоты гибели электронов и ионов с увеличением интенсивности звука при постоянном токе и давлении газа в разряде должно сопровождаться повышением частоты ионизации, что связано с возрастанием температуры электронов.

Уменьшение диаметра видимой границы положительного столба при включении потока газа (в отсутствие звука) вызвано тем обстоятельством, что время выноса газовых частиц из разрядной зоны потоком газа меньше характерного времени их диффузионного ухода на стенки. Это приводит к росту радиального перепада температуры газа в разряде с ламинарным потоком и уменьшению температуры электронов [5].

При достаточно высоких интенсивностях звука ( $J > 90$  дБ) более высокая радиальная температурная неоднородность разряда с потоком газа создает более благоприятные условия для развития акустических вихрей по сравнению с разрядом без потока газа, что и приводит к более крутому росту температуры электронов в разряде с потоком в поле звуковой волны. Значения  $J_k$  ( $J_k$  — интенсивность звука в точке пересечения кривых 1 и 2 на рисунке), по-видимому, будет уменьшаться с ростом скорости потока газа.

В заключение можно отметить, что при интенсивностях больше  $J_k$  газодинамические эффекты в разряде от потока газа и звуковой волны суммируются.

#### Список литературы

- [1] Антинян М.А., Галечян Г.А., Тавакалян Л.Б. // Физика плазмы. 1992. Т. 18. № 3. С. 367–374.
- [2] Gentle K.W., Ingard U., Bekefi C. // Nature. 1964. Vol. 203. N 4952. P. 1369–1370.
- [3] Антинян М.А., Галечян Г.А., Тавакалян Л.Б. // ТВТ. 1991. Т. 29. № 6. С. 1081–1085.
- [4] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 460 с.
- [5] Галечян Г.А. // Химия плазмы / Под ред. Б.М. Смирнова. М.: Энергоиздат, 1983. Вып. 10. С. 73–109.