

04:12
©1993

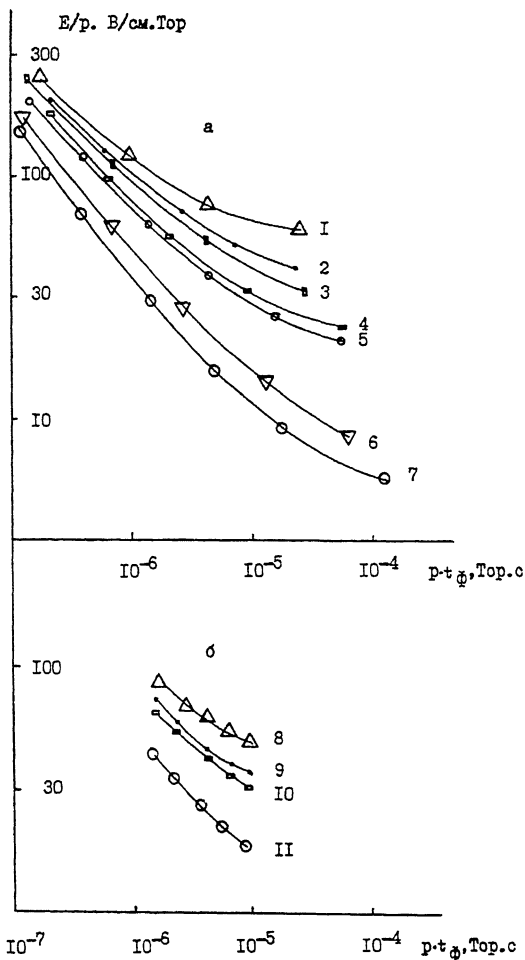
ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ РАЗРЯДА В ГАЗАХ И ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ

В.В.Коробкин, А.Ю.Сонин

Время формирования разряда t_f играет определяющую роль в анализе физических процессов, протекающих в начальных стадиях разряда различных газоразрядных устройств [1-8]. Как правило, при разработке и конструировании разрядников и газоразрядных лазеров используются различные смеси газов или смеси паров металлов с газами [1,6,8], что позволяет легко варьировать разрядные и излучательные характеристики таких приборов в широком диапазоне напряжений и токов. Однако до настоящего времени лишь для некоторых чистых газов и воздуха измерены времена формирования разряда [1,2]; исключение составляет работа [3], в которой измерения проведены для двух смесей CO_2 , He, N_2 .

При многоэлектронном иницировании пробоя в частотном режиме нами были измерены времена формирования разряда t_f для воздуха, N_2 , O_2 , Xe, H_2 , He, Ne, а также для смесей N_2 с He или Ne.

Эксперименты проводились на установке, включающей в себя плексигласовую разрядную камеру с электродами из нержавеющей стали, выполненными по профилю Роговского. Межэлектродное расстояние варьировалось от 0 до 30 мм. Генератор высоковольтных импульсов позволял формировать на электродах разрядной камеры импульсы напряжения до 25 кВ с передним фронтом 1-6 нс и длительностью 210 нс разрядом 50-омного кабеля через нелинейную ферритовую формирующую линию. В качестве коммутатора использовался тиратрон ТГИИ-1000/25. Система регистрации напряжения и тока, включающая в себя пояс Роговского, безындуктивный делитель напряжения с коэффициентом деления 1:1000 и запоминающий осциллограф С7-8, обеспечивала временное разрешение на хуже 0.3 нс и позволяла измерять время формирования от 3 до 200 нс при напряженностях электрического поля E до 25 кВ/см. Вакуумная система откачки и заполнения газами давала разряжение до 0.01 Тор и напуск спектрально чистых газов до 760 Тор.



Зависимости t_{ϕ} от E/p для чистых газов, воздуха (а) и смесей $N_2 + He$, $N_2 + Ne$ (б): 1 - N_2 , 2 - воздух, 3 - O_2 , 4 - He , 5 - H_2 , 6 - Ne , 7 - He , 8 - $p_{N_2} : p_{He} = 4 : 1$, 9 - $p_{N_2} : p_{Ne} = 4 : 3$, 10 - $p_{N_2} : p_{Ne} = 2 : 3$, 11 - $p_{N_2} : p_{He} = 1 : 3$. Сплошные кривые построены по соотношению (1).

Экспериментальные точки и теоретические кривые, описываемые соотношением (1) из работы [7] для воздуха и чистых газов приведены на рисунке, а. Из этого рисунка видно, что результаты для воздуха, O_2 , He , H_2 с хорошей точностью совпадают с результатами работ [1,2] во всем диапазоне давлений, напряженности электрического поля и времени формирования. Следует заметить, что изменение частоты повторения импульсов напряжения в диапазо-

не 2–100 Гц не приводило к изменению времени формирования, а диффузный характер разряда сохранялся в O_2 и Хе при давлениях до 14 Тор, в воздухе — до 28 Тор, в N_2 и H_2 — до 100 Тор, в Не и Не — до 500 Тор. Это указывает, что порог перехода лавинного пробоя в стримерный зависит от сорта газа. Частотный режим работы облегчал процесс измерения с использованием стробоскопической техники и уменьшал статистическое запаздывание. Впервые измеренные зависимости для Хе, H_2 , Не лежат внутри области варьирования напряженности электрического поля, давления и времени формирования разряда для N_2 и Не и, следовательно, достоверны. Экстраполяция кривых, приведенных на рисунке, *а*, в сторону больших E/p показывает, что при $E/p \sim 700$ В/см · Тор результаты экспериментов будут описываться одной зависимостью $t_\phi \cdot p = F(E/p)$ для различных газов. Это может быть объяснено появлением “убегающих” электронов при формировании разряда, и при дальнейшем росте величины E/p будет происходить рост времени формирования. Из этого же рисунка видно, что с уменьшением величины E/p , для каждого газа существует минимальная величина $(E/p)_{\text{мин}}$, которая полностью определяется сортом газа и может служить характеристикой этого газа.

На рисунке, *б* приведены результаты эксперимента и теоретические кривые из работы [7], для смесей азота с гелием и смесей азота с неоном. Хорошее согласие экспериментальных результатов для смесей газов с рассчитанными значениями позволяет сделать вывод об однозначном соответствии каждой точки плоскости координат E/p , $t_\phi \cdot p$ параметрам E , p , t_ϕ , p_k , p_i для данного набора газов смеси. Кроме того, изменяя парциальные давления компонент смеси можно просто варьировать t_ϕ при заданной величине поля E .

Таким образом, полученные результаты позволяют прийти к выводу, что параметр $(E/p)_{\text{мин}}$ для каждого газа интегрально учитывает особенности энергетической структуры атомов или молекул этих газов, а значение параметра $(E/p \sim 700$ В/см · Тор) указывает нижнюю границу появления “убегающих” электронов, ускоряющихся в электрическом поле, вне зависимости от энергетической структуры атомов или молекул газа. Там, где отсутствуют “убегающие” электроны, существует однозначная связь между величинами, описывающими пробой для данного набора газов смеси. Полученные в работе результаты могут быть использованы при расчете и анализе процессов в газоразрядных лазерах и коммутаторах [8].

Список литературы

- [1] *Ретер Г.* Электронные лавины и пробой в газа. М.: Мир, 1968. 392 с.
- [2] *Папакин В.Ф., Сонин А.Ю.* // ТВТ. 1981. Т. 19. В. 5. С. 1102.
- [3] *Crawford E., Phelps A.* // Appl. Phys. Lett. 1974. V. 25. N 1. P. 59-61.
- [4] *Сонин А.Ю., Батыгов А.А.* // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. В. 3. С. 501-502.
- [5] *Lal S., Thakur S.* // Appl. Optics. 1982. V. 21. N 13. P. 2317-2322.
- [6] *Солдатов А.Н., Соломонов В.И.* Газоразрядные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов. 1985. 152 с.
- [7] *Коробкин В.В., Сонин А.Ю.* Времена формирования разряда в чистых газах и газовых смесях. Препринт № 82 ИОФ АН СССР, 1990.
- [8] *Сонин А.Ю.* А. с. № 162320 от 22.09.90.

Институт общей физики РАН
Москва

Поступило в Редакцию
12 мая 1993 г.
В окончательной редакции
9 августа 1993 г.