

sitional binary alloys: I.—J. Phys. F: Metal Phys., 1975, 5, p. 975—994. [6] Yasu-
hi M., Hayashi E., Shimizu M. Consistent band calculation for vanadium and
chromium.—J. Phys. Soc., Japan, 1970, 29, p. 1446—1455. [7] Katsnelson A. A.,
Silonov V. M., Farid A. Khwaja. Electronic theory of short-range order in
alloys using the pseudopotential approximation and its comparison with experiments.—
Phys. Stat. Sol. (b), 1979, 91, p. 11—33. [8] Animalu A. O. E. Electronic structure
of transition metals. I. Quantum defects and model potential.—Phys. Rev., 1973, B 8,
p. 3542—3554.

Поступила в редакцию
07.12.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1981, Т. 22, № 6

УДК 533.933

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ЭНЕРГИЯМ В ПОЛОЖИТЕЛЬНОМ СТОЛБЕ И В ОТРИЦАТЕЛЬНОМ СВЕЧЕНИИ ГЕЛИЕВОГО РАЗРЯДА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Л. М. Волкова, А. М. Девятов, Е. А. Кралькина, А. В. Куралова

(кафедра электроники)

В последнее время исследование функции распределения электро-
нов по энергиям (ФРЭЭ) находится в центре внимания многих исследо-
вателей. Это связано с тем, что форма распределения электронов по
энергиям в различных энергетических областях свидетельствует о
многообразии физических процессов, происходящих в ионизированных
газах: о наличии и скорости тех или иных элементарных процессов, о
развитии неустойчивостей и т. д.

В настоящей работе для определения функции распределения
быстрых электронов, т. е. электронов с энергиями ϵ , превышающими
энергию возбуждения уровней гелия ϵ_d , было использовано уравнение,
связывающее интенсивности спектральных линий $I(x)$, излучаемых
плазмой, с искомой ФРЭЭ $f(\epsilon)$ [1, 2]:

$$I(x) = Cv(x) \int_{\epsilon_k(x)}^{\infty} q(x, \epsilon) V \bar{\epsilon} f(\epsilon) d\epsilon, \quad (1)$$

где C — const, x — параметр, характеризующий данную спектральную
линию, $q(x, \epsilon)$, $v(x)$ — эффективное сечение возбуждения и частота
 x -й спектральной линии.

Необходимость такого подхода к определению ФРЭЭ была обуслов-
лена тем, что вопрос обоснованности использования зондового метода
в отрицательном сечении, где искомая $f(\epsilon)$ может быть анизотропна, до
сих пор не решен.

Исследование функции распределения в гелиевом разряде проводи-
лось при давлениях газа 0,3; 0,1; 0,05 и 0,025 мм рт. ст. и разрядном
токе 25 мА. Длина газоразрядной трубки была равна 70 см, внут-
ренний диаметр — 3 см. Разрядная трубка размещалась параллельно
оптической оси спектрографа ИСП-51, на фокальной поверхности кото-
рого была установлена выходная щель. Измерение интенсивности
спектральных линий проводилось поперек трубки на различных рас-
стояниях от катода. Изменение интенсивности свечения плазмы вдоль
газоразрядной трубки (от катода к аноду) при различных давлениях
гелия показано на рисунках 1, а—4, а. ФРЭЭ рассчитывалось в 24 точ-

ках через 1 эВ в интервале энергий 23—46 эВ по значениям интенсивности 10—16 спектральных линий гелия, лежащих в видимой части спектра. Предварительно были проведены исследования для проверки применимости формулы (1) в условиях наших экспериментов [1, 2].

Согласно [3], пучок первичных электронов, вылетающих из катода, достигает области отрицательного свечения, испытывая в основном упругие соударения с атомами газа. Это приводит к тому, что на границе темного катодного пространства и отрицательного свечения элект-

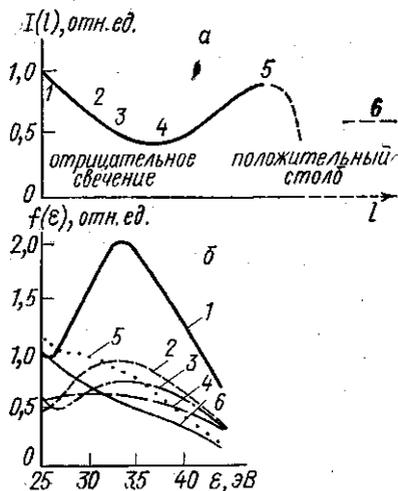


Рис. 1. Изменение свечения ионизованного газа (а) и функции распределения быстрых электронов (б) вдоль газоразрядной трубки; $p = 0,1$ мм рт. ст., разрядный ток 25 мА

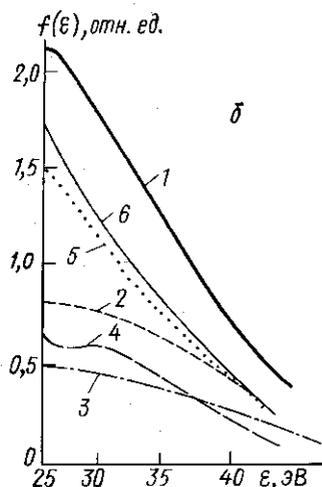


Рис. 2. То же, что на рис. 1, $p = 0,3$ мм рт. ст.

роны имеют энергию порядка eV_0 , где V_0 — величина катодного падения потенциала.

На рисунках 1, б; 2, б приведено изменение функции распределения быстрых электронов при продвижении из области отрицательного свечения к положительному столбу при давлениях 0,1 и 0,3 мм рт. ст. Положение 1 на рис. 1, а и 2, а соответствует точкам максимальной интенсивности в отрицательном свечении. В положении 1 на функции распределения (рис. 1, б, кривая 1) наблюдается резкий максимум при энергии 30—35 эВ, который постепенно затухает при приближении к положительному столбу, где существует монотонно падающая ФРЭЭ. Катодное падение потенциала, а следовательно, и энергия первичного пучка электронов в данном случае составляли величину порядка 60 эВ, и поэтому не объясняли наблюдаемый при 30—35 эВ максимум на ФРЭЭ. В области отрицательного свечения, где электрическое поле мало, электроны не приобретают энергию от поля. Здесь происходит потеря энергии электронами в основном за счет неупругих взаимодействий первого рода с атомами, которая составляет величину около 20—25 эВ.

Это должно привести к появлению в отрицательном свечении электронов с энергией 35—40 эВ, что близко к наблюдаемому экспериментально (рис. 1, б, кривые 1—4).

При давлении 0,3 мм рт. ст. катодное падение потенциала было равно 40—45 В и, следовательно, максимумы на кривых функций распределения должны находиться при энергиях 15—25 эВ, т. е. вне исследуемого

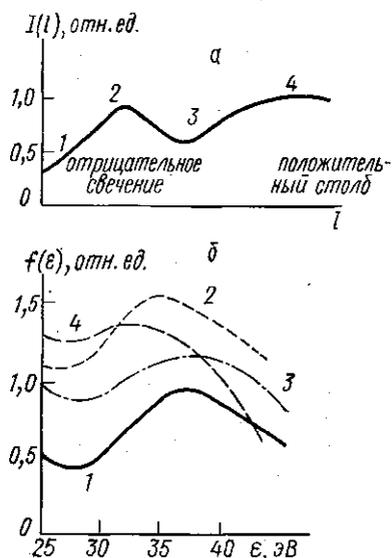


Рис. 3. То же, что на рис. 1, $p = 0,05$ мм рт. ст.

дуемого нами диапазона энергий. Действительно, на кривых функций распределения электронов в отрицательном свечении резкого максимума в интервале 23—46 эВ не наблюдается (рис. 2, б, кривые 1 и 2).

При давлении гелия 0,05 мм рт. ст. (рис. 3), как и при давлении 0,1 мм рт. ст., в области отрицательного свечения на функции распределения быстрых электронов наблюдаются резкие максимумы, которые затухают по мере приближения к положительному столбу.

На рис. 4, б изображены функции распределения электронов в разряде при давлении гелия 0,025 мм рт. ст. В этом случае обнаружены максимумы на функциях распределения электронов во всех исследованных областях разряда. Наиболее резкие максимумы наблюдаются в области отрицательного свечения (рис. 4, б, кривая 2) и на границе положительного столба (кривая 4). В области положительного столба (кривые 5 и 6) максимумы затухают. При этом давлении длина положительного столба в нашей трубке мала (около 10 см) и даже вблизи

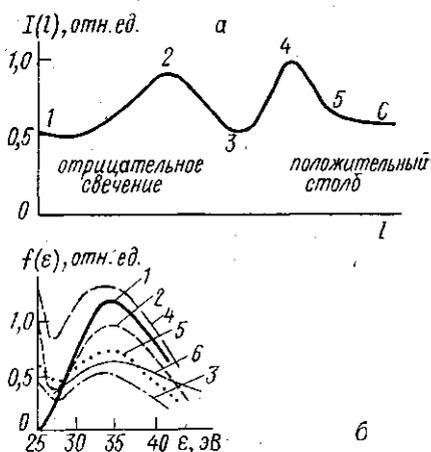


Рис. 4. То же, что на рис. 1, $p = 0,025$ мм рт. ст.

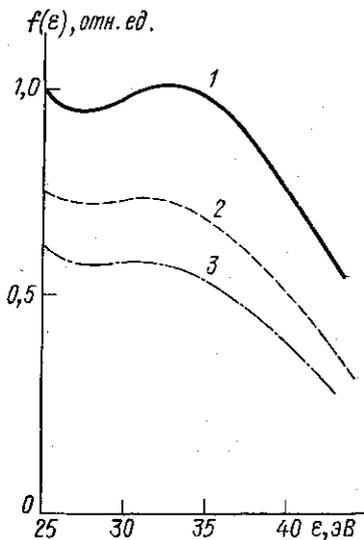


Рис. 5. Изменение функции распределения быстрых электронов вдоль искусственно вызванной страты

анода присутствует группа быстрых электронов (рис. 4, б, кривые 5 и 6).

Наличие максимума в положительном столбе разряда при давлениях 0,05 и 0,025 мм рт. ст. (рис. 3, б, кривая 4 и рис. 4, б, кривые 5 и 6) уже нельзя объяснить рассеянием пучка первичных электронов. Обогащение хвоста функции распределения быстрыми электронами объясняется, по всей видимости, влиянием поля страты, находящейся на границе фарадеевого пространства и положительного столба. В работе [4] также были выявлены максимумы на ФРЭЭ при энергиях 30—40 эВ, возникающие при прохождении электронов через область с резким скачком потенциала в разряде в водороде. Для того чтобы выявить действие поля страты на функцию распределения электронов в положительном столбе разряда при давлении 0,05 мм рт. ст., нами искусственно была вызвана страта. Однако измерить скачок потенциала в ее головке не удалось. Как видно из рис. 5, страта вызвала небольшое изменение формы ФРЭЭ (кривая 1), что подтвердило предположение о влиянии поля страты на функцию распределения. При удалении от страты (кривая 2) величина максимума на функции распределения убывает. В отсутствие страты в плазме существовало распределение, изображенное кривой 3.

Таким образом, применяя метод регуляризации к решению уравнения (1), нам удалось установить сложный характер изменения функции распределения быстрых электронов в различных областях газового разряда низкого давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Волкова Л. М., Девятков А. М., Крайкина Е. А., Меченов А. С. Определение функции распределения электронов по энергиям по интенсивностям спектральных линий.— В кн.: Некорректные обратные задачи атомной физики. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1976, с. 73—91. [2] Волкова Л. М., Девятков А. М., Крайкина Е. А. Определение функции распределения электронов по энергиям по интенсивностям спектральных линий в плазме газового разряда.— Там же, с. 92—95. [3] Грановский В. Л. Электрический ток в газе. М.: Наука, 1971, с. 292—332. [4] Аброян М. А., Каган Ю. М., Колоколов Н. Б., Лавров Б. П. О функции распределения электронов по энергиям в контрагированном дуговом разряде в водороде при пониженном давлении.— ЖТФ, 1974, 44, № 11, с. 2416—2417.

Поступила в редакцию
10.12.79

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1981, Т. 22, № 6

УДК 621.373.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА НА МДП-ВАРИКАПАХ

В. Ф. Винярский, В. Ф. Марченко

(кафедра радиофизики СВЧ)

§ 1. Введение. Рабочие характеристики параметрического генератора (ПГ) на МДП-варикапах имеют ряд отличий от известных характеристик ПГ, в котором используются барьерные варикапы [1, 2]. Эти отличия обусловлены в первую очередь своеобразным видом вольтфарадной характеристики МДП-варикапа, имеющей области насыщения.