

Работа 3.5.1.

Изучение плазмы газового разряда в неоне

Корнеев Е.С.

Изучение плазмы газового разряда в неоне

Цель работы: изучение вольт-амперной характеристики тлеющего разряда; изучение свойств плазмы методом зондовых характеристик.

Оборудование: стеклянная газоразрядная трубка, наполненная изотопом неона, высоковольтный источник питания, источник питания постоянного тока, делитель напряжения, резистор, потенциометр, амперметры, вольтметры, переключатели.

Экспериментальная установка. Схема установки для исследования плазмы газового разряда в неоне представлена на рисунке 1. Стеклянная трубка имеет холодный (ненакаливаемый) полый катод, три анода и геттерный узел - специальный баллон, на внутреннюю поверхность которого напылена газопоглощающая пленка (геттер). Трубка наполнена изотопом неона ^{22}Ne при давлении 2 мм.рт.ст. Катод и один из анодов (I или II) с помощью переключателя Π_1 подключается через балластный резистор R_6 ($\approx 450\text{кОм}$) к регулируемому высоковольтному источнику питания (ВИП) с выходным напряжением до 3кВ. Анод-II и анод-III с помощью переключателя Π_2 подключаются к источнику питания постоянного тока (0-30 В) через резистор R . Зонды также подключаются к источнику питания постоянного тока.

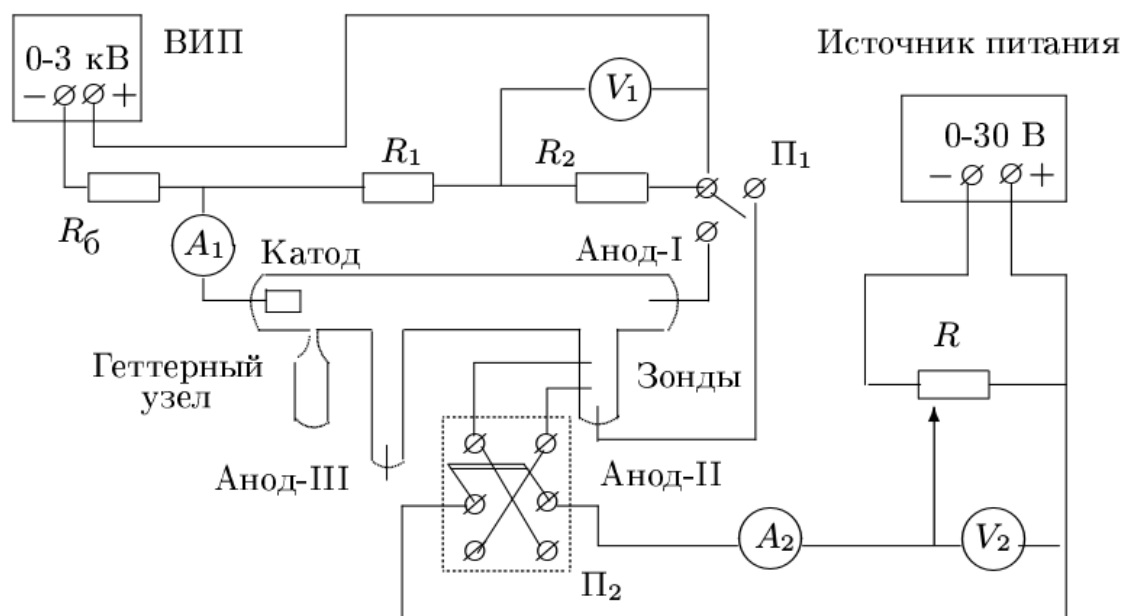


Рис. 1: Схема установки

При подключении к ВИП анода-I между ним и катодом возникает газовый разряд. Ток разряда измеряется миллиамперметром A_1 , а падение напряжения на разрядной трубке - цифровым вольтметром V_1 (B7-38), подключенным к трубке через высокоомный (25 МОм) делитель напряжения с коэффициентом $(R_1 + R_2)/R_2 = 10$.

При подключении к ВИП анода-II разряд возникает в пространстве между катодом и анодом-II, где находится двойной зонд, используемый для диагностики плазмы положительного столба. Зонды изготовлены из молибденовой проволоки диаметром $d = 0.2$ мми имеют длину $l = 5.2$ мм. Они подключены к источнику питания (0-30 В) через потенциометр R . Переключатель Π_2 позволяет изменять полярность напряжения на зондах. Величина напряжения на зондах изменяется с помощью дискретного переключателя "V" выходного напряжения источника питания и потенциометра R , а измеряется вольтметром V_2 . Для измерения зондового тока используется микроамперметр A_2 .

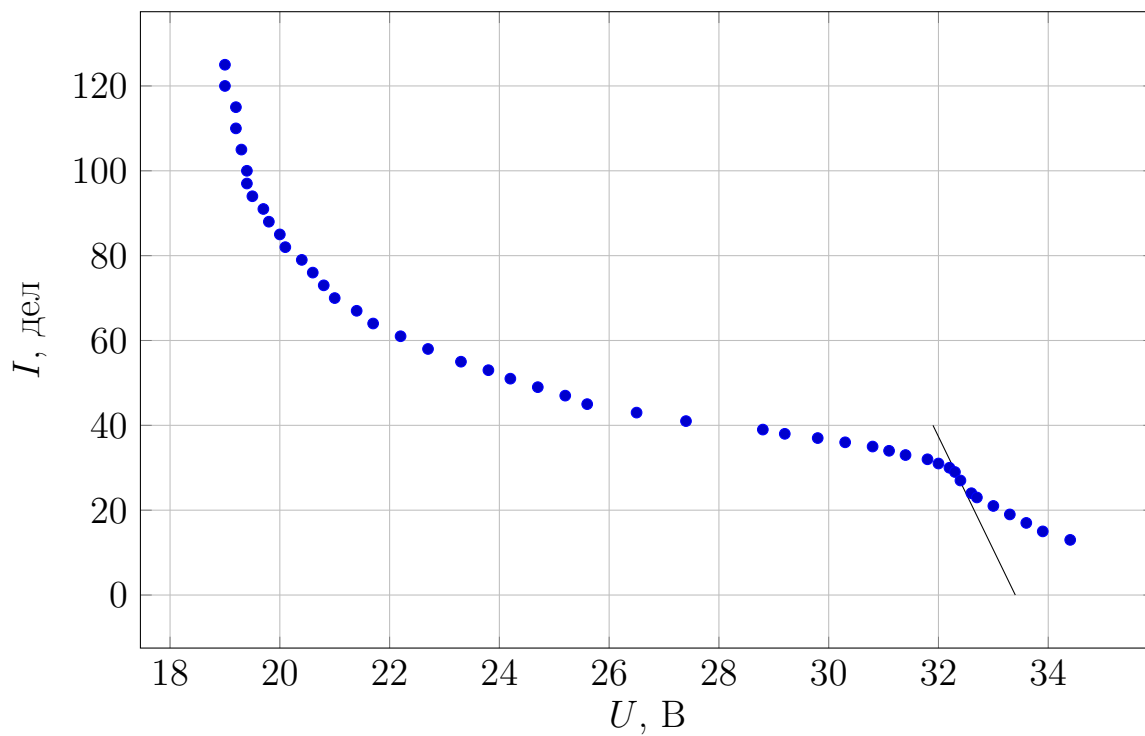
Анод-III в нашей работе не используется.

Ход работы.

Снимем ВАХ разряда:

U_1 , В	I , дел	I , мА	U_1 , В	I , дел	I , мА
30,3	36	1,44	24,2	51	2,04
31,3	34	1,36	23,8	53	2,12
30,8	35	1,40	23,3	55	2,20
31,4	33	1,32	22,7	58	2,32
31,8	32	1,28	22,2	61	2,44
32,0	31	1,24	21,7	64	2,56
32,2	30	1,20	21,4	67	2,68
32,3	29	1,16	21,0	70	2,80
32,4	27	1,08	20,8	73	2,92
32,6	24	0,96	20,6	76	3,04
32,7	23	0,92	20,4	79	3,16
33,0	21	0,84	20,1	82	3,28
33,3	19	0,76	20,0	85	3,40
33,6	17	0,68	19,8	88	3,52
33,9	15	0,60	19,7	91	3,64
34,4	13	0,52	19,5	94	3,76
29,8	37	1,48	19,4	97	3,88
29,2	38	1,52	19,4	100	4,00
28,8	39	1,56	19,3	105	4,20
27,4	41	1,64	19,2	110	4,40
26,5	43	1,72	19,2	115	4,60
25,6	45	1,80	19,0	120	4,80
25,2	47	1,88	19,0	125	5,00
24,7	49	1,96			

Погрешность I примем равной $1/2$ дел, то есть 0.02 мА, так как измерения проводились при помощи прибора со шкалой, имеющей 150 делений, в режиме с $I_{max} = 6$ мА. Погрешность U примем равной 0.1 В, так как в этих пределах значение напряжения оставалось постоянным. При данном масштабе и «размахе» измерений эти погрешности оказываются слишком маленькими, чтобы их было видно на графике.



Проведем касательную в месте максимального угла наклона ВАХа. Получим:

$$R_{max} = 1250 \text{ Ом}$$

Погрешность случайную оценим по МНК:

$$\sigma_{случ} = 100 \text{ Ом}$$

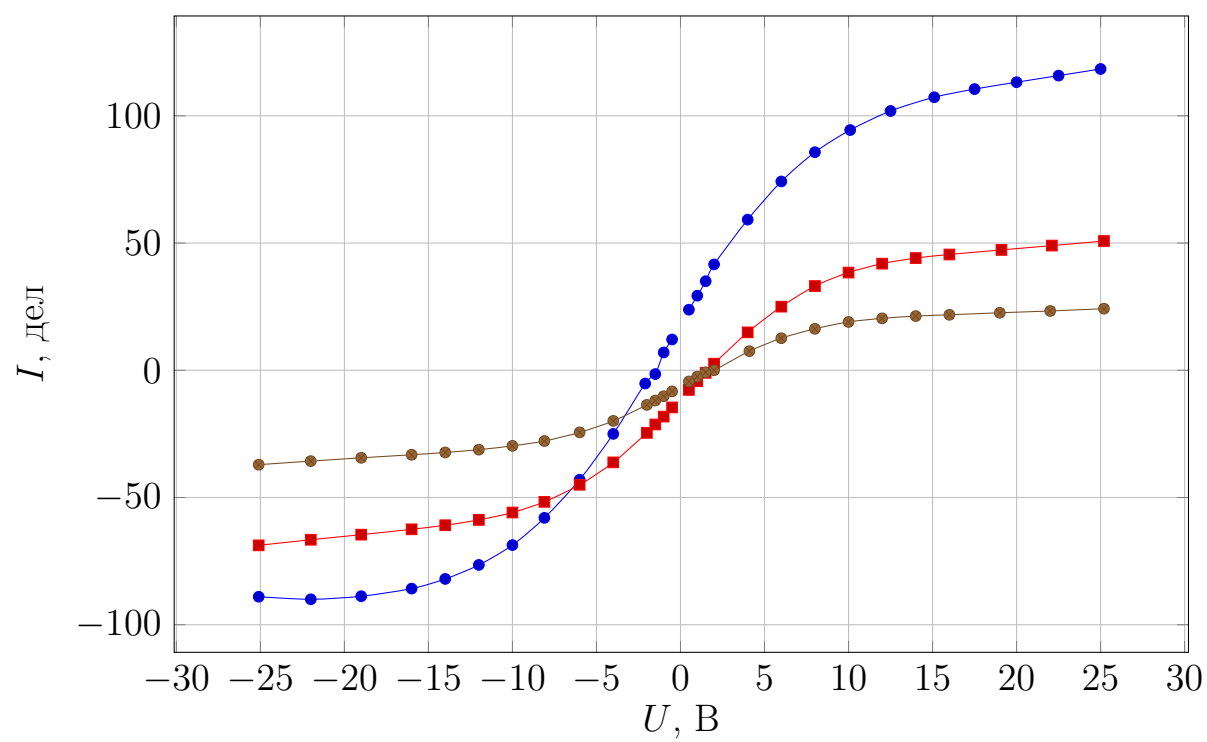
Приборной погрешностью на фоне случайной можно пренебречь. Таким образом:

$$R_{max} = (1300 \pm 100) \text{ Ом}$$

Снимем зондовые характеристики и построим соответствующие графики. Приборная погрешность U по-прежнему будет равна 0.1 В, погрешность же тока примем равной единице последнего разряда, то есть 0.1 мкА.

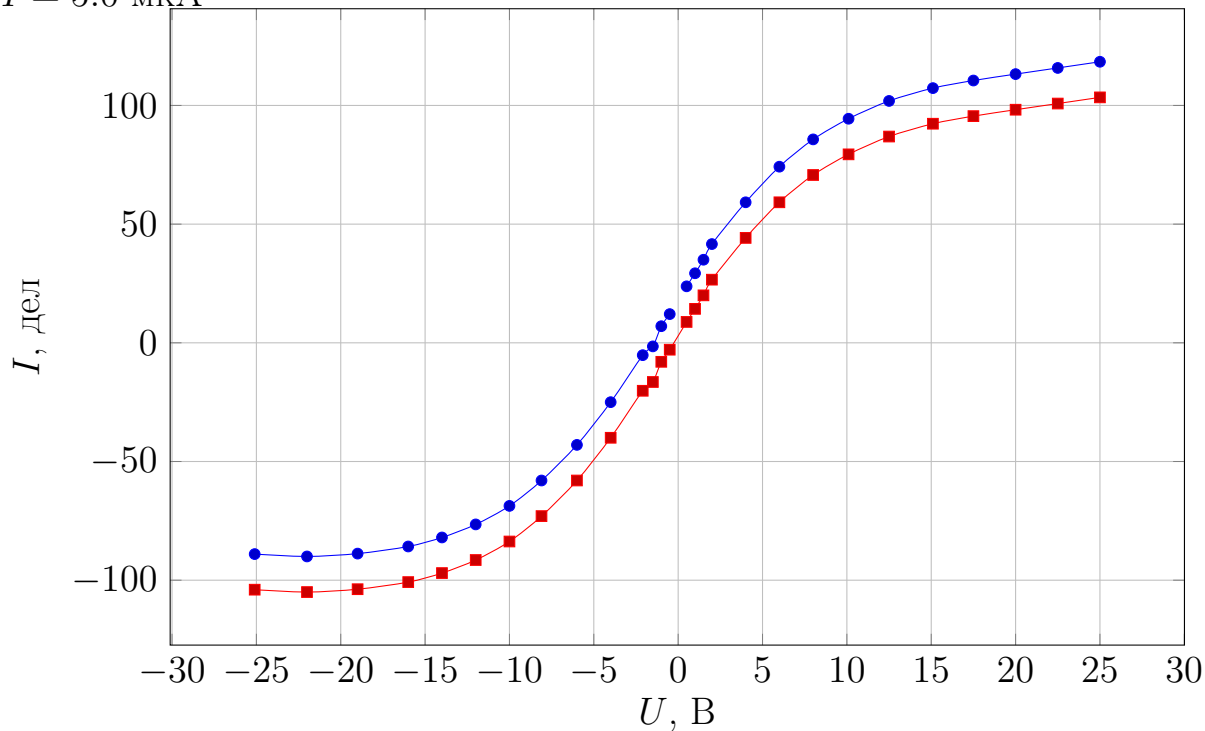
$I = 5.0 \text{ мА}$		$I = 3.0 \text{ мА}$		$I = 1.5 \text{ мА}$	
$U_2, \text{ В}$	$I_2, \text{ мкА}$	$U_2, \text{ В}$	$I_2, \text{ мкА}$	$U_2, \text{ В}$	$I_2, \text{ мкА}$
25,0	118,4	25,2	50,8	25,2	24,2
22,5	115,8	22,1	49,0	22,0	23,3
20,0	113,2	19,1	47,3	19,0	22,6
17,5	110,5	16,0	45,5	16,0	21,8
15,0	107,3	14,0	44,1	14,0	21,3
12,5	101,9	12,0	41,9	12,0	20,4
10,1	94,4	10,0	38,4	10,0	19,0
8,0	85,7	8,1	33,1	8,0	16,3
6,0	74,2	6,0	25,0	6,0	12,6
4,0	59,2	4,0	14,9	4,1	7,5
2,0	41,6	2,0	2,6	2,0	0,0
1,5	35,0	1,5	-1,0	1,5	-0,8
1,0	29,0	1,0	-4,3	1,0	-2,5
0,5	23,8	0,5	-7,7	0,5	-4,4
-25,1	-89,0	-25,1	-68,8	-25,2	-37,1
-22,0	-90,0	-22,0	-66,6	-22,0	-35,7
-19,0	-88,8	-19,0	-64,5	-19,0	-34,4
-16,0	-85,8	-16,0	-62,5	-16,1	-33,2
-14,0	-82,0	-14,0	-60,9	-14,0	-32,3
-12,0	-76,5	-12,0	-58,8	-12,0	-31,2
-10,0	-68,7	-10,0	-55,9	-10,0	-29,7
-8,1	-58,0	-8,1	-51,7	-8,0	-27,8
-6,0	-43,0	-6,0	-45,0	-6,0	-24,4
-4,0	-25,0	-4,0	-36,2	-4,1	-19,9
-2,1	-5,2	-2,0	-24,6	-2,0	-13,6
-1,5	-1,5	-1,5	-21,3	-1,5	-11,9
-1,0	7,0	-1,0	-18,2	-1,0	-10,2
-0,5	12,1	-0,5	-14,6	-0,5	-8,3

Построим все характеристики на одном графике:

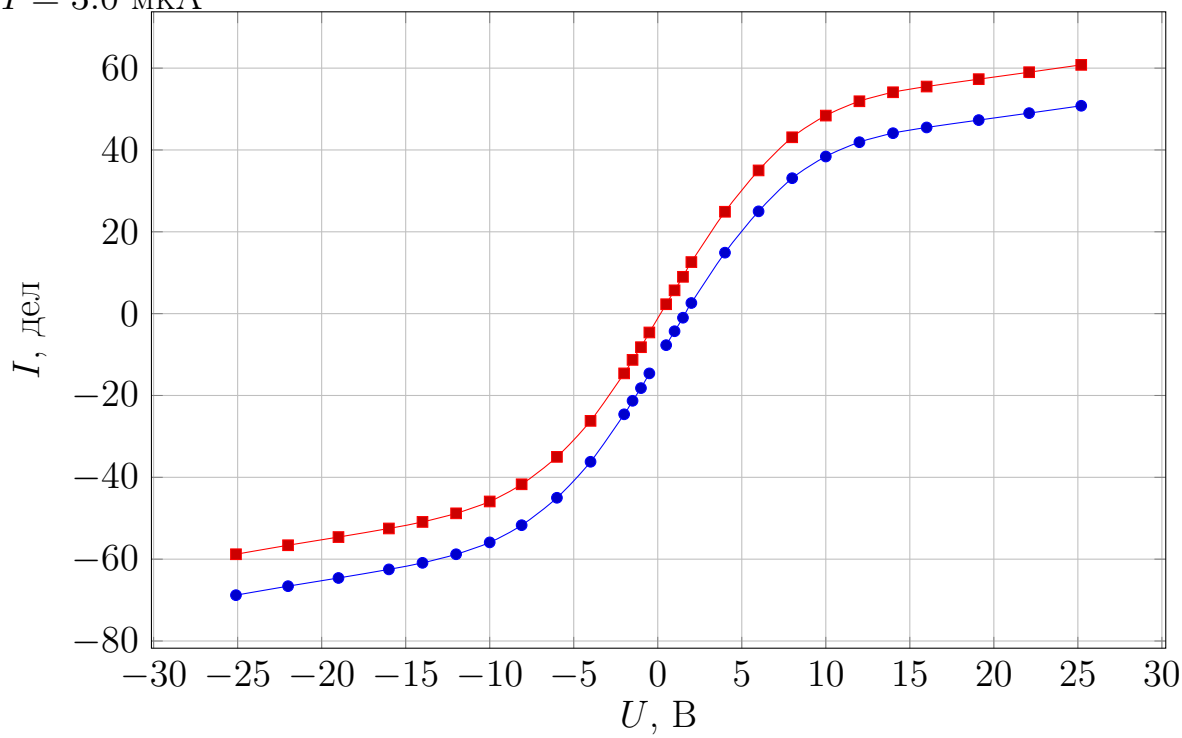


Соответствующие зондовые характеристики представлены далее. Синим цветом выделены полученные значения, красным - центрированные.

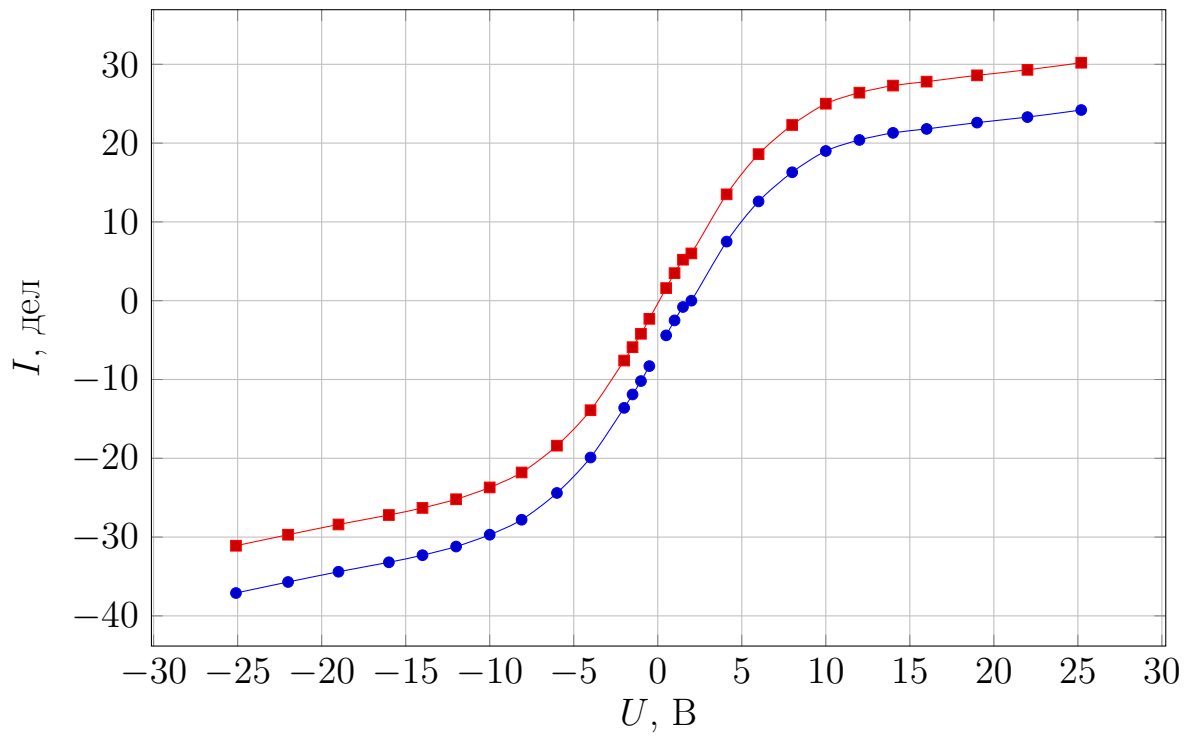
$I = 5.0 \text{ мкА}$



$I = 3.0 \text{ мкА}$



$I = 1.5 \text{ мкА}$



Сведем в таблицу значения $I_{ин}$, $\frac{dI}{dU}|_{U=0}$ и их погрешностей для различных значений I :

I , мА	$I_{ин}$, мкА	$\sigma_{I_{ин}}$, мкА	$\frac{dI}{dU} _{U=0}$, мкА/В	$\sigma_{\frac{dI}{dU} _{U=0}}$, мкА/В
5.0	24	2	11.6	0.3
3.0	46	2	6.8	0.4
1.5	77	2	3.6	0.3