

3.5.1 Изучение плазмы газового разряда в неоне

Александр Романов Б01-107

1 Введение

1.1 Цель работы

Изучение вольт-амперной характеристики тлеющего разряда; Изучение свойств плазмы методом зондовых характеристик.

1.2 В работе используются

Стеклянная газоразрядная трубка, наполненная неонам; Высоковольтный источник питания; Источник питания постоянного тока; Делитель напряжения; Потенциометр; Амперметры; Вольтметры; переключатели.

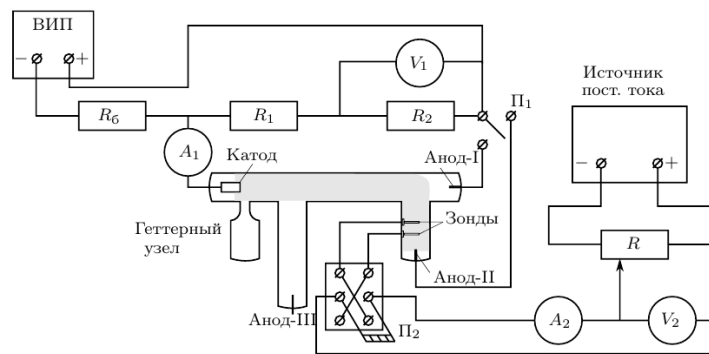


Рис. 1: Схема установки для исследования газового разряда

2 Работа

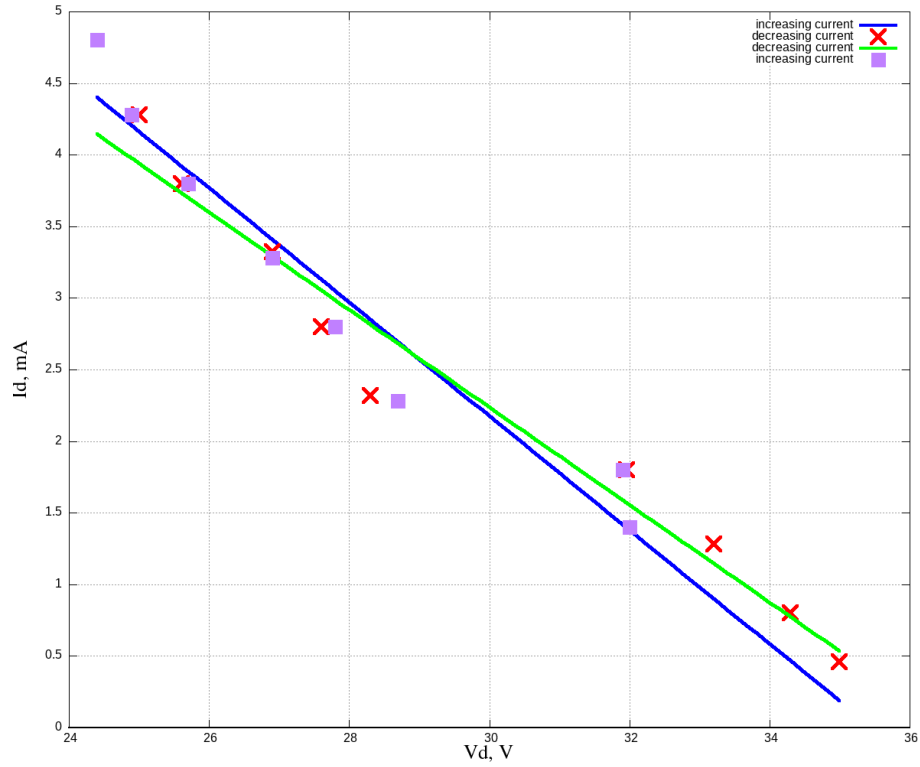
2.1 Вольт-амперная характеристика разряда

Установим переключатель Π_1 в положение "Анод-I". Установим напряжение, подаваемое с ВИП в 0. Плавно увеличивая выходное напряжение ВИП,

определим напряжение зажигания разряда V_d (По показания вольметра V_1 непосредственно перед зажиганием). Получим: $V_d = 230\text{ V}$

Снимем с помощью вольтметра V_1 и амперметра A_1 ВАХ разряда $I_d(V_d)$. Изменять ток разряда I_{dsch} будем в диапазоне $(0.5\text{ mA} - 5\text{ mA})$.

U, V	I, mA
32	1.4
31.9	1.8
28.7	2.28
27.8	2.8
26.9	3.28
25.7	3.8
24.9	4.28
24.4	4.8
25	4.28
25.6	3.8
26.9	3.32
27.6	2.8
28.3	2.32
31.96	1.8
33.2	1.28
34.3	0.8
35	0.46



Опроксимировав уравнением ($y = kx + b$) получим уравнения для уменьшения тока:

$$k = (-0.34 \pm 0.02) \text{ mA/V}$$

$$b = (12.5 \pm 0.08) \text{ mA}$$

И для повышения тока:

$$k = (-0.40 \pm 0.03) \text{ mA/V}$$

$$b = (14.1 \pm 0.09) \text{ mA}$$

Как видно из графиков, прямые очень похожи. По их наклону определим дифференциальное сопротивление разряда:

$$R_{diff} = \frac{dV}{dI} = (-2.5 \pm 0.18) \cdot 10^3 \Omega$$

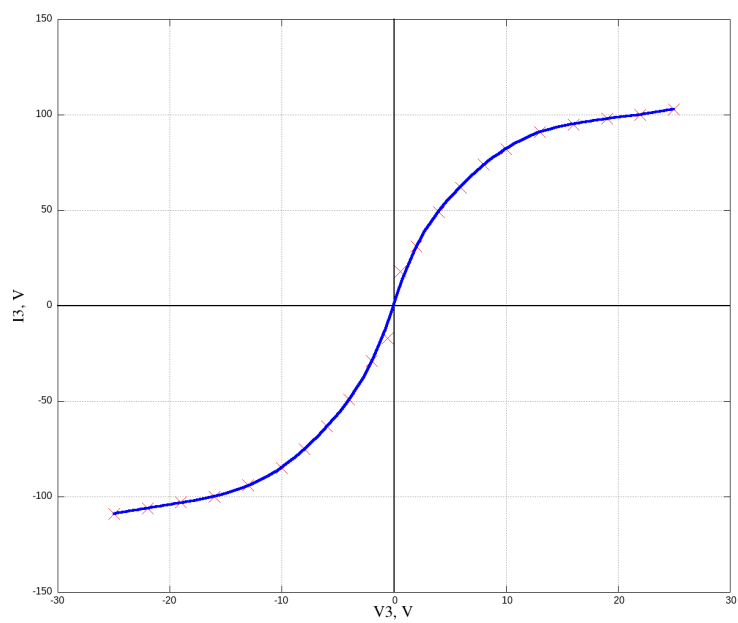
2.2 Зондовые характеристики

Уменьшим напряжение ВИП до 0. Переведём переключатель Π_1 в положение "Анод-П переключатель Π_2 в положение "+". Плавно увеличим напряжение ВИП и установим разрядный ток $I_d = 5 \text{ mA}$. Включим в сеть

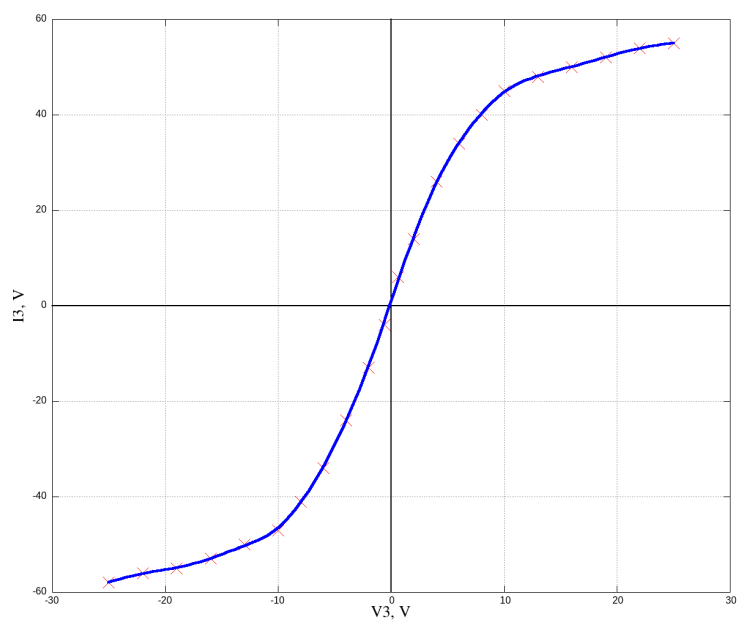
источник питания постоянного тока и установим на нем выходное напряжение $V_2 = 25\text{ V}$. При помощи потенциометра R установим на зонде максимальное напряжение $V_{\text{@}} = 25\text{ V}$. С помощью амперметра A_2 и вольтметра V_2 снимем ВАХ двойного зонда $I_3 (V_3)$. Измерим ВАХ также при $I_d = 3\text{ mA}$ и $I_d = 1.5\text{ mA}$

$I_d = 5\text{ mA}$		$I_d = 3\text{ mA}$		$I_d = 1.5\text{ mA}$	
$V_3, \text{ V}$	$I_3, \text{ mA}$	$V_3, \text{ V}$	$I_3, \text{ mA}$	$V_3, \text{ V}$	$I_3, \text{ mA}$
25	103	25	55	25	27
22	100	22	54	22	26
19	98	19	52	19	25
16	95	16	50	16	24
13	91	13	48	13	23
10	82	10	45	10	21
8	74	8	40	8	19
6	62	6	34	6	16
4	49	4	26	4	12
2	31	2	14	2	6.5
0.6	18	0.6	6	0.6	2
-0.6	17	-0.6	4	-0.6	2
-2	29	-2	13	-2	6
-4	49	-4	24	-4	12
-6	63	-6	34	-6	16
-8	75	-8	41	-8	19
-10	85	-10	47	-10	22
-13	94	-13	50	-13	24
-16	100	-16	53	-16	25
-19	103	-19	55	-19	26
-22	106	-22	56	-22	27
-25	109	-25	58	-25	28

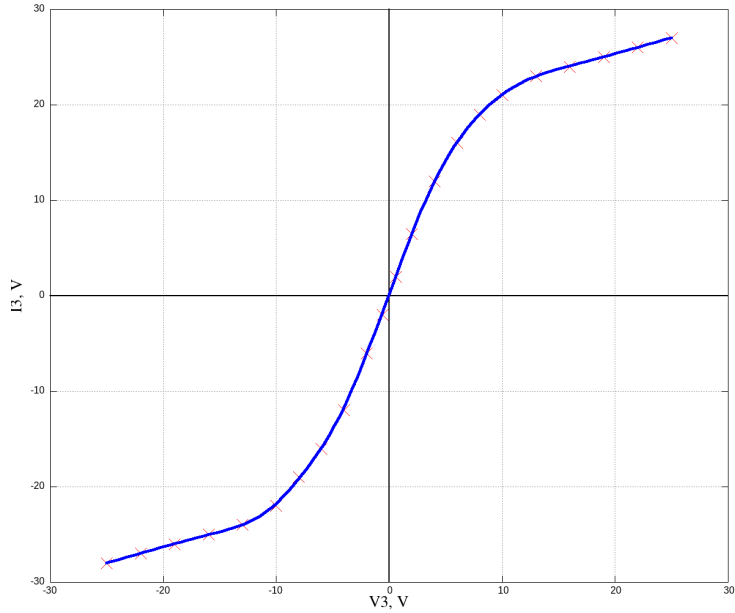
$I_d = 5\text{ mA}$:



$I_d = 3\text{ mA}$:



$I_d = 1.5 \text{ mA}$:



По ВАХ для всех трёх значений I_d легко убедиться что участки кривой при больших напряжениях выходят на асимптоты.

Из графиков вычислим температуры электронов T_e . Вычислим концентрацию электронов n_e по формуле

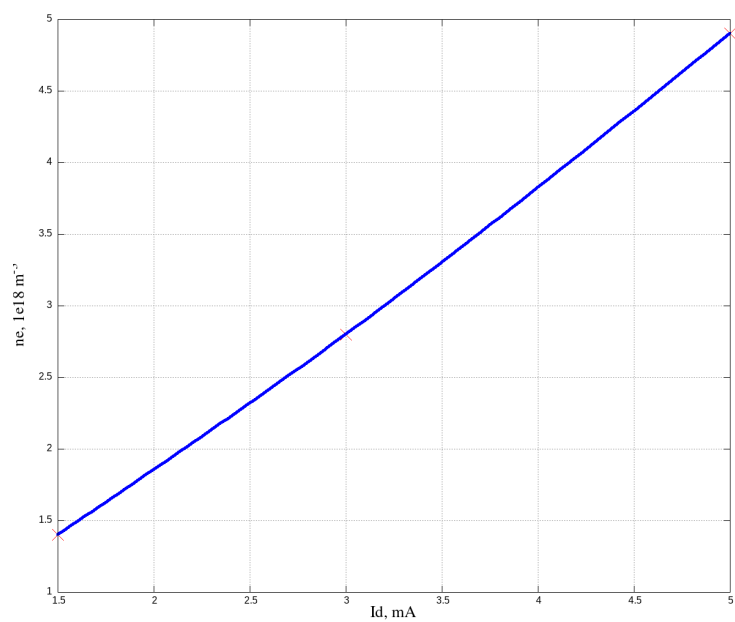
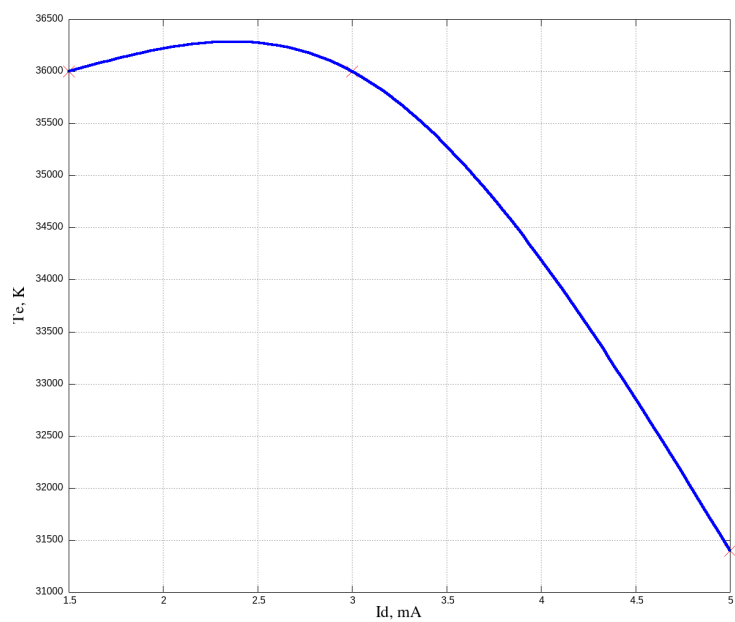
$$I_s = 0.4n_e e S \sqrt{\frac{2kT_e}{m_i}}$$

Расчитаем плазменную частоту колебаний электронов по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{4\pi n_e e^2}{m_e}} = 6 \cdot 10^{-4} \sqrt{n_e}$$

$I_d, \text{ mA}$	$T_e, 10^4 K$	$n_e, 10^{18} m^{-3}$	$\omega, 10^6 rad/sec$	$r_{De}, \text{ cm}$	$r_D, \text{ cm}$	N_D
5	3.14	4.9	1.3	0.5	0.05	256
3	3.6	2.8	1.0	0.7	0.07	704
1.5	3.6	1.4	0.7	1.0	0.095	1700

Построим зависимости $T_e(I_d)$ и $n_e(I_d)$:



3 Выводы

1. В этой работе мы изучили ВАХ тлеющего разряда.

2. Затем мы занялись изучением свойств плазмы методом зондовых характеристик. Мы получили что температура электронов у нас имеет порядок $10^4 K$, когда $kT_e \simeq 1 eV$. Концентрация электронов в плазме получилась порядка $10^{18} m^{-3}$. Плазменная частота колебаний $\omega \simeq 10^6 rad/sec$. Дебаевский радиус порядка $10^{-3} m$ и число ионов в нём много больше единицы.