

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления
и радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРАТРОНОВ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления
210100.62 – Электроника и наноэлектроника
Профиль: Квантовая и оптическая электроника;
Электронные приборы и устройства

Томск 2014

Аксенов Александр Иванович

Злобина Алевтина Федоровна

Исследование тиратронов тлеющего разряда: методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 – Электроника и наноэлектроника (профили: Квантовая и оптическая электроника; Электронные приборы и устройства) / А.И. Аксенов, А.Ф. Злобина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. - Томск: ТУСУР, 2014. - 17 с.

Целью настоящей работы является исследование основных физических явлений, имеющих место в тиратронах тлеющего разряда, изучение характеристик и параметров этих тиратронов.

В работе исследуются анодные, сеточные и пусковые характеристики тиратронов. Изучаются характеристики и параметры тиратронов с токовым и электростатическим управлением моментом зажигания разряда в тиратроне.

Процесс изучения направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения (ПК-9);

- способностью аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения (ПК-20).

Пособие предназначено для студентов очной формы, обучающихся по направления 210100.62 – «Электроника и наноэлектроника» (профили Квантовая и оптическая электроника; Электронные приборы и устройства) по дисциплине «Вакуумные и плазменные приборы и устройства».

© Аксенов Александр Иванович, 2014
© Злобина Алевтина Федоровна, 2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«___» _____ 2014 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИРАТРОНОВ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Методические указания к лабораторной работе
для студентов направления
210100.62 – «Электроника и наноэлектроника»
Профили: Квантовая и оптическая электроника;
Электронные приборы и устройства

Разработчик
доцент каф.ЭП
_____ А.И.Аксенов
«___» _____ 2014 г

_____ А.Ф. Злобина
«___» _____ 2014 г

2014

Содержание

1. Введение.....	5
2 Теоретическая часть	5
2.1 Приборы самостоятельного тлеющего разряда.....	5
2.2. Токовое управление	6
2.3 Электростатическое управление моментом зажигания.....	9
2.4 Контрольные вопросы	11
3 Экспериментальная часть	11
3.1 Задание	11
3.2 Схемы для снятия характеристик тиратронов	13
3.3 Порядок выполнения работы и методические указания	14
3.4 Обработка результатов измерения.....	14
3.5 Содержание отчета	15
4 Рекомендуемая литература.....	15

1. Введение

Целью настоящей работы является исследование основных физических явлений, имеющих место в тиратронах тлеющего разряда, изучение характеристик и параметров этих тиратронов.

В работе исследуются анодные, сеточные и пусковые характеристики тиратронов. Изучаются характеристики и параметры тиратронов с токовым и электростатическим управлением моментом зажигания разряда в тиратроне.

2 Теоретическая часть

2.1 Приборы самостоятельного тлеющего разряда

К классу приборов самостоятельного тлеющего разряда относятся приборы с холодным катодом.

Для создания нормальных условий горения разряда в приборе на его объема удаляется воздух (откачивается), а затем прибор заполняется инертным газом, водородом или их смесями. Давление газа в зависимости от класса прибора лежит в пределах от $1,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$ до $1,3 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Характерными для всех типов приборов тлеющего разряда являются следующие признаки:

1) холодный (ненакаливаемый) катод чисто металлический, либо покрытый пленкой активного вещества (активированный). Разряд в таком приборе является самостоятельным, т.к. развитие разряда обеспечивается случайными электронами, образованными за счет космического излучения;

2) плотность тока па катоде при таком виде самостоятельного разряда относительно невелика и остается постоянной, пока горит нормальный тлеющий разряд;

3) напряжение горения разряда зависит от материала электродов, их геометрии, рода газа, давления, относительно велико (по сравнению с дуговым) и составляет $\approx 100 \text{ В}$;

4) слой тлеющего свечения в разряде широко используется для визуальной индикации;

5) высокая экономичность приборов, основанная на незначительном потреблении электрической энергии, высокой долговечности и малых габаритах приборов.

Тиратрон - это газоразрядный прибор с холодным катодом, анодом, одной или двумя сетками. Сетка изготавливается обычно в виде диафрагмы с центральным отверстием либо в виде соединённых между собой никелевых скоб с прямоугольной щелью между ними.

В тиратронах тлеющего разряда на анод и сетки подается положительный относительно катода потенциал. При некоторых соотношениях напряжений на аноде и на сетках зажигается самостоятельный тлеющий разряд между катодом и анодом. На рис.2 1 представлена вольтамперная характеристика тлеющего разряда.

После зажигания разряда напряжение на приборе уменьшается от напряжения зажигания (U_3) до напряжения горения (U_2). При дальнейшем увеличении напряжения на входе, напряжение на тиратроне почти не изменяется, а ток разряда увеличивается от I_1 до I_2 . Рост тока обеспечивается за счет увеличения эмиттирующей поверхности катода (закон Геля) при постоянной плотности тока с катода. После того, как вся поверхность начинает эмиттировать, разряд переходит в аномальный ($I_1 > I_2$).

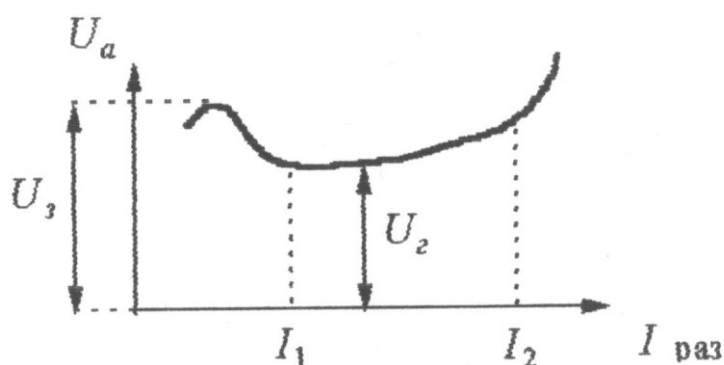


Рисунок 2.1 – Вольтамперная характеристика тлеющего разряда управлением

В режиме аномального горения разряда ток разряда увеличивается за счет увеличения его плотности с катода, что сопровождается увеличением напряжения на разряде. Напряжение, требуемое для зажигания и горения разряда, зависит от типа катода, степени удаления его от анода, от рода газа и давления газа, заполняющего прибор и от геометрии электродов. При подаче на любую из сеток тиратрона напряжения, достаточного для зажигания разряда, можно зажечь тлеющий разряд в промежутке катод - сетка. Вольтамперная характеристика разряда на этом участке качественно будет такая же, как показанная на рис.2.1.

2.2. Токое управление

Сетка в тиратронах тлеющего разряда управляет моментом зажигания разряда между катодом и анодом, а погасить разряд в тиратроне при помощи сетки нельзя.

В схеме с токовым управлением моментом зажигания на сетку зажигается подготовительный разряд (рис.2.2).

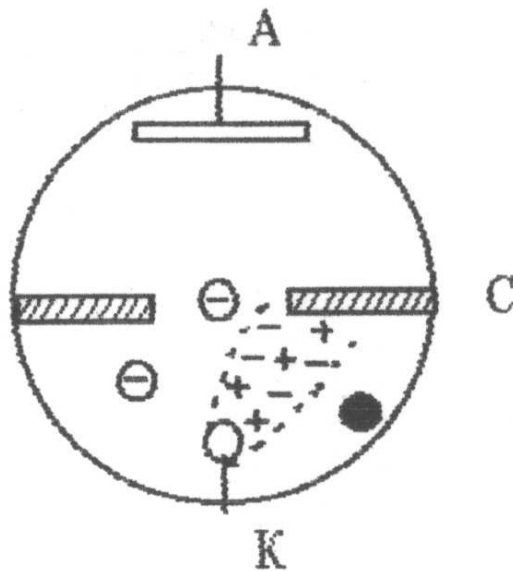


Рисунок 2.2 – Структурная схема тиратрона с токовым управлением

На рис. 2.3 показано распределение потенциала в тиратроне с токовым управлением, когда на сетке горит подготовительный разряд (2.3 а) и когда горит разряд между катодом и анодом (2.3 б).

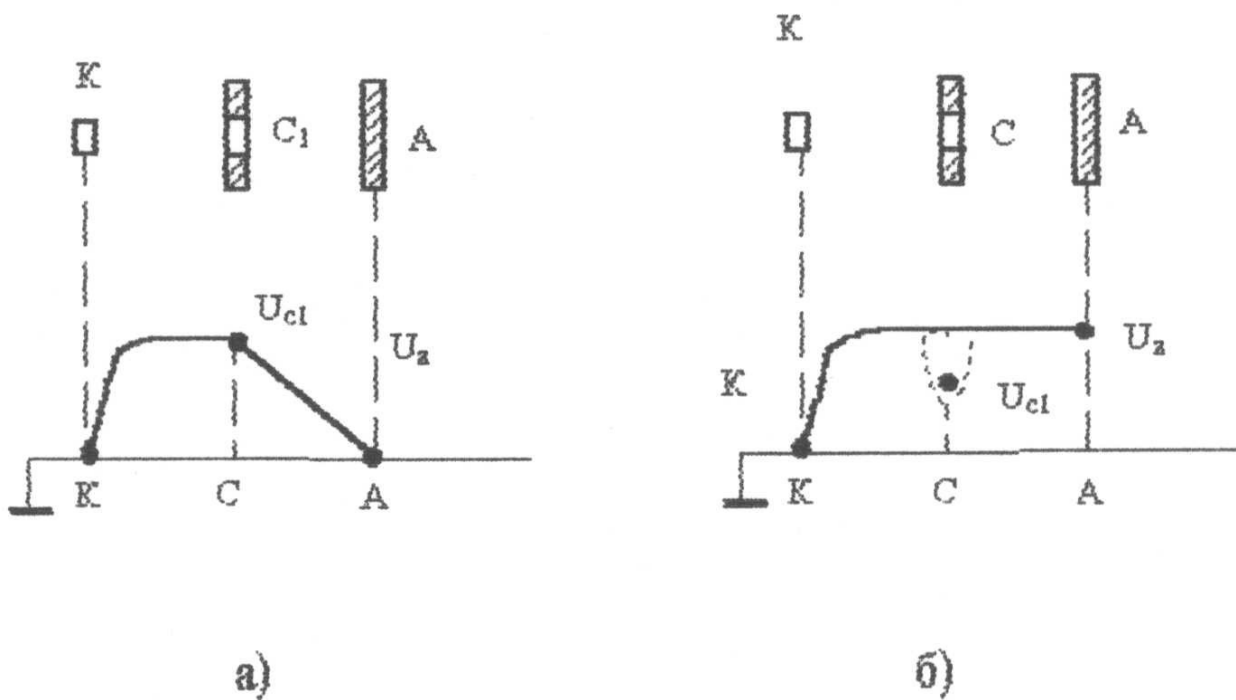


Рисунок 2.3 – Распределение потенциала в тиратроне с токовым управлением

График пусковой характеристики тиратрона приведен на рис. 2.4.

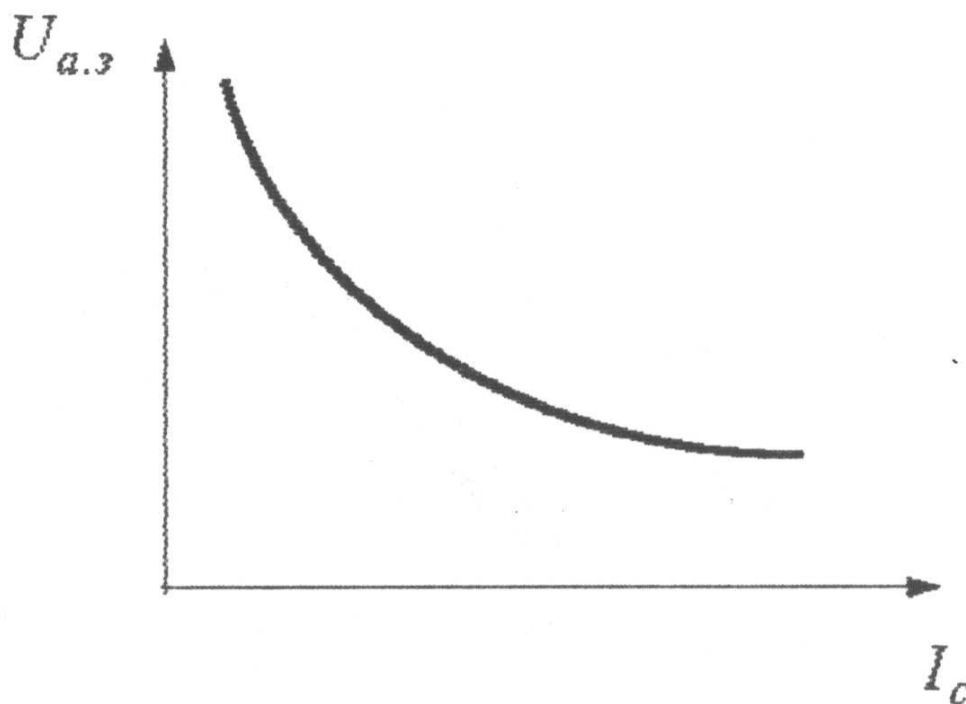


Рисунок 2.4 – Пусковая характеристика тиратрона

Плазма подготовительного разряда используется как источник электронов для основного разряда. В подготовительном разряде сетка тиратрона выполняет роль анода. Ток подготовительного разряда устанавливается небольшим — $10-50 \text{ мкА}$. Часть электронов плазмы подготовительного разряда уходит на сетку, создавая в её цепи ток, а часть проходит через отверстия сетки, ускоряется полем анода и способствует зажиганию разряда на участке катод-анод.

Чем больше ток подготовительного разряда, тем больше ток в цепи сетки и, соответственно, больше электронов участвует в развитии разряда, что ведет к уменьшению напряжения зажигания. С момента зажигания разряда на анод сетка теряет свои управляющие свойства, и погасить разряд можно только снижением напряжения на аноде до величины меньшей, чем напряжение горения. В процессе горения разряда на анод сетка окружена оболочкой заряженных частиц, если сетка положительна – электронами, если отрицательна – ионами (рис. 2.3 б). Поле зарядов в оболочках компенсирует поле сетки. Поле сетки не проникает за пределы оболочки и поэтому сетка теряет свои управляющие свойства. Заряды из оболочки уходят на сетку, на смену им приходят заряды из плазмы, поэтому, пока есть оболочка, в сеточной цепи есть ток. С одной сеткой, выполняющей одновременно функции анода подготовительного разряда и электрода, управляющего моментом зажигания тиратрона, выпускаются промышленные типы тиратронов МТХ-90 и ТХ5Б.

2.3 Электростатическое управление моментом зажигания

Другой вариант системы управления применяется в тиратроне с двумя сетками, структурная схема которого приведена на рис.2.5. Распределение потенциала в запёртом тиратроне с электростатическим управлением показано на рис.2.6.

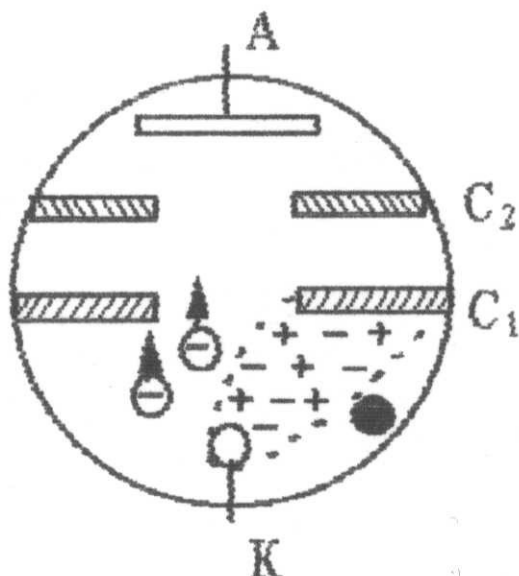


Рисунок 2.5 – Структурная схема тиратрона

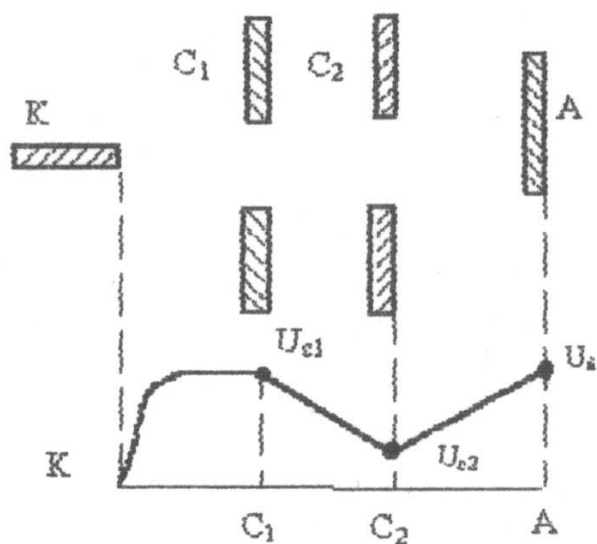


Рисунок 2.4 – Распределение потенциала в запёртом тиратроне

В тиратроне сетка первая C_1 выполняет только функцию анода подготовительного разряда, а вторая сетка C_2 управляет моментом зажигания разряда в тиратроне.

В таких тиратронах сетка первая C_1 имеет большую проницаемость (увеличены отверстия в ней), при горении на ней подготовительного разряда возрастает поток электронов, проходящих в промежуток $C_1 - C_2$. Этот поток превышает тот минимум электронов, который необходим для развития разряда в анодной области тиратрона. Однако, если на вторую сетку C_2 подано отрицательное относительно C_1 напряжение смещения (см. рис.2.6), то на участке $C_1 - C_2$ электроны тормозятся, разряд на участке катод-анод не развивается (тиратрон заперт). Разряд промежутка катод-анод зажигается только при уменьшении напряжения смещения на C_2 , когда электроны после C_1 попадают в ускоряющее поле C_2 и А. Такой способ открытия тиратрона, когда отрицательное поле в промежутке $C_2 - C_1$ заменяется положительным, называется методом электростатического управления моментом зажигания тиратрона. Преимущество такого тиратрона заключается в возможности геометрического суммирования полей электродов. С электростатической системой управления выпускаются тиратроны типа ТХЗБ, ТХ4Б.

На рис. 2.7. представлена пусковая статическая характеристика тиратрона с электростатическим управлением.

Характеристика относится к режиму управления зажигания тиратрона постоянным напряжением смещения. Её называют, поэтому статической.

Начальный участок на статической характеристике, проведённый пунктиром, соответствует не зажиганию разряда между анодом и катодом, а паразитному разряду, возникающему между анодом А и сеткой второй C_2 , расположенной более близко к аноду, чем катод. При горении паразитного разряда сетка вторая C_2 выполняет роль катода. При развитии паразитного разряда C_2 отрицательна относительно плазмы и относительно анода. По мере повышения напряжения на C_2 повышается напряжение на аноде. Когда потенциал C_2 достигает потенциала плазмы, в анодную область начинают проникать электроны, способные зажечь основной разряд катод-анод. Дальнейшее увеличение потенциала C_2 ведет к дополнительному ускорению электронов и разряд основной развивается при меньшем напряжении на аноде (падающий участок пусковой характеристики).

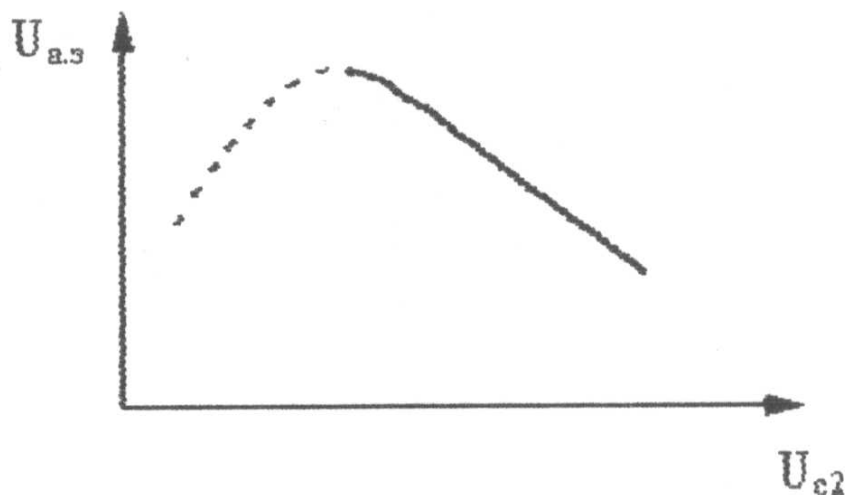


Рисунок 2.7 – Пусковая характеристика тиратрона

При снятии вольтамперных характеристик на участках: катод-первая сетка, катод-вторая сетка, катод-анод получают типичные вольтамперные характеристики самостоятельного тлеющего разряда (см. рис. 2.1.), которые отличаются только количественно.

2.4 Контрольные вопросы

1. Какой разряд горит в тиратроне?
2. Параметры тлеющего разряда.
3. Принципы токового управления моментом зажигания.
4. Принципы электростатического управления моментом зажигания.
5. Можно ли погасить разряд при помощи сетки?
6. Начертить вольтамперную характеристику тлеющего разряда.
7. Почему потенциал горения разряда меньше потенциала зажигания?
8. Начертить пусковую характеристику при электростатическом управлении.
9. Начертить пусковую характеристику при токовом управлении.
10. Основные параметры тиратрона.
11. Чувствительность тиратрона с токовым управлением.
12. Чувствительность тиратрона с электростатическим управлением.
13. Статическое и динамическое сопротивление тиратрона.
14. Чем ограничен ток разряда в тиратроне?

3 Экспериментальная часть

3.1 Задание

1. Записать параметры исследуемых тиратронов, зарисовать их цоколевки.

2. Разобраться в схеме для исследования тиратрона с токовым управлением.
3. Снять вольтамперную характеристику $U_a = f(I_a)$ разряда на участке анод-катод. На сетке при этом должен гореть подготовительный разряд с минимальным током разряда.
4. Снять вольтамперную характеристику $U_c = f(f_c)$ подготовительного разряда.
5. Снять пусковую характеристику тиратрона $U_{a3} = f(I_c)$ с токовым управлением. Характеристика снимается следующим образом: при потенциале анода равном нулю, устанавливается определенное значение тока подготовительного разряда. Затем увеличивается потенциал анода до зажигания разряда. Для получения следующей точки необходимо погасить разряд на участке анод-катод. Для этого напряжение на аноде уменьшается до нуля. Устанавливается следующее значение тока подготовительного разряда и снимается следующая точка характеристики.
6. Снять осциллограммы напряжения и тока, совместить их во времени.
7. Разобраться в схеме для исследования тиратрона с электростатическим управлением.
8. Снять вольтамперную характеристику $U_a = f(I_a)$ разряда на участке анод-катод. На сетке первой при этом должен гореть подготовительный разряд с минимальным током разряда.
9. Снять вольтамперную характеристику $U_{c1} = f(I_{c1})$ разряда на участке катод-первая сетка при $U_{c2} = 0$, а $U_a < U_3$.
10. Снять вольтамперную характеристику $U_{c2} = f(I_{c2})$ разряда на участке катод-сетка вторая. На сетке первой при этом должен гореть подготовительный разряд с минимальным током разряда, а $U_a < U_3$.
11. Снять пусковую характеристику тиратрона $U_{a3} = f(U_{c2})$ с электростатическим управлением. На сетке первой при этом должен гореть подготовительный разряд с минимальным током разряда. Характеристика снимается следующим образом: при потенциале анода равном нулю, устанавливается определенное значение напряжения на второй сетке. Затем увеличивается потенциал анода до зажигания разряда на промежутке анод-катод (появляется скачок в цепи анода). Для получения следующей точки необходимо погасить разряд на участке анод-катод. Для этого напряжение на аноде уменьшается до нуля. Устанавливается следующее значение напряжения на сетке второй (U_{c2}) и снимается следующая точка характеристики.

3.2 Схемы для снятия характеристик тиратронов

Схема для снятия статических характеристик тиратрона с одной сеткой приведена на рис. 3.1, а схема для снятия характеристик тиратрона с двумя сетками приведена на рис. 3.2.

Обе схемы собраны на одном стенде. Питание анода и второй сетки осуществляется от источника постоянного напряжения $300B$, питание первой сетки – от источника $150B$. Потенциалы всех электродов регулируются соответствующими потенциометрами и контролируются вольтметрами. В цепях всех электродов включены миллиамперметры для измерения токов.

На схеме есть выводы для подключения осциллографа, для измерения напряжения - ac , тока - bc .

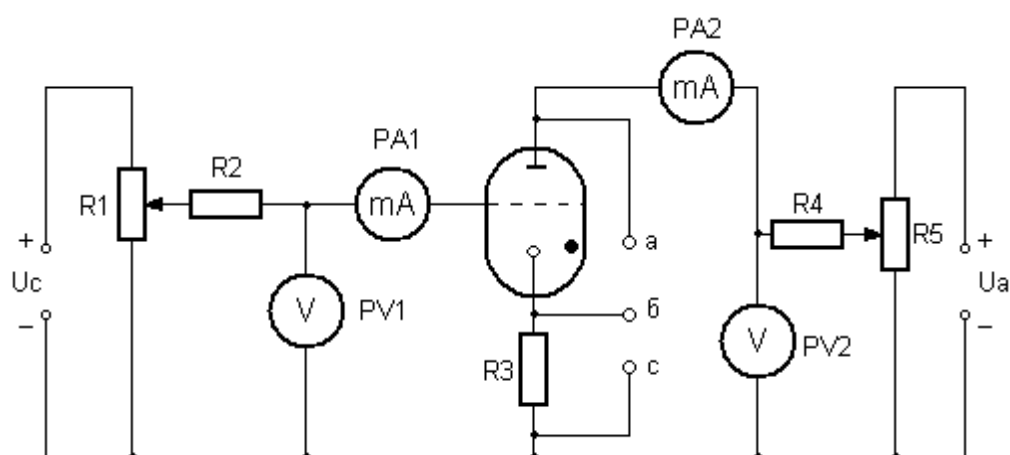


Рисунок 3.1 – Схема для снятия характеристик с одной сеткой

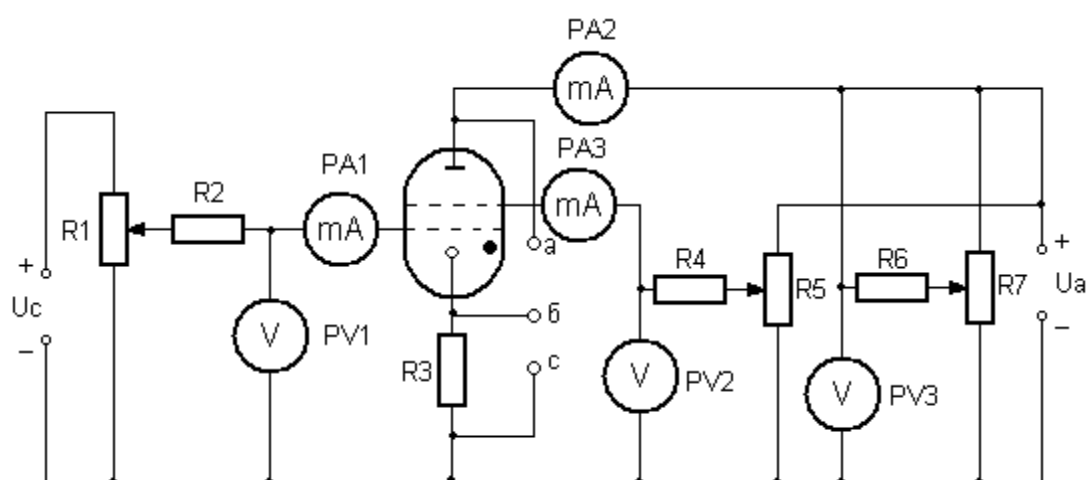


Рисунок 3.2 – Схема для снятия характеристик тиратрона с двумя сетками

3.3 Порядок выполнения работы и методические указания

1. Перед началом работы с тиратроном тлеющего разряда преподаватель проверяет подготовленность студентов к занятию. С заданием и теорией по этой работе студент обязан ознакомиться заранее.
2. категорически запрещается производить переключение в схеме без снятия напряжения.
3. Перед началом измерений необходимо оценить пределы измерений пределов измеряемых величин и установить соответствующие шкалы на приборах.

3.4 Обработка результатов измерения

1. По данным п.3.1.8. и п.3.1.3 построить графики зависимости $U_a = f(I_a)$ для тиратронов с одной и двумя сетками.
2. По данным п.3.1.4. и п.3.1.9 построить графики зависимостей $U_{a3} = f(I_{C1})$ для обоих исследуемых тиратронов.
3. По данным п.3.1.5 построить пусковую характеристику для тиратрона с токовым управлением $U_{a3} = f(I_{C1})$.
4. По данным п.3.1.10 построить график зависимости $U_{C2} = f(I_{C2})$ для тиратрона с электростатическим управлением.
5. По данным п.3.1.11. построить пусковую характеристику для тиратрона с электростатическим управлением $U_{a3} = f(U_{C2})$.
6. Определить по вольтамперной характеристике $U_a = f(I_a)$ тиратрона с токовым управлением основные параметры прибора: потенциал горения разряда U_2 , диапазон тока, в пределах которых в тиратроне горит нормальный тлеющий разряд, статическое сопротивление $R_{cm} = \frac{U_a}{I_a}$ и динамическое сопротивление тиратрона

$$R_i = \frac{dU_a}{dI_a}.$$

7. Определить по вольтамперной характеристике участка сетка – катод: потенциал горения U_C , входное статическое сопротивление

$$R_{вхст} = \frac{U_C}{I_C} \text{ и входное динамическое сопротивление тиратрона}$$

$$R_{вхд} = \frac{dU_C}{dI_C}.$$

8. По пусковой характеристике и $U_{a3} = f(I_C)$ тиратрона с токовым управлением определить чувствительность тиратрона $h = \frac{dU_{a3}}{dI_C}$ на крутом и пологом участках.
9. Определить по вольтамперной характеристике тиратрона с электростатическим управлением основные параметры прибора U_2, R_{cm}, R_i .
10. Определить по вольтамперной характеристике $U_{C1} = f(I_{C1})$ входное сопротивление по первой сетке $R_{вх1} = \frac{U_{C1}}{I_{C1}}$, а по вольтамперной характеристике $U_{C2} = f(I_{C2})$ - входное сопротивление по второй сетке $R_{вх2} = \frac{U_{C2}}{I_{C2}}$.
11. По пусковой характеристике тиратрона $U_{a3} = f(U_{C2})$ с электростатическим управлением определить чувствительность тиратрона $h = \frac{dU_{a3}}{dU_{C2}}$.

3.5 Содержание отчета

1. Введение
2. Паспортные данные и цоколевка исследуемых в работе тиратронов.
3. Схемы испытаний тиратронов.
4. Вольтамперные $U_a = f(I_a)$, $U_{C1} = f(I_{C1})$ и пусковую $U_{a3} = f(I_C)$ характеристики тиратрона с токовым управлением.
5. Параметры тиратрона с токовым управлением.
6. Вольтамперные $U_a = f(I_a)$, $U_{C1} = f(I_{C1})$, $U_{C2} = f(I_{C2})$ пусковую $U_{a3} = f(U_{C2})$ характеристики тиратрона с электростатическим управлением.
7. Параметры тиратрона с электростатическим управлением.
8. Осциллограммы напряжения и тока тлеющего разряда, совмещенные во времени.
9. Выводы.
10. Список литературы.

4 Рекомендуемая литература

1. Каганов И.Л. Ионные приборы. – М.: Энергия, 1972. – 276 с.

2. Дулин В.Н. Электронные и ионные приборы. – М.: Высшая школа, 1977.- 118 с.
3. Власов В.Ф. Электронные и ионные приборы. – М.: Связь – издат, 1960. – 240 с.

Учебное пособие

Аксенов А.И., Злобина А.Ф.

Исследование тиратронов тлеющего разряда

Методические указания к лабораторной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40