

**Муниципальное образовательное учреждение
"Средняя школа №42 им. Н.П.Гусева с углубленным изучением
французского языка"**

**Исследовательская работа по физике
Создание генератора плазмы и лестницы Иакова**

автор:

Прохоров Никита
ученик 8"Г" класса

Руководитель:

Романова А.Б., учитель физики
Школы № 42

г.Ярославль, 2022

Оглавление

Введение	3
Глава 1.	4
1.1. Определение и история открытия плазмы	4
1.1. Виды плазмы.....	5
1.2. Современные исследования плазмы	5
1.3. Лестница Иакова.....	6
1.4. Как формируется электрическая дуга.....	7
Глава 2	8
2.1. Разработка генератора плазмы и лестницы Иакова для демонстрации свойств плазмы	8
Заключение	11
Литература	11

Введение

Традиционно считалось, что существует три основных агрегатных состояния веществ: жидкое, твердое и газообразное. С развитием науки и технологий было установлено четвертое состояние веществ - плазма.

Плазма обычно возникает в результате сильного нагрева: при очень сильном нагреве вещество сначала плавится, затем переходит в газообразное состояние, при продолжении температурного воздействия распадается на свободные атомы. От продолжающегося повышения температуры осуществляется отделение электронов, положительно и отрицательно заряженных ионов. В результате получается ионизированный газ, являющийся плазмой.

Цель проекта – Создание генератора плазмы и Лестницы Иакова

Задачи:

1. Дать определение плазмы, изучить историю ее открытия
2. Изучить свойства плазмы, описанные в литературе.
3. Изучить способы применения плазмы
4. Создать генератор плазмы и стенд для демонстрации свойств плазмы.
5. Подготовить демонстрацию свойств плазмы с помощью демо-стенда.

Актуальность темы обусловлена широким применением плазмы в промышленности.

Методы исследования: анализ научной литературы, обобщение, моделирование, эксперимент.

Глава 1.

1.1. Определение и история открытия плазмы

Плазма - ионизированный газ, содержащий свободные электроны и положительные и отрицательные ионы. В более широком смысле, плазма может состоять из любых заряженных частиц. Суммарный заряд в любом малом по сравнению с размерами системы объёме равен нулю, является её ключевым отличием от других систем, содержащих заряженные частицы (например, электронные или ионные пучки)¹. Поскольку при нагреве газа до достаточно высоких температур он переходит в плазму, она называется четвёртым (после твёрдого, жидкого и газообразного) агрегатным состоянием вещества. Поскольку частицы в газе обладают подвижностью, плазма обладает способностью проводить электрический ток.

Физиками из США Ирвингом Ленгмуром и Леви Тонко и в 1829 году, при изучении электрического разряда в трубке с разряженным воздухом, была открыта материя, которую они называли плазмой. В 1879 году Уильямом

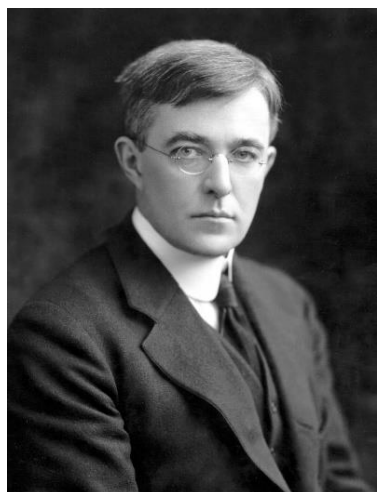


Рис.1. Физик Ирвинг Ленгмур, физик Уильям Крукс

Круксом (рисунок 1) плазма была открыта как четвёртое состояние вещества. В 1879 г. Крукс писал: «Явления в откачанных трубках открывают для физической науки новый мир, в котором материя может существовать в четвёртом состоянии»²

¹ Плазма. Википедия — свободная энциклопедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B0>

² Левченков С.И. Краткий очерк истории химии [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://physchem.narod.ru/Source/History/index.html>

1.1. Виды плазмы

Плазма обычно разделяется на идеальную и неидеальную, низкотемпературную и высокотемпературную, равновесную и неравновесную.

Идеальная плазма - плазма, в которой средняя потенциальная энергия взаимодействия частиц значительно меньше их средней кинетической энергии. Идеальную плазму можно рассматривать как идеальный газ, в котором существует электрическое поле и пространственный заряд, но никакие две отдельные частицы не взаимодействуют.

Плазму делят на низкотемпературную (температура меньше миллиона К) и высокотемпературную (температура миллион К и выше). Такое деление обусловлено важностью высокотемпературной плазмы в проблеме осуществления управляемого термоядерного синтеза. Разные вещества переходят в состояние плазмы при разной температуре, что объясняется строением внешних электронных оболочек атомов вещества: чем легче атом отдает электрон, тем ниже температура перехода в плазменное состояние.

Неравновесная плазма – плазма, состояние которой не является состоянием полного термодинамического равновесия.

1.2. Современные исследования плазмы

Современные исследования плазмы изучают следующие вопросы: теория плазмы, плазма в природе, источники плазмы, применение плазмы.

Теория плазмы включает в себя следующие направления исследований:

- Проблема устойчивости плазмы - одно из основных направлений исследований в физике плазмы, направленное на поиск условий, при которых то или иное стационарное состояние плазмы является устойчивым по отношению к малым вариациям параметров и

характеристик плазмы. Данный круг вопросов обладает особой важностью в связи с проблемой управляемого термоядерного синтеза с использованием магнитоудерживаемой плазмы.

- Типы разрядов – исследование типов и свойств плазменных разрядов

Изучение плазмы в природе включает себя исследование:

- Ионосферы – слоя атмосферы, сильно ионизированного в следствии воздействия космической (в основном солнечной) радиации.
- Плазмы в космосе, например, изучение плазмосферы планет.
- Изучение источников плазмы включает в себя исследование устройств, предназначенных для создания плазмы.

Применение плазмы касается исследований:

- МГД генераторов - энергетических установок, в которых энергия рабочего тела (жидкой или газообразной электропроводящей среды), движущегося в магнитном поле, преобразуется непосредственно в электрическую энергию.
- Термоядерного синтеза - разновидность ядерной реакции, при которой лёгкие атомные ядра объединяются в более тяжёлые за счёт кинетической энергии их теплового движения.
- Ускорителей заряженных частиц - класса устройств для получения заряженных частиц (элементарных частиц, ионов) высоких энергий.
- Промышленного применения (плазменная обработка материалов).

1.3. Лестница Иакова

Лестница Иакова (Якова) — один из наиболее известных и популярных экспонатов для музея интерактивной науки. Конструктивно лестница Иакова представляет собой высоковольтный генератор дугового разряда, создающий электрическую дугу между двумя длинными электродами. Расположение электродов в виде буквы V вызывает эффект подъёма дуги вверх за счёт конвекции горячего воздуха, который плазма электрической дуги нагревает в процессе работы прибора. Когда дуга доходит до верхней точки, она



Рис.2 Лестница Иакова. Библия.

обрывается, и
загорается снова снизу,
двигаясь по кругу. Если
фотографировать этот
процесс на длинной
выдержке,
перепрыгивающая
электрическая дуга
выглядит похожей на

одноимённую огненную лестницу из Библии, откуда и взято её название (рисунок 2).

Лестница из сна Иакова, соединяющая Землю и Небо. В православной традиции ветхозаветный рассказ о сновидении Иакова является одним из первых пророчеств о приходе на землю Христа, поскольку роль Божией Матери сравнима с лестницей, по которой Господь во плоти спускается на землю с небес.

1.4. Как формируется электрическая дуга

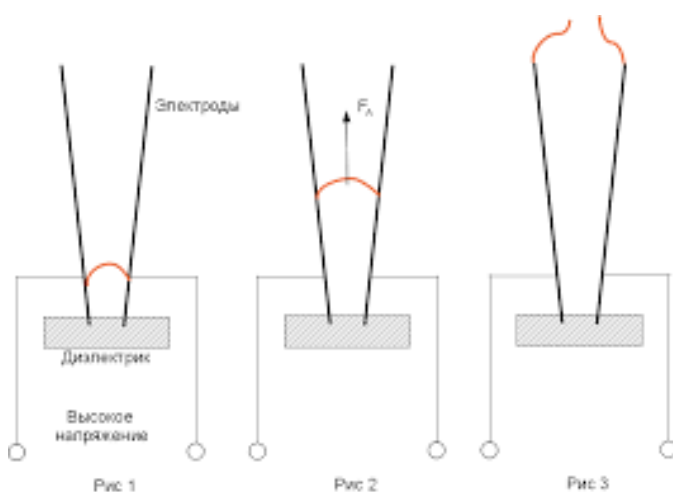


Рис.3. Схема работы лестницы Иакова

Если взять два электрода, закрепить их на небольшом расстоянии друг от друга, причем таким образом, чтобы острые концы были направлены друг к другу, и подключить их к источнику высокого напряжения, то на поверхности электродов начнут скапливаться заряды.

Под воздействием сильного электрического поля между электродами, с их поверхности начинают

вырываются электроны. Они разгоняются в электрическом поле и при ударе в нейтральный атом отрывают от них электроны, т.е. происходит процесс ионизации. Образовавшиеся свободные электроны и ионы составляют плазму створа дуги. В створе дуги проходит большой ток и создается высокая температура (5000 °C). Это приводит к сильному нагреванию воздуха. Теплый воздух легче холодного, поэтому за счет конвекции он поднимается вверх, увлекая за собой дугу. Когда дуга достигает самого широкого промежутка между электродами, она обрывается. В этот же момент внизу электродов зажигается новый дуговой разряд, и процесс повторяется (рисунок 3).

Глава 2

2.1. Разработка генератора плазмы и лестницы Иакова для демонстрации свойств плазмы

Чтобы собрать импульсный генератор для «раскачки» высоковольтного генератора, по причине простоты и большой выходной мощности - была

выбрана схема, называемая «Пуш Пул» или «ZVS драйвер» (рисунок 4)

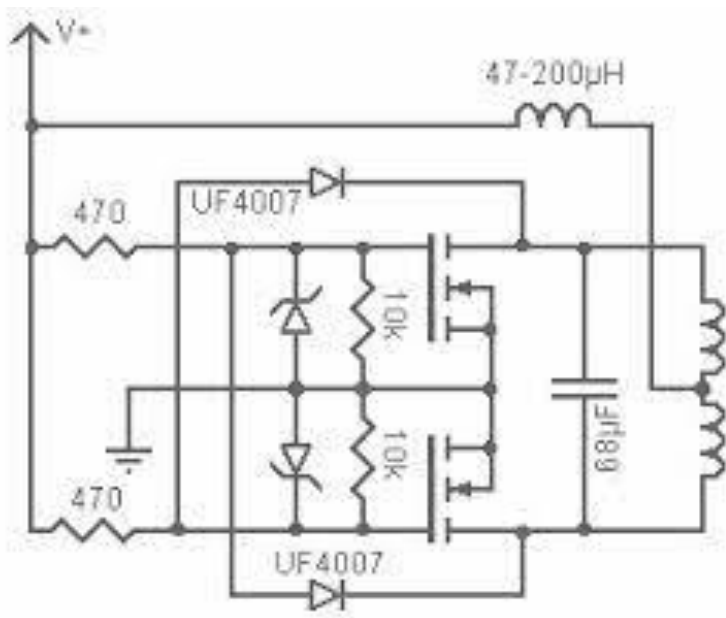


Рис.4. Схема импульсного генератора

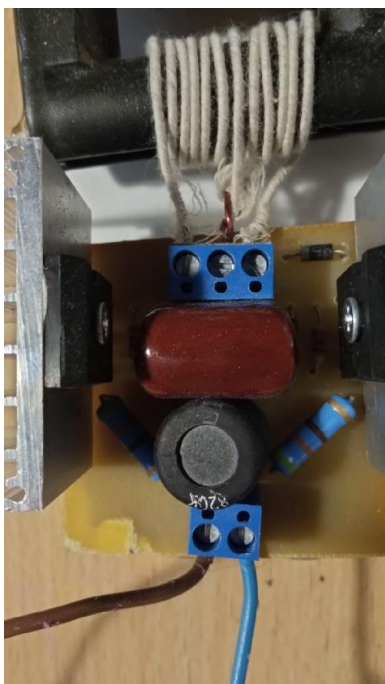


Рис.5. Плата

Данная схема была разведена в конструкторе печатных плат «EasyEDA», после чего распечатанная на глянцевой бумаге она была переведена на фольгированный текстолит с помощью нагрева утюгом. После чего плата была вытравлена в растворе хлорного железа и были высверлены отверстия под ножки радиодеталей. Далее была проведена пайка и установка радиаторов на полевые транзисторы. (рисунок 5)

Высоковольтный трансформатор мотать самому очень сложно, поэтому был выбран трансформатор «ТВС 110Пц15» строчной развёртки от советского

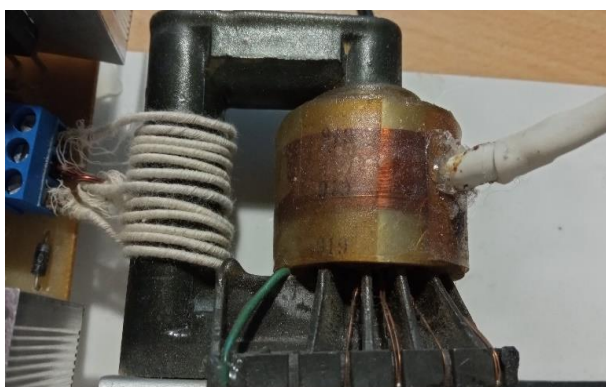


Рис.6. Трансформатор

телевизора. На нём была намотана первичная обмотка лакированным одножильным медным проводом сечением 1-кв.мм, состоящая из 12 витков с отводом от середины (рисунок 6)



Рис.7. Весь стенд.

Готовая схема была размещена на доске из ПВХ, питание подаётся от двух включённых последовательно свинцовых аккумуляторов на 12 вольт через два мощных выключателя и предохранитель по причине потребления схемой большой мощности (порядка 200ватт), опасности высокого напряжения и для

защиты от короткого замыкания (рисунок 7).

Для демонстрации плазменного разряда и его свойств от выводов высоковольтной обмотки трансформатора были отведены высоковольтные

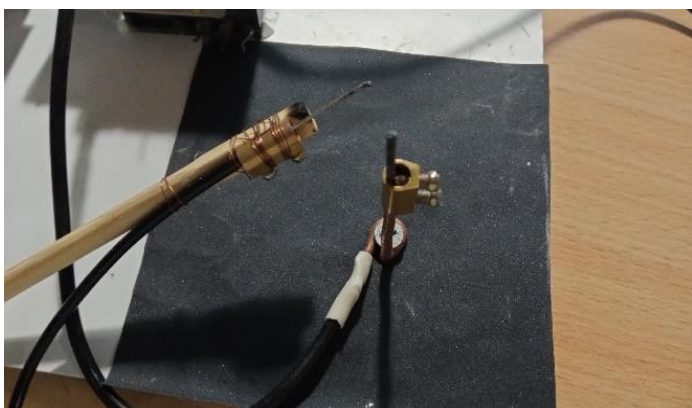


Рис.8. Электроды

провода, один припаян к толстому медному одножильному проводу, который в свою очередь прикреплён к стенду через саморез и направленна вверх. На её конце находится вольфрамовый электрод,



Рис.8. Лестница Якова

соединённый с проводом через латунный клемник. Второй более длинный высоковольтный кабель также соединён с вольфрамовым электродом через клемник, но к его концу присоединена деревянная палочка для удобства пуска разряда (рисунок 8).

Для демонстрации эксперимента «лестница Иакова» был изготовлен отдельный стенд, который стыкуется с источником через клемники для электродов. Стенд представляет собой два направленных вверх отрезка медной проволоки прикрученных на саморезы к деревянной подставке. На эти электроды подаётся высокое высокочастотное

напряжение. Расстояние между электродами и их угол наклона подбирается экспериментальным путём (рисунок 9).

Заключение

В работе было дано определение плазмы, изучена история открытия, свойства, виды, способы применения и современные исследования плазмы.

В результате проделанной работы был создан генератор плазмы для запуска лестницы Иакова. Был описан процесс создания генератора плазмы и лестницы Иакова, подготовлена демонстрация с их участием.

Литература

1. Виноградов М.И., Майшев Ю.П. Вакуумные процессы и оборудование ионно - и электронно-лучевой технологии. М.: Машиностроение, 1989. - 56 с.
2. Левченков С.И. Краткий очерк истории химии [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://physchem.narod.ru/Source/History/index.html>
3. Плазма. Википедия — свободная энциклопедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%B0>
4. Попов В. Ф., Горин Ю. Н. Процессы и установки электронно-ионной технологии. М., "Высшая школа", 1988. - 255 с