электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 533.9.03

Получение плазмы электрическим разрядом

Федоров Н.Н., *студент*
Россия, 105005, *г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,*
кафедра «Космические аппараты и ракеты-носители»

Научные руководители: Голубев А.М., д.х.н., профессор
Россия, 105005, *г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,*
кафедра «Химия»

Березина С.Л., к.т.н., доцент
Россия, 105005, *г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,*
кафедра «Химия»
amgol@bmstu.ru

Введение

Плазменные технологии имеют обширную сферу применения, начиная с бытовых приборов и заканчивая плазменными ускорителями и плазменными двигателями космических кораблей. Научно-технические исследования в области плазмы и совершенствование плазменных технологий приобретают все более широкий характер.

Плазма как ионизированная форма газовой смеси по ряду физических свойств отличается от нейтрального газа, прежде всего при действии электрических и магнитных полей. Под действием электрического поля в плазме появляется электрический ток, в магнитном поле плазма проявляет себя как своеобразное диамагнитное вещество.

При искровой ионизации за счет разницы потенциалов между образцом исследуемого материала и электродом пробивается искра, вырывающая с поверхности мишени ионы. При ионизации в тлеющем разряде процесс происходит в атмосфере инертного газа (например, аргона), находящегося под низким давлением.

Целью данной работы является получение плазмы в лабораторных условиях и воспроизведение эффектов, связанных с ней.

Экспериментальная часть

Для получения плазмы были собраны два источника высокого напряжения - генератор на тиристорах (рис.1) и генератор Тесла (рис.3).

Работа генератора на тиристорах сводится к следующему. Сетевое напряжение (220 В) выпрямляется диодами VD1, VD2 и заряжает конденсаторы C1, C2. Конденсатор C3 через резистор R2 заряжается до напряжения срабатывания динистора VS1. После зарядки конденсатора динистор срабатывает и открывает симистор VS2. Конденсаторы C1 и C2, заряженные до напряжения 600 В, быстро разряжаются в первичную обмотку трансформатора T1. Во вторичной обмотке возникает импульс тока высокого напряжения (порядка 9000 В). Затем процесс повторяется. Этот источник высокого напряжения даёт, в отличие от других высоковольтных источников, искру сравнительно малой мощности (5 Вт).

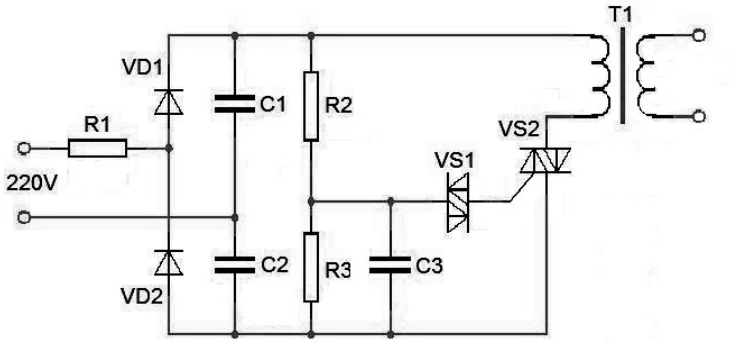


Рис. 1. Схема генератора на тиристорах

Конструктивно генератор выполнен на печатной плате из стеклотекстолита (рис.2). Поскольку мощность, рассеиваемая на резисторе R1, превышает номинальную мощность примененного резистора (10 Вт), то во избежание перегрева устройство используется в кратковременном режиме. Остальные резисторы номинальной мощностью 0,25 Вт. Первичная катушка выполнена из проволоки диаметром 0,5 мм, 30 витков в один ряд плотно друг к другу на картонном каркасе, чтобы исключить физический контакт с ферритом и электрический пробой с вторичной обмоткой.

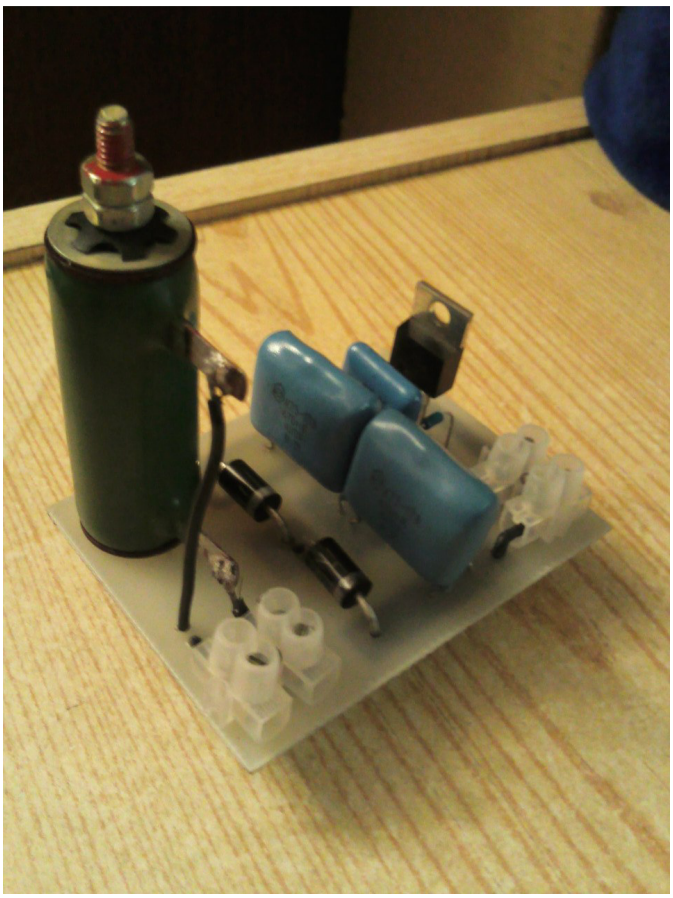


Рис. 2. Конструктивное исполнение генератора на тиристорах

Устройство с трансформатором Тесла SGTC (рис. 3-4) состоит из первичного и вторичного контуров. Первичный контур питается от электросети 220 В и состоит из повышающего трансформатора Т1, рабочей схемы и первичной катушки Т2. Вторичный контур состоит из вторичной катушки Т2, заземления и терминала А1 (выхода), с которого снимается высокое напряжение.

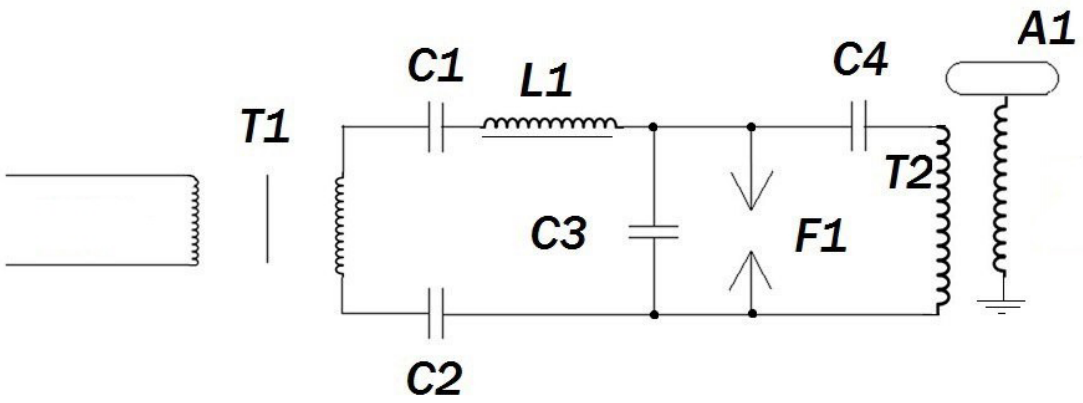


Рис. 3. Схема трансформатора Тесла

Трансформатор работает в импульсном режиме. Первая фаза – заряд конденсатора C4 до напряжения пробоя разрядника F1. Вторая фаза – генерация высокочастотных колебаний в первичной катушке T2. Разрядник замыкает источник питания и исключает его из контура. Элементы C1, C2, C3 и L1 обеспечивают безопасную работу первичного контура. Входной трансформатор и конденсаторы C1 и C2 взяты от микроволновой печи. Катушка L1 намотана на ферромагнитном сердечнике. Конденсатор C3 – высоковольтный керамический конденсатор КВИ. Разрядник F1 выполнен из стальных болтов, с помощью которых можно регулировать зазор разрядника. Разрядный конденсатор выполнен в виде конденсаторов К78-2. Первичная обмотка T2 – несколько витков медной шины, вторичная обмотка - более тысячи витков медной эмалированной проволоки. Тороид выполнен из гофрированной трубы малого диаметра. Было применено два вторичных контура, различающихся характеристиками вторичной обмотки; при экспериментах производилось заземление вторичного контура.

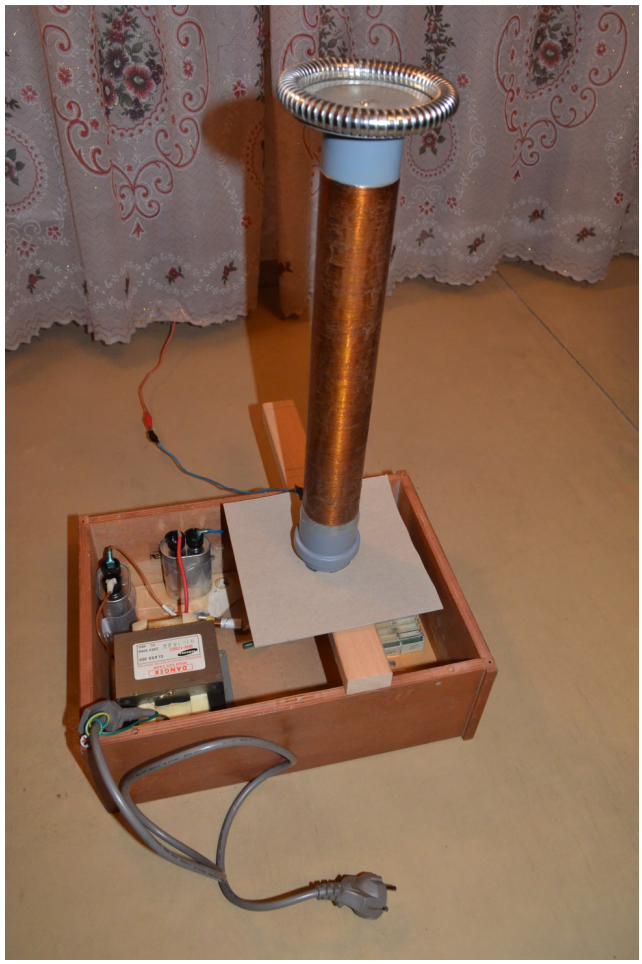


Рис. 4. Трансформатор Тесла в сборе

На рис.5а показано возникновение плазмы в лампе от фотовспышки. К двум выводам вторичного контура генератора на тиристорах присоединена лампа

фотовспышки ИФК-120, содержащая ксенон. После включения прибора внутри лампы по плазменному каналу проходит электроразряд. Канал является высокочувствительным к магнитным полям. Поднося к лампе магнит, можно наблюдать за изменением формы и длины канала.



Рис. 5, а. Возникновение плазмы в лампе ИФК120

На рис. 5б показано возникновение плазмы в лампе накаливания. Один конец вывода вторичного контура подключался к заземлению, второй - к контактам патрона с лампой. При этом заряд создавал каналы, стекая в окружающее лампу пространство.

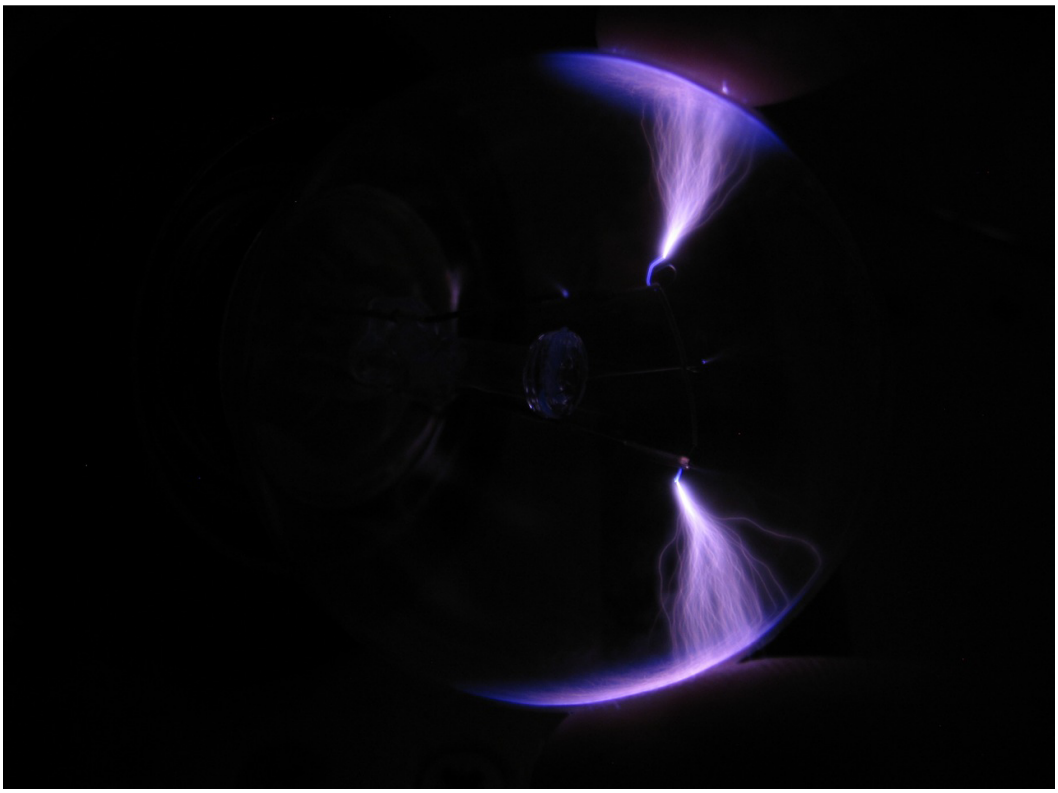


Рис. 5, б. Возникновение плазмы в лампе накаливания

На рис. 5в показано свечение люминесцентной лампы, на рис.5г – возникновение дугового разряда между терминалом трансформатора Тесла и металлическим предметом.

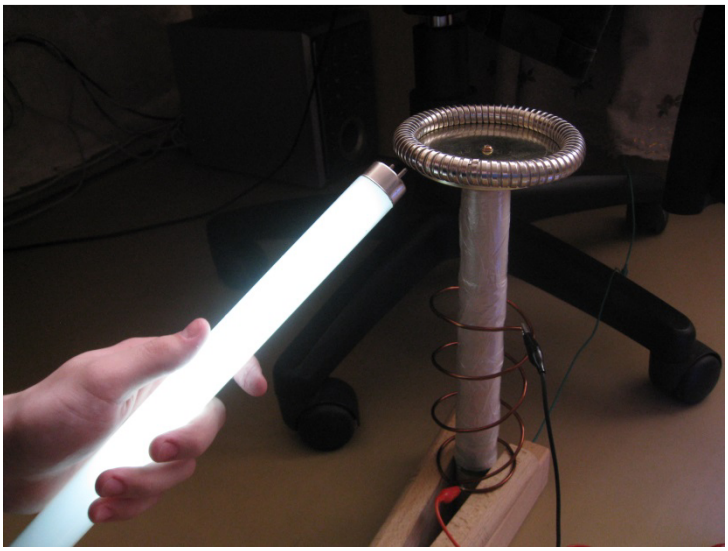


Рис. 5, в. Свечение люминесцентной лампы

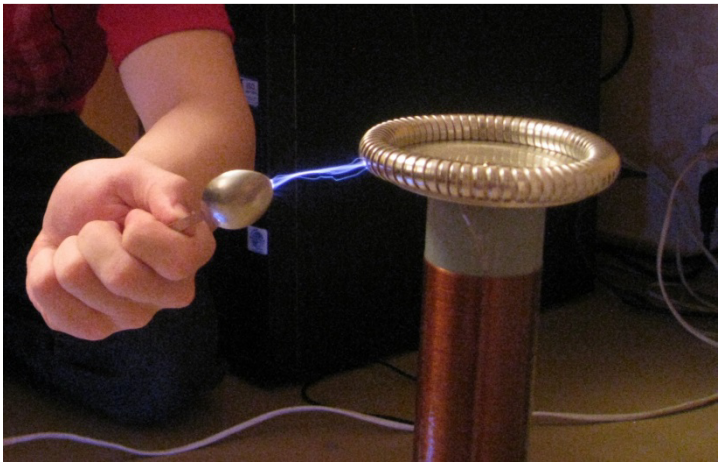


Рис.5, г. Возникновение разряда между трансформатором и металлическим предметом

Заключение

Для практического ознакомления с газообразным состоянием вещества в виде плазмы собрана опытная малогабаритная установка. Проведен эксперимент по получению плазмы и демонстрации ее некоторых свойств.

Список литературы

1. Арцимович Л. А. Элементарная физика плазмы. 3-е изд. М.: Атомиздат, 1969. 189 с.
2. Вурзель Ф.Б.,Полак Л.С. Плазмохимия, М.: Знание, 1985. 48 с.

3. Социальная сеть ВКонтакте. Режим доступа: http://vk.com/sdelay_sam_ss (дата обращения 15.03.2015).
4. Коротеев А.С., Миронов В.М., Свирчук Ю.С. Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет, М: Машиностроение, 1993. 296 с.
5. Гасанов И.С. Плазменная и пучковая технология. Баку: Элм, 2007. 125 с.