

Увеличение средней выходной мощности импульсной взрывоэмиссионной рентгеновской трубки за счет использования вольфрамографитового анода

Баранов Андрей Павлович

Комарский Александр Александрович, Корженевский Сергей Романович

Чепусов Александр Сергеевич

Уральский федеральный университет

Комарский Александр Александрович

mafgrad@gmail.com

Для повышения средней выходной мощности импульсной взрывоэмиссионной рентгеновской трубки разработан вольфрамографитовый анод [1], который превосходит по своим характеристикам острый вольфрамовый анод с медным радиатором, которые применяются в серийно выпускаемых рентгеновских трубках серии РИА [2].

Конструктивное отличие разработанного анода заключается в том, что не используется радиатор анода, удаленный из области, подвергающейся бомбардировке электронным пучком. Анодная система представляет собой графитовый стержень с находящимся в центре него вольфрамовым прутком. Интенсивность рентгеновского излучения, генерируемого на поверхности графита пренебрежимо мала в сравнении с интенсивностью излучения, генерируемого на поверхности вольфрама. Благодаря такой комбинированной вольфрамографитовой анодной системе, мощность импульсной наносекундной рентгеновской трубки значительно повысилась, а эффективное фокусное пятно определяется только диаметром вольфрамового стержня.

Экспериментально на комбинированном вольфрамографитовом аноде достигнута мощность 2,5 кВт при работе в повторно-кратковременном режиме.

Для определения допустимой тепловой нагрузки на вольфрамографитовый анод произведено численное моделирование, методика схожа с расчетами, которые применяются для рентгеновских трубок постоянного тока [3]. Получены зависимости температуры фокусного пятна от времени экспозиции при разных мощностях работы для анода с медным радиатором и для комбинированного вольфрамографитового анода (рис. 1). Эффективный диаметр фокусного пятна 1,5 мм, энергия за импульс $\Delta Q = 0,5$ Дж.

Значения допустимой мощности, полученные для вольфрамографитового анода компьютерным моделированием, превосходят в несколько раз имеющийся на данный момент анод с медным радиатором. При мощности $P = 2$ кВт, температура плавления фокусного пятна вольфрамографитового анода достигается за 0,3 секунды, тогда как в случае анода с медным радиатором около 0,1 секунды. Для мощности 1,25 кВт, эти времена равны соответственно для вольфрамографитового анода 0,8 с, а для анода с медным радиатором 0,2 с.

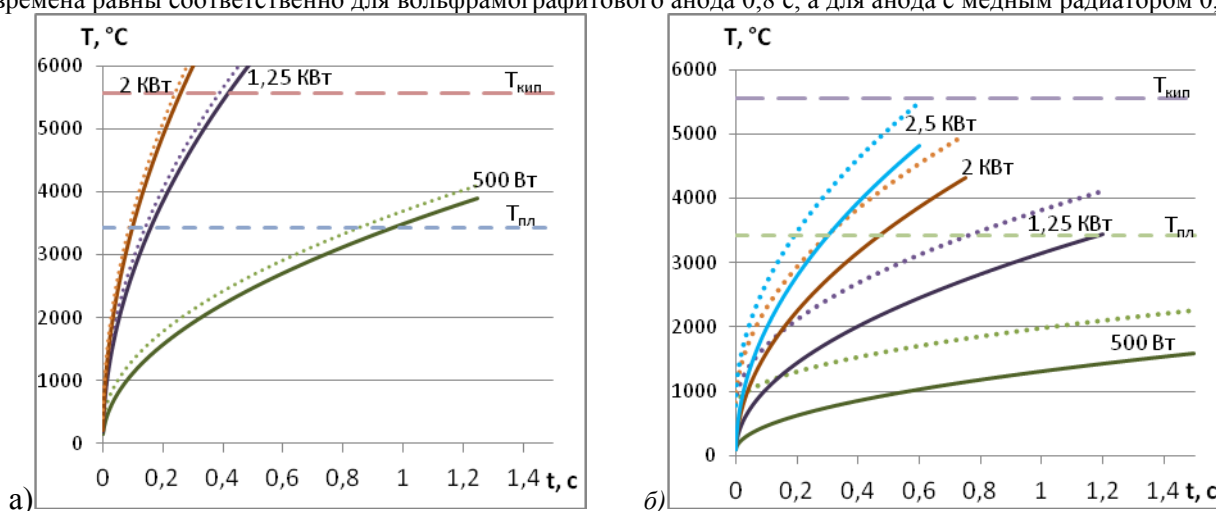


рис. 1. а) Зависимость температуры фокуса для взрывоэмиссионной рентгеновской трубки: анод с медным радиатором. б) Зависимость температуры фокуса для взрывоэмиссионной рентгеновской трубки: вольфрамографитовый анод. (Точками показаны температуры фокуса, сразу после импульса.)

Таким образом, благодаря представленному комбинированному вольфрамографитовому аноду, удалось увеличить среднюю мощность рентгеновской трубки в повторно кратковременном режиме до 3 кВт, тогда как у анода с медным радиатором 1,6 кВт.

Размер эффективного фокусного пятна трубки определяется только размером части анода, изготовленной из вольфрама.

Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ №16-38-00083 мол_а.

Список публикаций:

- [1] Комарский А. А. Вольфрамографитовый анод для импульсной взрывозмиссионной рентгеновской трубки / А. А. Комарский, С. Р. Корженевский, А. С. Чепусов // Тезисы докладов СПФКС-17. – 2016. – С. 174
 [2] Кузнецов В. Л. Импульсная металло-керамическая рентгеновская трубка / В. Л. Кузнецов, С. Р. Корженевский, А. А. Комарский, А. С. Чепусов // Патент на полезную модель № 130135. 29.12.2012.
 [3] Блинов, Н. Н. Рентгенодиагностические аппараты / Н. Н. Блинов, Л. В. Владимиров, Г. П. Кочетова, Н. А. Туманов, А. З. Шварцман, А. М. Якобсон, В. Л. Ярославский. – М., «Медицина». – 1976. – 240 с.

Теория наносекундного электрического пробоя газа высокого давления в условиях пространственно-неоднородной начальной ионизации

Баранова Екатерина Михайловна

Козырев Андрей Владимирович, Семенюк Наталья Степановна

Научно исследовательский Томский государственный университет

Козырев Андрей Владимирович, д.ф.-м.н.

katerina.baranova94@gmail.com

Представлено теоретическое исследование развития газового разряда высокого давления (газ SF₆ при давлении 10⁵ Па) в коаксиальном диоде, внутренний электрод которого является катодом и имеет радиус r_c= 1 мм, а внешний – анодом с радиусом r_a = 10 мм. На диод подавался импульс напряжения U_s(t) амплитудой 200 кВ и длительностью переднего фронта 0.25 нс по уровням 0.1–0.9 от амплитуды.

Как известно, при таких уровнях напряжения в газовых разрядах наблюдаются убегающие электроны [1]. Для того чтобы выделить в разряде ток быстрых электронов в расчете используется «энергетический» фильтр в виде алюминиевой фольги толщиной d = 10 мкм, отсекающий медленные электроны, приходящие на анод из плазмы разряда.

Цель работы состояла в выяснении влияния на разрядные характеристики условий предварительной ионизации. А именно, задавались различные пространственные распределения концентрации начальных электронов: от объемно-однородного до резкого радиально-неоднородного распределения. В частности, для вариации пространственной неоднородности был использован следующий вид распределения начальной концентрации:

$$n(r) = n_0 \beta \left(1 - r_c^2 / r_a^2\right) \frac{\exp\{\beta(1 - r^2 / r_a^2)\}}{\exp\{\beta(1 - r_c^2 / r_a^2)\} - 1}. \quad (1)$$

Функциональный вид формулы (1) обусловлен тем, что она всегда дает одинаковое количество начальных электронов в коаксиальном промежутке, а параметр β задает лишь степень неоднородности: при β=0 распределение однородное с концентрацией n₀, с ростом β начальная концентрация все сильнее прижимается к катоду, при β < 0 распределение прижимается к аноду. Распределения концентрации электронов при n₀ = 1 и разных β представлены на рисунке 1.

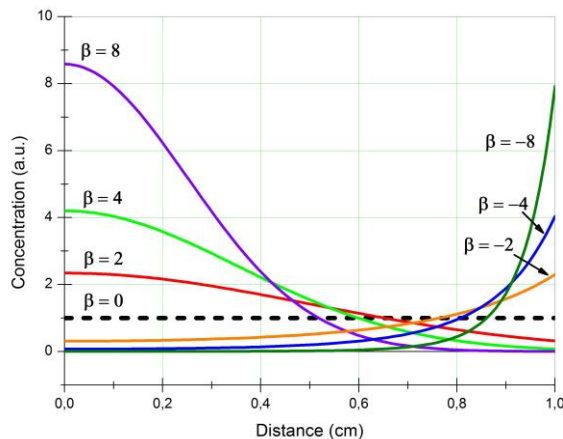


рис.1. Начальные распределения концентрации электронов при n₀ = 1 и при разных значениях β.