

Н.И.БОЙКО, д-р техн.наук, гл.науч.сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;

С. Ф. КОНЯГА, аспирант, НТУ «ХПИ»

ОБРАБОТКА ГАЗОВ ИМПУЛЬСНЫМ КОРОННЫМ РАЗРЯДОМ

Рассмотрены вопросы использования коронного разряда для обработки газов. Описаны основные процессы, приводящие к обработке. Описаны свойства стримеров в коронном разряде, энергетические свойства электронов в стримерах. Приведены основные задачи, возникающие при моделировании процессов обработки газа.

Ключевые слова: коронный разряд, стример, обработка газа, активная частица, моделирование.

Введение. Коронный разряд (КР) успешно используется в электрофильтрах и озонаторах. Разрабатываются установки с использованием КР для очистки газов от различных газообразных примесей, таких как оксиды азота и серы, органических веществ. Показана возможность применения таких установок при высокой производительности и приемлемых энергозатратах. В последнее время получают развитие новые направления использования КР, например, риформинг метана, синтез органических веществ, требующие значительно большей удельной энергии на единицу объема газа.

Для технологического использования важными свойствами являются однородность обработки всего объема реактора, стабильность КР. Необходимо знать параметры технологических установок для достижения требуемых параметров обработки.

Цель работы: привести основные задачи, возникающие при определении эффекта от воздействия коронного разряда на газ, представить описание физических процессов, происходящих при обработке газов коронным разрядом.

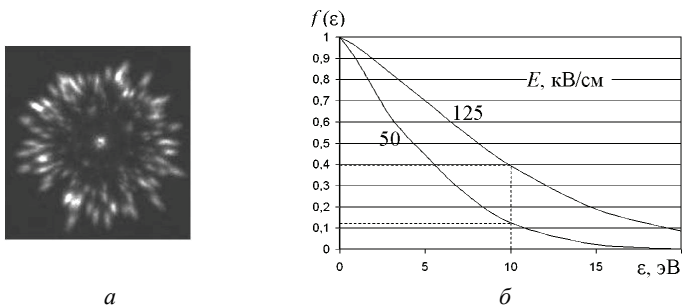
Обработка газов в КР. Процессы обработки газов в КР можно разделить на электроразрядные и химические. Электроразрядные процессы являются источником активных частиц, которые определяют интенсивность и направление дальнейших химических реакций.

Использование КР для обработки газов возможно благодаря воздействию образующихся в плазме КР активных частиц: электронов, ионов, радикалов, возбужденных частиц на молекулы газа.

Для целого ряда научно-технических, практических приложений одним из наиболее перспективных является стримерный коронный разряд.

Стримеры КР представляют собой ионизованные каналы диаметром

0,1–1 мм. На рисунке (а) показано изображение стримерной короны, развивающейся в течении 5 нс [1]. В стримерном КР образуется низкотемпературная неравновесная плазма с энергиями электронов до 20 эВ [2]. За счет разделения зарядов в головке стримера образуется заряженный слой толщиной 10 – 100 мкм, который создает напряженность поля 50-200 кВ/см в области 0,1 – 1 мм. В этой области происходит наработка активных частиц, так как электроны набирают высокую энергию.



Изображение стримерного КР (а) и плотность распределение электронов по энергиям в головке стримера (б)

Моделирование процессов КР. Поскольку быстропротекающие процессы стримерного КР сложно подробно исследовать экспериментально, используют различные модели КР. Для определения эффекта от воздействия КР на газ можно выделить следующие задачи для различных стадий развития разряда.

1. Определение разрядных характеристик и констант скоростей плазмохимических реакций. Для этого необходимо определить распределение электронов по энергиям при различных напряженностях поля.

Поскольку ионизация и диссоциация происходит в результате столкновения электронов с энергиями 5-20 эВ с молекулами газа, важно более точно определить функцию распределения (ФР) электронов в этом диапазоне энергий.

На рисунке (б) показано распределение электронов по энергиям при напряженности поля 50 и 125 кВ/см. Описание метода расчета приведено в [1]. Можно определить, что для характерных максимальных напряженностей поля стримера 10-40 % электронов обладает энергией более 10 эВ.

С помощью ФР можно определить константы скоростей различных процессов образования активных частиц и структуру затрат энергии на процессы столкновения электронов с молекулами. Эти зависимости можно использовать для более эффективного использования энергии. Для этого необходимо определить наиболее важные реакции, которые приводят к обработке газа.

2. Формирование стримера.

Скорость наработки активных частиц зависит от напряженности поля. Время воздействия повышенной напряженности на участок объема опреде-

ляется скоростью распространения стримера. Поэтому для нахождения концентрации наработанных частиц необходимо определить распределение электрического поля и параметры стримеров.

При моделировании процессов формирования стримеров необходимо учитывать дрейф заряженных частиц в электрическом поле, диффузию, процессы образования и нейтрализации заряженных частиц и пространственное распределение зарядов в создаваемом ими поле.

Повышение напряжения и вводимой мощности в КР ограничивается его переходом в искровой разряд. Возможность такого перехода зависит от соотношения процессов образования и исчезновения заряженных частиц.

После образования первичного стримера, замыкающего разрядный промежуток, в канале могут происходить дополнительные ионизационные процессы, приводящие к снижению его сопротивления. При некоторых условиях ионизация может привести к росту тока стримера более 10 мА, что приводит к разогреву канала, термической ионизации, и переходу в искровой разряд.

3. Распад плазмы стримера.

Скорость нейтрализации заряженных частиц и потеря электропроводности каналов стримеров определяют допустимую частоту следования импульсов напряжения. Заряженные частицы, которые остаются в межэлектродном промежутке к началу очередного импульса, могут влиять на характеристики разряда или привести к искре.

На стадии распада стримера также происходят различные химические реакции с широким диапазоном постоянных времени 10^{-9} - 10^{-3} с. В результате этих реакций происходит обработка газа и образование конечного продукта.

Выводы

1. Коронный разряд является источником высокоактивных частиц, что позволяет использовать его для различных технологических целей.

2. Обработка газа происходит в результате воздействия высокоэнергетических электронов на молекулы газа и образования в результате этого различных активных микрочастиц.

3. Расчет эффекта от воздействия КР на газ представляет собой комплексную задачу, для решения которой требуется учитывать множество процессов.

Список литературы: 1. *Van Veldhuizen E.M., Rutgers W.R.* Corona Discharges: Fundamentals and Diagnostics // Proc. Frontiers in Low Temp. Plasma Diagn. IV, Netherlands. – 2001. – P. 40-49. 2. *Коняга С.Ф.* Расчет функции распределения электронов по энергиям в импульсном коронном разряде // *Электротехника і електромеханіка.* – 2010. – № 4. – С. 52-55.

Поступила в редколлегию 10.10.2012

УДК 537.523.3

Обработка газов импульсным коронным разрядом / Н.И. Бойко, С.Ф. Коняга // *Вісник НТУ «ХП»*. Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХП», 2012. – № 52 (958). – С. 39-42. – Бібліогр.: 2 назв.

Розглянуто питання використання коронного розряду для обробки газів. Описано основні процеси, що призводять до обробки. Описано властивості стримерів в коронному розряді, енергетичні властивості електронів в стримерах. Наведено основні задачі, що виникають при моделюванні процесів обробки газів.

Ключові слова: коронний розряд, стример, обробка газу, активна частинка, моделювання.

Questions of using the corona discharge for gas treatment are considered. Main processes leading to the treatment are described. Streamer properties in corona discharge and electron energetic properties in streamers are described. Main tasks which appear when modelling processes of gas treatment are given.

Keywords: corona discharge, streamer, gas treatment, active particle, modelling.