

УДК 537.525

**НАРАБОТКА ОЗОНА В ПЛАЗМЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА В СМЕСЯХ ВОЗДУХ/АРГОН И ВОЗДУХ/ГЕЛИЙ**© Дорощеева Е.Е.¹, Горбин А.П.^{1,2}, Михеев П.А.^{1,2}¹ Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация² Самарский филиал Физического института имени П.Н. Лебедева
Российской академии наук (СФ ФИАН), г. Самара, Российская Федерация

e-mail: kateq2354@yandex.ru

В настоящее время проводятся обширные исследования плазменного зажигания и плазменного горения, поскольку низкотемпературная неравновесная плазма является эффективным инструментом для зажигания и ускорения горения. Диэлектрический барьерный разряд (ДБР) представляет особый интерес в этой области из-за простоты его конструкции и способности легко интегрироваться в различные конфигурации систем подачи топливно-воздушного потока [1; 2]. Также ДБР является наиболее эффективным генератором озона из-за его способности производить в высоких концентрациях кислородные радикалы.

В настоящей работе проведены измерения концентраций озона [O₃] на выходе ДБР в воздушно-аргоновых и воздушно-гелиевых смесях. Эти измерения необходимы для дальнейшего развития и проверки развиваемых в настоящее время моделей плазменно-инициированного горения и генераторов озона [3; 4]. Мотивация данного исследования обусловлена тем, что на первом этапе трехчастичной рекомбинации



образуется молекула колебательно-возбужденного озона O₃(v), обладающего высокой реакционной способностью в сравнении с термализованным озоном. O₃(v) активно вступает в реакции с другими продуктами разряда, снижая за счет этого общий выход O₃. В свою очередь атомы инертных газов Ar и He являются эффективными тушителями колебательной энергии озона в процессе:



Цель работы: проверка влияния добавления аргона и гелия к воздушной смеси в диэлектрическом барьерном разряде на выходную концентрацию озона.

В экспериментах сухой воздух подготавливался смешиванием технических газов кислорода и азота в пропорции 1:4. Смесей воздух-аргон и воздух-гелий пропускались через плазму ДБР. Концентрации [O₃] измерялись ниже по потоку по поглощению излучения с длиной волны 255 нм от УФ-светодиода. Электродная система состояла из центрального электрода, выполненного из алюминиевого сплава, с покрытием Al₂O₃, помещенного внутрь кварцевой трубки (внутренний диаметр 16 мм). Внешний кольцевой электрод, изготовленный из тонкой стальной сетки, обеспечивал «диффузный» ДБР. Ширина разрядного промежутка равнялась 1 мм. Частота разряда составляла 76 кГц. Более подробное описание экспериментальной установки приведено в работах [3,4].

На рисунке представлены зависимости концентраций озона на выходе ДБР при добавлении к 3 л мин⁻¹ потоку синтезированного воздуха 0.5 л мин⁻¹ гелия и аргона. Измерения проводились на расстоянии 1 м от разрядной зоны ниже по потоку.

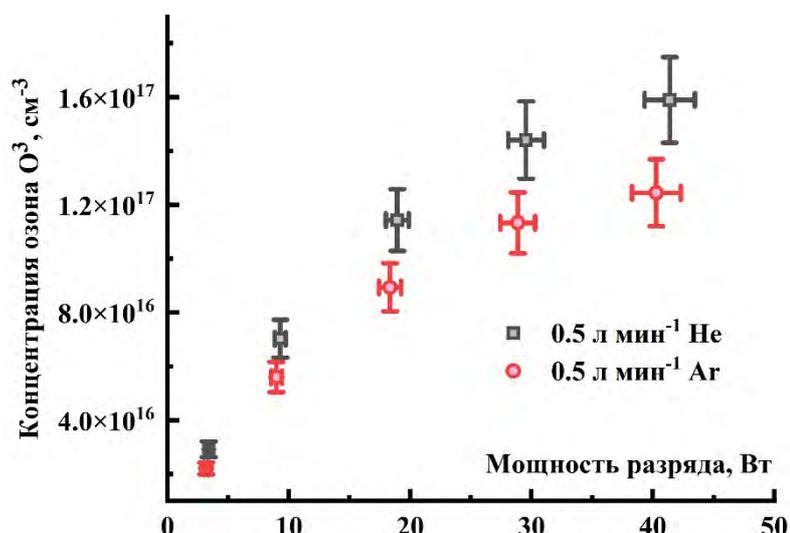


Рисунок – Зависимость концентраций озона на выходе ДБР от мощности, вкладываемой в разряд, при давлении 1 атм, расходе синтезированного воздуха 3 л мин⁻¹ для случаев добавления аргона и гелия в смесь

Перед каждым измерением температура электродов и кварцевой трубки поддерживалась постоянной и равной комнатной. Из рисунка можно увидеть, что выходная концентрация озона при всех мощностях примерно на 25 % выше для случая смеси с гелием. Данное различие может быть объяснено двумя способами. С одной стороны, константа скорости процесса тушения колебательно-возбужденного озона $O_3(v)$ на гелии ($1 \times 10^{-13} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$) на порядок выше, чем на аргоне ($1 \times 10^{-14} \text{ см}^3 \text{ с}^{-1}$). С другой стороны, энергия связи термализованного озона невелика и составляет чуть более 1 эВ. Это приводит к тому, что выходные концентрации O_3 сильно падают с ростом температуры электродов, трубки и газовой смеси. Так как теплопроводность гелия значительно превышает теплопроводность аргона, то, вероятно, ключевую роль в повышении выходных концентраций O_3 играет именно она. Однако окончательный ответ на этот вопрос может дать только сравнение модели с экспериментом, что является целью нашего ближайшего исследования.

Библиографический список

1. Starikovskiy A., Aleksandrov N. Plasma-assisted ignition and combustion // Progress in Energy and Combustion Science. 2013. V. 39, №. 1. P. 61–110.
2. Elkholy A., Shoshyna Y., Nijdam S. Burning velocity measurement of lean methane-air flames in a new nanosecond DBD microplasma burner platform // Experimental Thermal and Fluid Science. 2018, V. 95. P. 18–26.
3. Torbin A.P. et al. Ozone production in a dielectric barrier discharge in air-and oxygen–methane mixtures. Experiment and modeling // Plasma Sources Science and Technology. 2022. V. 31, №. 3. P. 035017.
4. Mikheyev P.A. et al. Ozone and oxygen atoms production in a dielectric barrier discharge in pure oxygen and O_2/CH_4 mixtures. Modeling and experiment // Plasma Sources Science and Technology. 2020. V. 29, №. 1. P. 015012.