

УДК 537.523

ГЕНЕРАЦИЯ АЭРОИОНОВ ПЛАЗМЕННЫМ ФАКЕЛОМ АРГОНА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Ю.В. ЗАПОРОЖЧЕНКО, А.В. АКСЮЧИЦ, Д.А. КОТОВ, А.Н. ОСИПОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)

Аннотация. Представлены результаты исследований условий генерации аэроионов и распределения их концентраций относительно плазменного факела, создаваемого системой формирования диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении. Измерения выполнялись при помощи прибора АИМ-1, который позволяет измерять концентрацию положительных и отрицательных аэроионов. Установлено пространственное распределение концентрации, в различных положениях относительно системы генерации, отрицательных и положительных аэроионов. Проведенные исследования, позволяют сделать вывод, что система генерации плазмы диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении позволяет генерировать отрицательных аэроионов для терапевтического применения в медицине.

Ключевые слова: положительные и отрицательные аэроионы, плазменный факел, плазма диэлектрического барьерного разряда при атмосферном давлении.

RESEARCH OF AIR IONS DISTRIBUTION THAT GENERATED BY DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE PLASMA

YLIYA V. ZAPARAZHCHANKA, ALEXANDER V. AKSIUCHYTS, DMITRY A. KOTOV,
ANATOLY N. OSIPOV

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The results of research of conditions of generation of aerions and distribution of their concentrations relative to the plasma torch created by the dielectric barrier discharge system at atmospheric pressure are presented. Measurements were performed using the AIM-1 device, which allows to measure the concentration of positive and negative aeroions. The spatial distribution of the concentration, in different positions relative to the generation system, of negative and positive air ions has been established. The conducted studies allow us to conclude that the system for generating plasma of a dielectric barrier discharge at atmospheric pressure makes it possible to generate negative air ions for therapeutic use in medicine.

Keywords: positive and negative air ions, plasma torch, dielectric barrier discharge plasma at atmospheric pressure.

Введение

Чистота и физико-химический состав воздуха, которым мы дышим, во многом определяют продолжительность жизни человека. При развитии любого заболевания происходит нарушение обмена веществ в клетках организма, в результате чего уменьшается их отрицательный заряд. Для восстановления количества отрицательных аэроионов в воздушной среде до нормального используются различные системы генерации. В нашем исследовании источником отрицательных и положительных аэроионов является плазма, генерируемая в коаксиальной системе с диэлектрическим барьерным разрядом при атмосферном давлении. Нами было исследовано пространственное распределение концентрации отрицательных и положительных аэроионов в пространстве вокруг разрядной системы.

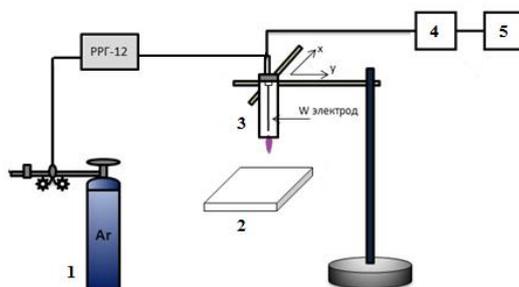
Методика проведения эксперимента

Аэроионы — это частицы атмосферного воздуха, несущие на себе положительный или отрицательный заряд и получаемые с помощью ионизаторов или другими способами.

Источником их образования являются космические или ультрафиолетовые лучи, атмосферные разряды, радиоактивность почвы и др. Среди аэроионов наибольшей химической активностью обладают следующие ионы: O_3^+ , O_2^- , CO^+ , NO_2 . В лечебной практике используют преимущественно отрицательно заряженные аэроионы. Недостаток легких отрицательных ионов угнетающе сказывается на окислительно-восстановительных процессах в организме человека, животных и растений, на поддержании процесса гомеостаза, на состоянии иммунной системы. Для восстановления количества отрицательных аэроионов в воздушной среде до нормального используются различные системы генерации. В нашем исследовании источником отрицательных и положительных аэроионов является плазма, получаемая в коаксиальной системе с диэлектрическим барьерным разрядом.

Под плазмой понимают квазинейтральную среду, содержащую положительно и отрицательно заряженные частицы. Это частично ионизованный газ (степень ионизации меньше 10^{-4} %), в котором концентрация заряженных частиц (электронов, положительных и отрицательных ионов), достаточная для обеспечения квазинейтральности, поддерживается за счет атомов и молекул газов, ускоряемых во внешнем электрическом поле. Холодная атмосферная плазма может быть получена путем ограничения количества высокоэнергетических электронов с использованием импульсной системы питания (порядка 30-200 кГц). Плазма созданная при атмосферном давлении производит химически активные частицы путем воздействия потока частично ионизированного газообразного аргона на молекулы кислорода, азота и других элементов и компонентов окружающего воздуха с образованием газообразных активных форм этих веществ, более того она обладает зарядом и генерирует потоки излучение в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом диапазонах [1].

Для проведения исследований использовался экспериментальный стенд, который включает в себя газовую систему, разрядную систему и систему питания. Схема экспериментального комплекса представлена на рисунке 1. В качестве плазмообразующего газа использовался аргон.



1 – баллон с газом–носителем аргоном (Ar); 2 – подложка;
3 – штатив; 4 – высоковольтный трансформатор;
5 – импульсный блок питания

Рис. 1. Внешний вид экспериментальной системы

При проведении исследований уровень ионизации воздушной среды определяли с помощью прибора АИМ-1, позволяющего одновременно измерять концентрацию положительных и отрицательных легких аэроионов. Диапазон измеряемых прибором концентраций легких аэроионов составляет $100 \dots 1,9 \cdot 10^3$ ион/см³. Для поддержания нормальной жизнедеятельности человеческого организма необходимо по СанПиН минимум 600 ионов/см³ отрицательных аэроионов [2].

В случае искусственной аэроионизации время жизни аэроиона составляет несколько секунд. Поскольку источник аэроионов локальный, то распределение аэроионов в пространстве особенно неоднородно и исследование концентрации аэроионов существенно зависит от выбора точки в пространстве, для которой проводятся измерения. В данном исследовании проверялись положения перед экспериментальным комплексом по схеме,

приведенной на рисунке 2. Расстояние между разрядной системой и полем измерений составило 10 см.

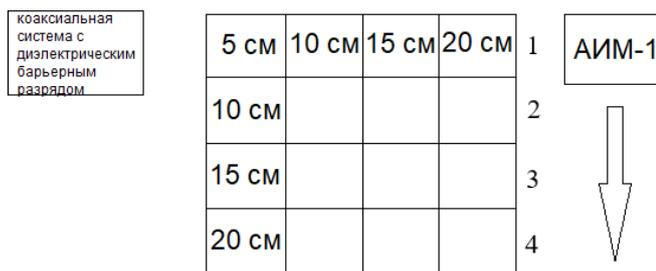


Рис 2. Схема взаимного расположения приборов

В ходе исследования были получены значения распределения концентрации отрицательных и положительных аэроионов в различных положениях относительно разрядной системы (рисунок 3).

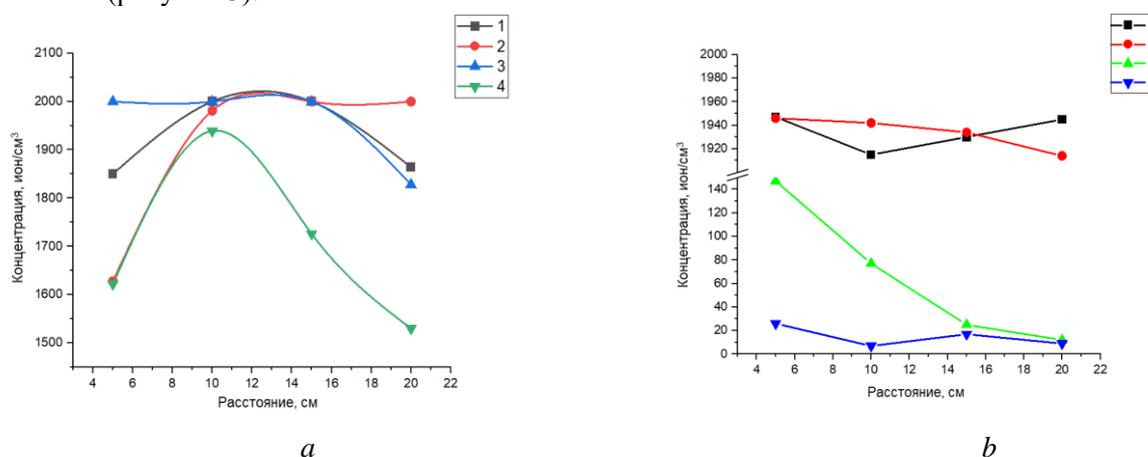


Рис. 3. *a* - Распределение концентрация отрицательных аэроионов перед разрядной системой;
b - Распределение концентрация положительных аэроионов перед разрядной системой

Заключение

В ходе исследований было установлено, что с увеличением расстояния прибора АИМ-1 от экспериментального комплекса уровень положительных аэроионов уменьшается, а уровень отрицательных аэроионов практически во всех точках остается достаточно высоким.

При анализе графиков пространственного распределения концентрации положительных и отрицательных аэроионов можно сделать вывод, что на третьем положении взаимного расположения приборов среднее количество отрицательных аэроионов ≈ 1957 ион/см³, а положительных ≈ 65 ион/см³, в остальных случаях концентрация положительных аэроионов не входила в допустимые значения норм СанПиН. Можно предположить, что плазма, получаемая в коаксиальной системе с диэлектрическим барьерным разрядом может применяться как источник отрицательных аэроионов для терапевтического применения в медицине.

Список литературы

1. Bekeschus, S., Lippert, M., Diepold, K. et al. Physical plasma-triggered ROS induces tumor cell death upon cleavage of HSP90 chaperone. Sci Rep 9, 4112 (2019)
2. H.F. Tammet. Air ion counter. Methodological guide / Compiler – Haapsalu 1985. - 44 s