

Исследование спектральных характеристик столба плазмы ЕВЧР в неоне

Егоршин Иван Николаевич

Тихоокеанский государственный университет

старший преподаватель кафедры физики

Аннотация

Был исследован спектр свечения емкостного высокочастотного газового разряда (ЕВЧР) в зависимости от расстояния от активного электрода. В качестве объекта исследования использован газ неон внутри газоразрядной трубки с внешними электродами под давлением 0,5 Торр.

Ключевые слова: газовый разряд, плазма, ЕВЧР.

Investigation of the spectral characteristics of the column of CHFD plasma in neon

Egorshin Ivan Nikolayevich

Pacific National University

Senior Lecturer of Department of Physics

Abstract

The spectrum of the emission of a capacitive high-frequency gas discharge (CHFD) was investigated as a function of the distance from the active electrode. Neon gas inside a gas-discharge tube with external electrodes at a pressure of 0.5 Torr was used as an object of investigation.

Keywords: gas discharge, plasma, CHFD.

Происходящее в настоящее время интенсивное развитие плазменных технологий требует создания новых эффективных газоразрядных источников плазмы. В современной физике газового разряда наибольший интерес с научной и прикладной точек зрения вызывают высокочастотные разряды низкого давления, в частности емкостной ВЧ разряд (ЕВЧР). Емкостный высокочастотный разряд, как известно, находит широкое практическое применение. В качестве примера достаточно назвать такие хорошо известные области, как газовые лазеры и плазмохимия. Необходимо продолжать разработку методов диагностики ВЧ разрядов, отличающихся как информативностью, так и достаточной помехоустойчивостью в условиях интенсивных электромагнитных наводок.[1]

Один из наиболее эффективных методов диагностики процессов происходящих в плазме на данный момент – изучение спектров свечения. В данной работе я исследовал каким образом меняется спектр свечения неона в газоразрядной трубке снятый в разных точках плазменного столба. По

полученным данным можно судить о пространственной конфигурации электромагнитного поля внутри столба плазмы. Также представляет интерес нелинейное изменение относительной интенсивности спектральных линий.

В ходе эксперимента получено более сотни спектров снятых по всей длине трубки. Из них были выбраны несколько, которые наиболее полно отражают характер изменения спектра свечения неона, при движении вдоль столба плазмы от активного электрода.

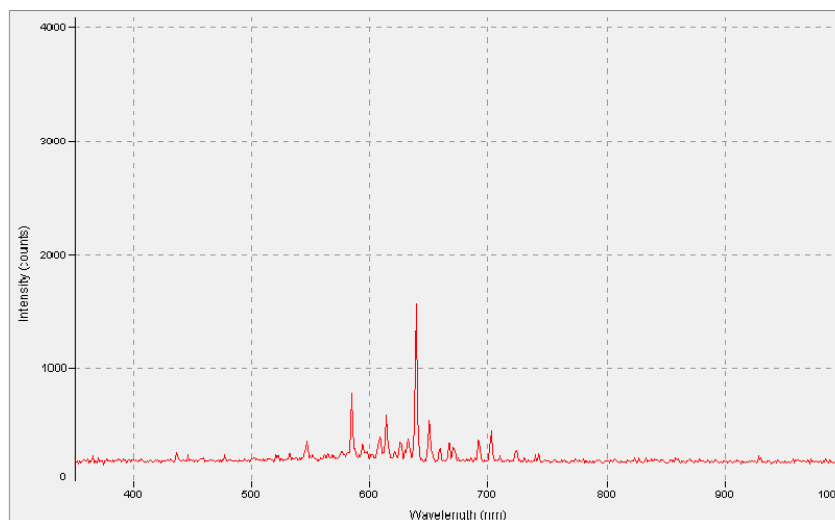


Рисунок 1 - спектр свечения газоразрядной трубки возле активного электрода

На рисунке 1 представлен спектр неона на максимально близком расстоянии к активному электроду. Свечение неона в этой области минимально. Возле электрода находятся тёмные области: катодное тёмное пространство, астоново тёмное пространство и фарадеево тёмное пространство.[3] На спектре мы видим несколько линий, характерных для неона в области от 550 до 710 нм. Наиболее ярко выражена одна линия с длиной волны 640,2 нм.

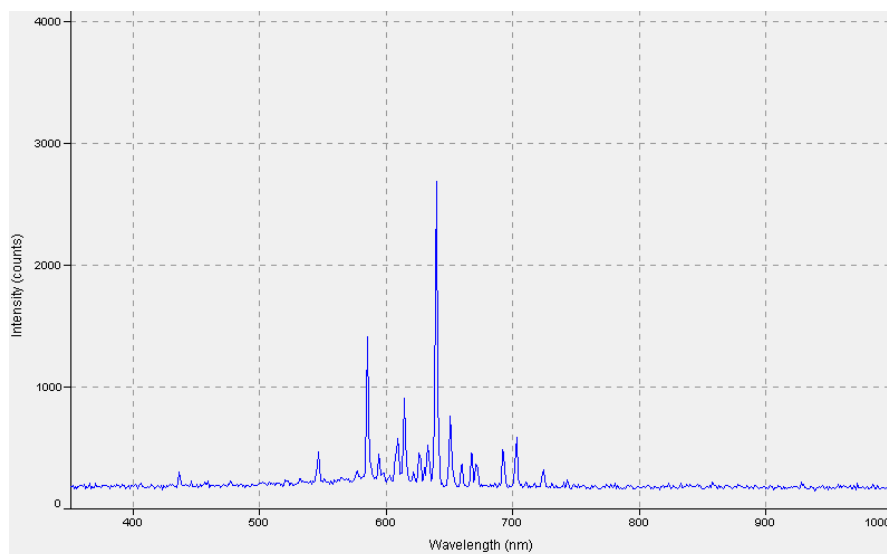


Рисунок 2 - спектр свечения газоразрядной трубки на расстоянии 1 мм от активного электрода

При небольшом смещении вдоль столба плазмы (Рисунок 2), все линии значительно увеличили свою интенсивность приблизительно в 1,5 раза. Стали заметны новые линии, которые находятся не только в красно-оранжевой области спектра. Например, линия с длиной волны 442 нм.

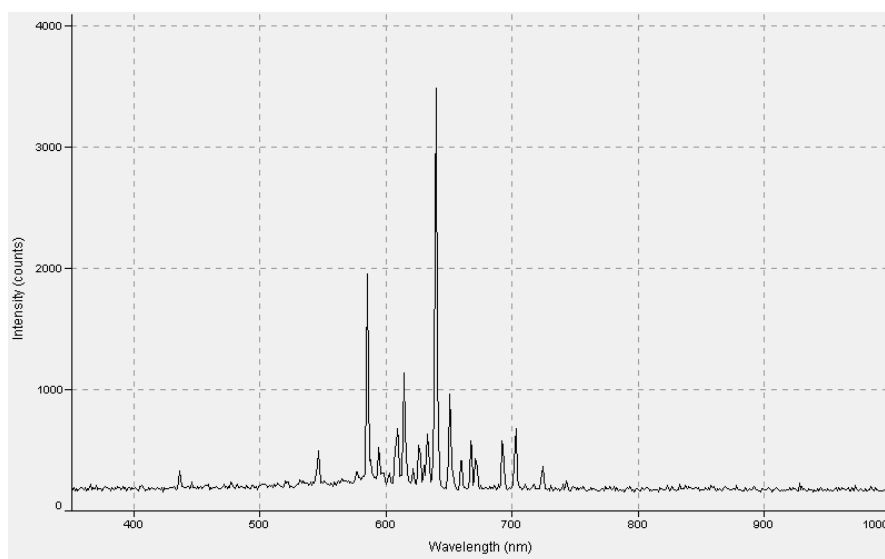


Рисунок 3 - спектр свечения газоразрядной трубки на расстоянии 5 мм от активного электрода

Продолжаем отдалять спектрометр от активного электрода, и на расстоянии 5 мм (Рисунок 3) мы наблюдаем равномерный рост интенсивности всех спектральных линий. Относительная интенсивность всех спектральных линий не изменяется, по прежнему основной остаётся линия 640,2 нм.

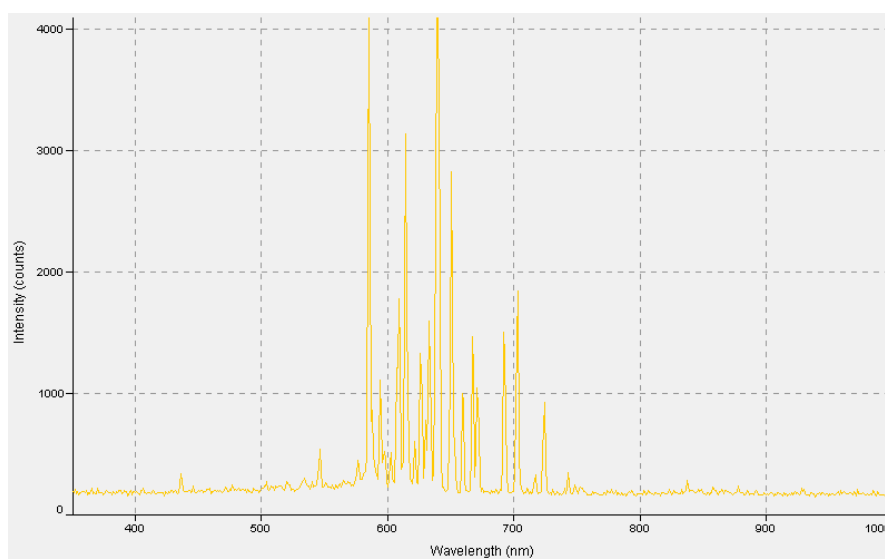


Рисунок 4 - спектр свечения газоразрядной трубки на расстоянии 10 мм от активного электрода

На расстоянии 10 мм (Рисунок 4) от активного электрода наблюдается резкое возрастание интенсивности свечения плазмы. Большинство

спектральных линий увеличили свою интенсивность примерно в 2 раза по сравнению с 5 мм, однако линии 442 нм и 540 нм остаются без изменения. Две линии 640,2 нм и 585,3 нм выходят за предел измерений прибора.

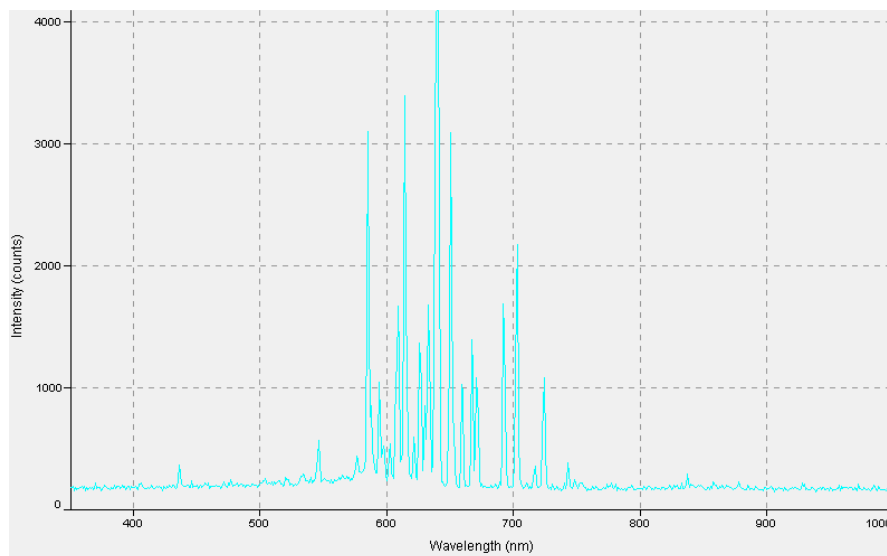


Рисунок 5 - спектр свечения газоразрядной трубки на расстоянии 20 мм от активного электрода

На расстоянии 20 мм (Рисунок 5) от активного электрода полоса 585,3 нм значительно уменьшает свою интенсивность, в то время как остальные линии продолжают увеличиваться. На этом участке впервые проявляется непропорциональность изменения интенсивности спектральных линий.

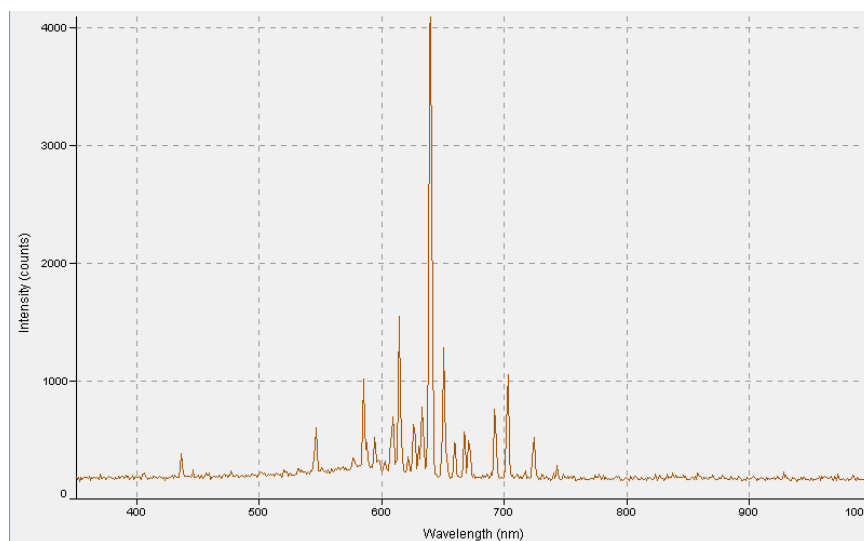


Рисунок 6 - спектр свечения газоразрядной трубки на расстоянии 50 мм от активного электрода

Далее при перемещении вдоль трубки мы наблюдаем, постепенное ослабление всех линий спектра, кроме линии 640,2 нм, которая при перемещении вдоль всего столба плазмы выходит за предел измерения прибора. На рисунке 6 представлен спектр центральной области трубки, 50

мм от активного электрода, мы видим, что интенсивность всех линий спектра близка к интенсивности в приэлектродной области, кроме линии 640,2 нм.

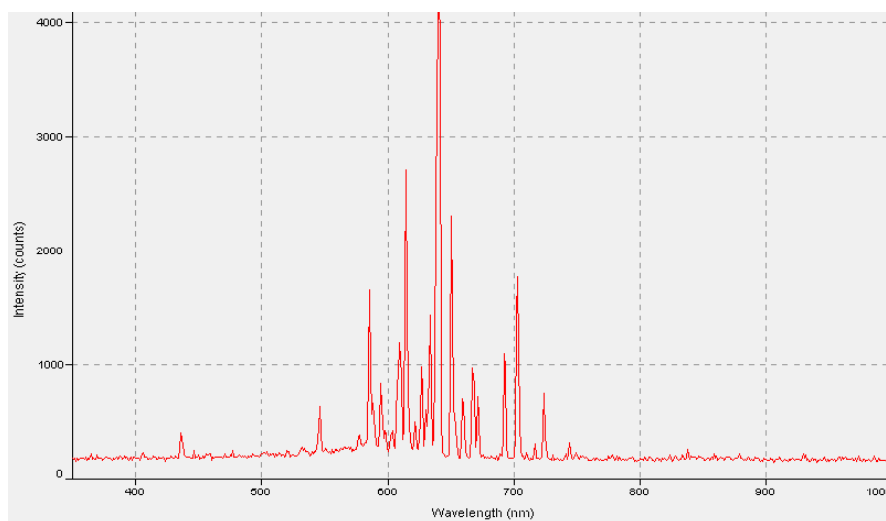


Рисунок 7 - спектр свечения газоразрядной трубки на расстоянии 100 мм от активного электрода

На расстоянии 100 мм (Рисунок 7) снова начинается усиление всех линий спектра, так как мы приближаемся ко второму электроду, однако интенсивность этого свечения заметно меньше чем рядом с активным электродом.

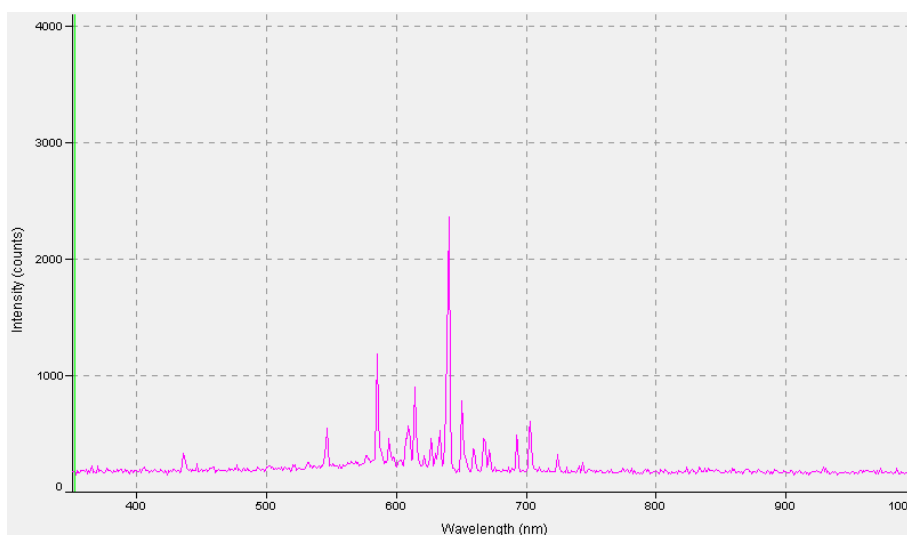


Рисунок 8 - спектр свечения газоразрядной трубки возле заземлённого электрода

Непосредственно возле заземлённого электрода (Рисунок 8) свечение снова сходит к минимуму.

Некоторые из полученных спектров были наложены друг на друга, и выяснено, что частота всех спектральных линий остаётся постоянной, меняется только их относительная интенсивность.

Из полученных результатов мы можем видеть, что максимальная интенсивность приходится на приэлектродные слои плазмы. Это можно объяснить тем, что внутри разрядной трубки создается положительный объемный заряд, электрическое поле которого складывается с высокочастотным полем и напряжённость этого поля в центре меньше, чем возле электродов. Так же видно, что свечение возле активного электрода сильнее, чем возле заземлённого, это можно объяснить тем, что часть тока уходит через ёмкость на землю со всей трубки, поэтому плотность тока активного электрода больше плотности тока заземлённого электрода.

Характер спектра излучения в разных точках ВЧ разряда внутри светящейся плазмы в зависимости от расстояния от электродов меняется нелинейно. Это значит, что изменяется частота возбуждающих столкновений свободных электронов с атомами неона в зависимости от расстояния от электродов. То есть результирующее электрическое поле меняется вдоль столба плазмы достаточно сложным образом.

Библиографический список

1. Жуков А.А. Искровой пробой газа. Хабаровск: ХГПУ, 2000.
2. Ковалевский В.Л., Савинов В.П. Экспериментальное обоснование модели механизма емкостного ВЧ разряда // Физика плазмы. 1994. Т. 20. № 3. С. 322
3. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М.:Интеллект, 2009.