1. Исследование наносекундного поверхностного скользящего разряда в сверхзвуковом воздушном потоке с косой ударной волной
2. Плазменные актуаторы в плазменной аэродинамике разрабатываются для решения задач, связанных со снижением сопротивления, с управлением отрывом потока и регулировкой ламинарно-турбулентного перехода на обтекаемых профилях, управление положением зон отрыва и ударных волн. Также применение разрядов для управления процессами горения помогает более равномерно сжигать топливо в камере.
3. Целью работы является оценка параметров разряда с помощью методов эмиссионной спектроскопии, анализ развития поверхностного скользящего разряда наносекундной длительности в сверхзвуковом потоке воздуха с наклонной ударной волной, определение структуры поля течения после разряда
4. Диагностика параметров разряда необходима для более эффективного применения разряда в различных областях. Среди всех методов преимущество стоит за бесконтактными методами, так как оценка параметров осуществляется без возмущения диагностируемого объекта. Основные параметры, которые были получены в данной работе: ток разряда, концентрация электронов, энергия электронов. Также с помощью высокоскоростного теневого метода была изучена структура течения после импульсного воздействия разряда.
5. Эксперименты проводились на экспериментальной установке, которая представляет из себя ударную трубу с разрядной секцией. Поверхностный скользящий разряд изучался в неподвижном воздухе и в потоках за ударными волнами с указанными параметрами.
6. Одной из самых важных частей экспериментальной установки разрядная секция. Схема электродов и область поверхностного разряда представлена на данном слайде. Через кварцевые стекла имеется возможность регистрации ультрафиолетовой части спектра. Эмиссионный спектра регистрировался с оптоволокна спектрометра, направленного в область разряда.
7. На данном слайде представлена схема расположения оптоволокна относительно области разряда.
8. Для получения параметров и характеристика разряда использовалась следующая аппаратура: Спектрометр AvaSpec-2048 с диапазоном регистрации излучения 200 – 1100 нм., шунт регистрирующий ток разряда, фотокамеры для фиксации излучения разряда, высокоскоростная камера (150.000 кадров в секунду), высокоскоростное теневое оборудование для регистрации эволюции структуры разряда.
9. В экспериментах поток в разрядной камере был неоднородным: на нижней стенке камеры располагалось небольшое препятствие, при обтекании которого сверхзвуковым потоком устанавливалась наклонная ударная волна. Она взаимодействовала с пограничным слоем на верхней стенке. Из-за образования области пониженной плотности в области взаимодействия разряд стягивается в узкий яркий канал, который можно наблюдать на фотоизображении.
10. Регистрация спектров производилась со временем накопления 2-10 секунд. Для получения более чистых результатов учитывался шум от внешних источников. Пример спектров приведен на данном слайде. Синим обозначен спектр в неподвижном воздухе, красным в сверхзвуковом потоке. Как можно наблюдать в разной степени явна видна непрерывная часть спектра, о которой скажем немного позже. В ультрафиолетовой области преобладают полосы второй положительной системы азота. В видимой части спектра явно видны линии атомов азота, кислорода и водорода. Водород, свидетельствует о наличие водяных паров в области регистрации спектра. Именно по линиям водорода бальмеровской серии Ha определялись концентрации электронов в экспериментах.
11. Оценка концентрации электронов производилась путем обработки линии Ha 656,3 нм. В редакторе строился профиль линии и аппроксимировался гауссовской кривой. По полученному значению полуширины линии с помощью представленной на слайде формулы определялась концентрация электронов. В экспериментах значения концентрации электронов получилась (0.7-1.4)х10^15 cm^-3.
12. Явной особенностью эмиссионных спектров, особенно тех, что были получены в потоке, является непрерывная часть спектра. Данный феномен может быть объяснен наличием тормозного и/или рекомбинационного излучения. Учитывая условия экспериментов и форму континуальной части спектра можно сделать вывод, что превалирующей причиной его возникновения является тормозное излучение.
13. На данном слайде представлены типичные формы профиля тормозного и рекомбинационного излучения. Как можно отметить, рекомбинационное излучение имеет зубчатый характер профиля. Тогда как профиль тормозного излучения более гладкий.
14. Методика обработки спектра для определения энергии электронов заключается в сравнении экспериментальных данных с теоретической зависимостью. Экспериментальный спектр нормировался на определенную длину волны, аналогично теоретической зависимости для разных температур. Оценка производилась для различных участков спектра.
15. Также было произведено исследование газодинамического потока после разряда. После импульсной ионизации образовывалась квазистационарное сверхзвуковое течение длительностью 100-500 мкс. В результате из-за быстрого выделения энергии вблизи наклонной ударной волны с изменением параметров газа генерируется сильная ударная волна, ведущая к перестроению характера течения потока.
16. В результате работы был исследован поверхностный скользящий разряд наносекундной длительности в сверхзвуковых поток и неподвижном воздухе с наклонной ударной волной. Были произведены оценки концентрации электронов в канале разряда (*значения прочитать на слайде),* значения энергии электронов. Также было установлено, что канал локализованного разряда генерирует сильную ударную волну в потоке, которая приводит к перестроению ударно волновой структуры потока в течении 100 мкс с последующей релаксацией до стационарной концигурации.