

Курсовая работа

«Способы создания микроплазмы и ее применение»

Выполнила: студентка 218 группы

Шестакова Ангелина Алексеевна

Научный руководитель: доцент

Двинин Сергей Александрович

Применение микроплазмы

- Микроплазма – это плазма малых размеров, от десятков до тысяч микрометров.
- Микроплазмы могут быть созданы при различных температурах и давлениях, существовать в виде тепловой или нетепловой (неравновесной) плазмы.

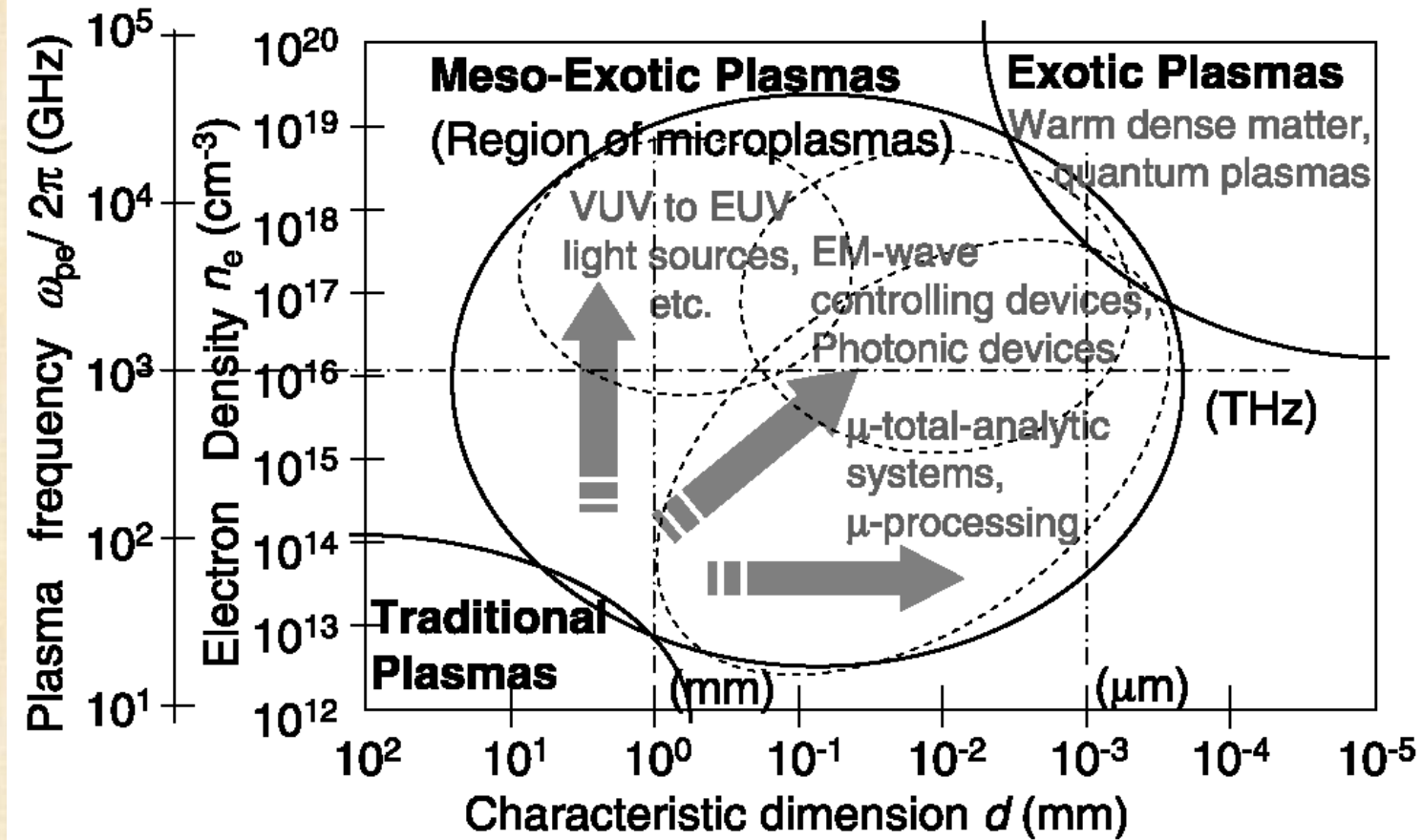
Применение в технологиях:

- Светоизлучающие среды
- Проведение химических реакций
 - 1) Локальная обработка материалов
 - 2) Локальная биомедицинская обработка
 - 3) Синтез наночастиц
 - 4) Фотонные кристаллы и метаматериалы с изменяющимися свойствами

Варианты организации обработки:

- 1) Отдельные микроплазмы
 - 2) Массивы из микроплазм.
-

На рисунке представлены характерные размеры d и электронной плотности n_e микроплазм.



ВИДЫ ПЛАЗМ:

Традиционная плазма

Промежуточно- экзотическая плазма

1. Плазма для локальной обработки материалов
2. Плазма для локального анализа материалов
3. Плазменные фотонные кристаллы

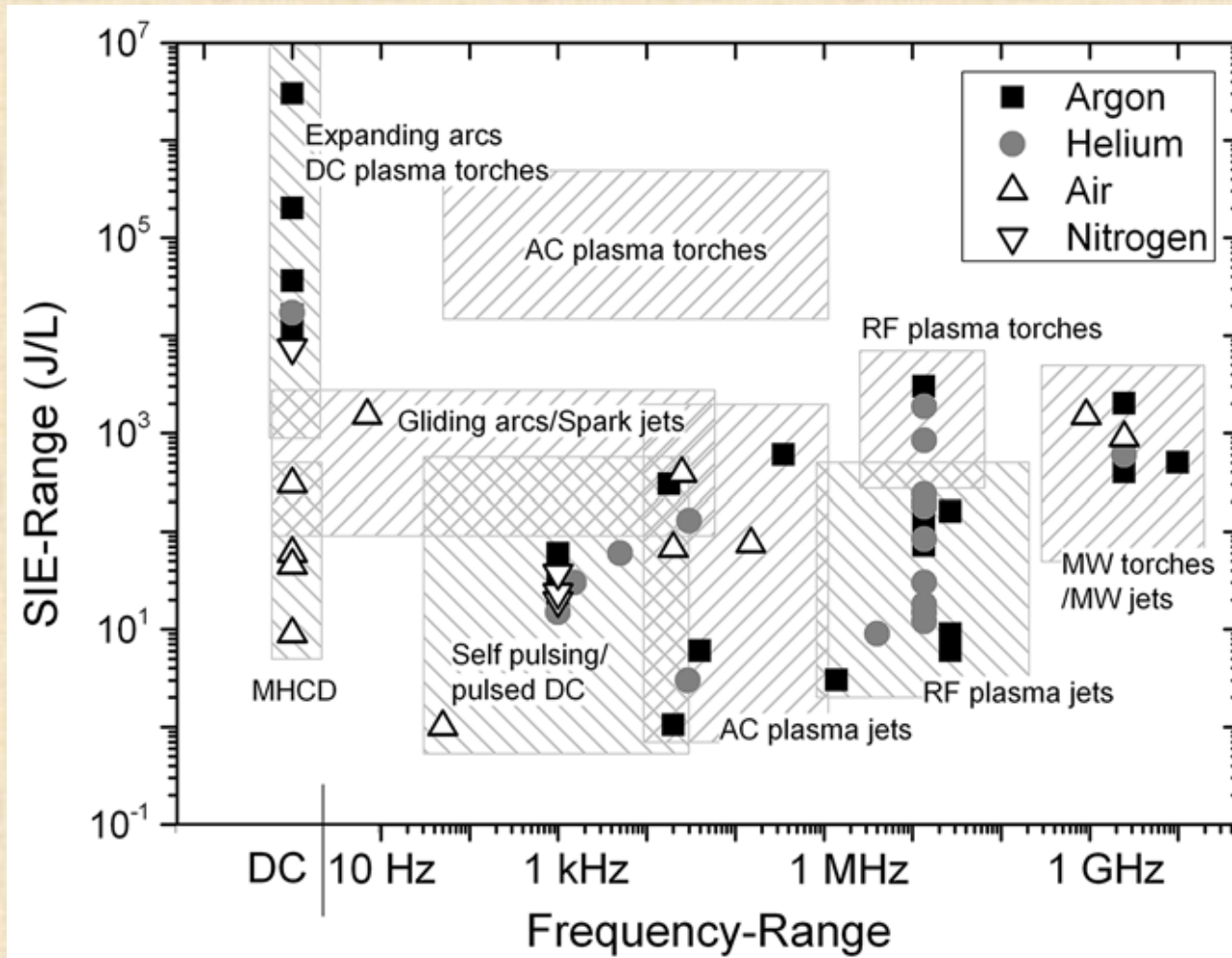
4. Плазменные устройства для управления распространением микроволн

5. Источники излучения: свет, ближний ультрафиолет, вакуумный ультрафиолет

Экзотическая плазма

1. Теплая плотная материя
2. Квантовая плазма

Диаграмма мощности, вкладываемой в единицу объема в зависимости от частоты поддерживающего разряд электромагнитного поля – классификация плазменных струй.



1. Струи на постоянном токе.
2. Струи на переменном токе
3. Пульсирующие струи
5. Струи на барьерном разряде.
4. Струи, направляемые лазерной искрой
5. Радиочастотные плазменные струи
6. Струи, поддерживаемые микроволновым излучением

Постановка задачи

- 1. Изучить различные способы применения микроплазм
- 2. Изучить способы создания микроплазмы
- 3. Рассмотреть различные способы создания плазмы с помощью плазменной струи.
- 4. Изучить системы уравнений, требуемых для создания микроплазмы
- 5. Рассмотреть различные схемы создания микроплазмы в потоке газа.
- 6. Провести предварительный расчет параметров аргоновой плазмы в плазменной струе.

Классификация плазменных устройств

Геометрия разряда, устройство электронов и конфигурация поля

Тип плазмы, которая генерируется (изотермическая дуга/факел(горелка), или неизотермическая/холодная плазма)

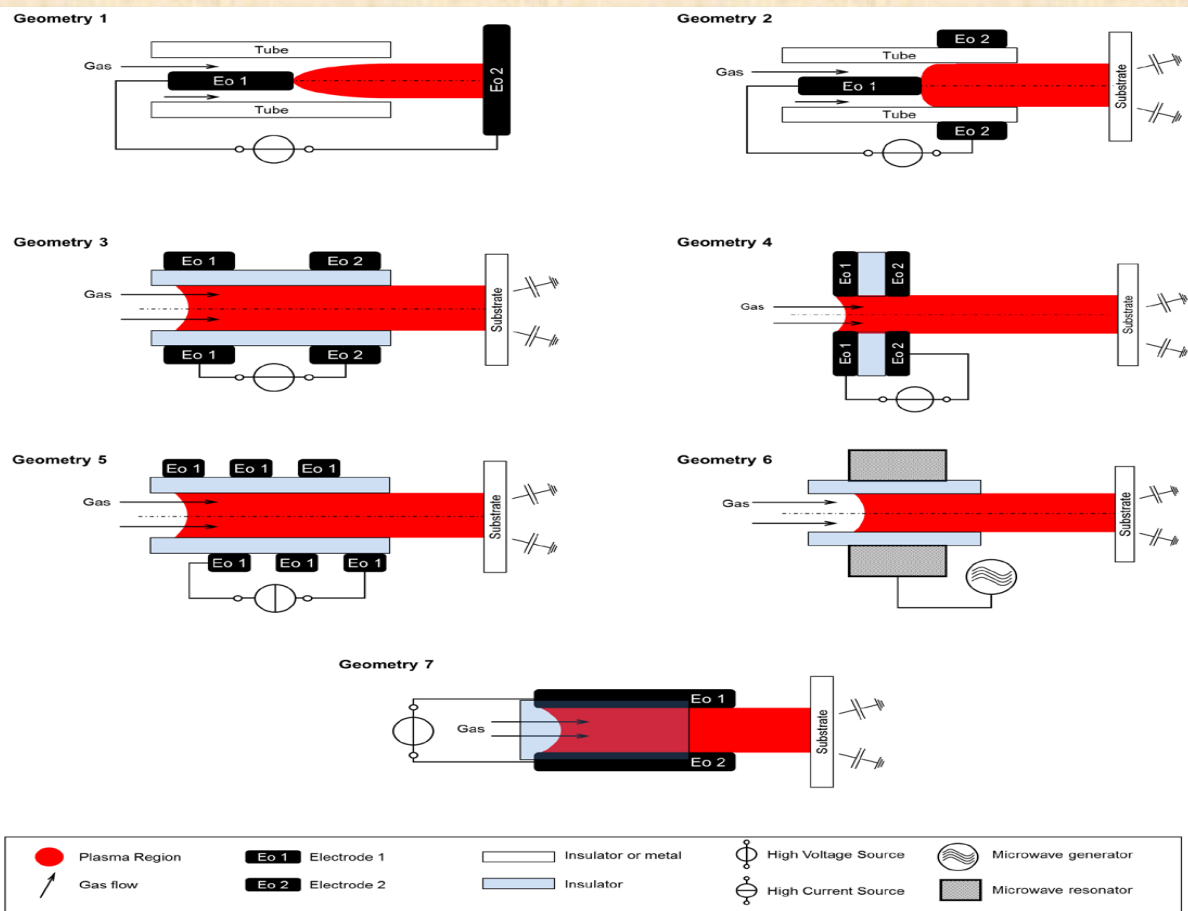
Частота поля (Постоянный ток, низкочастотный переменный ток, ВЧ плазма, микроволновая плазма)

Импульсная или непрерывная плазма

Химический состав газа, в котором создается плазма.

Применяют два основных плазменных источника нагрева: плазменную струю, выделенную из столба косвенной дуги и плазменную дугу, в которых дуга прямого действия совмещена с плазменной струей.

Создание микроплазмы



Базовые типы установок для создания плазмы в потоке в коаксиальной (1–6) и прямоугольной (7) геометриях

Основные уравнения

Уравнения гидродинамики для газа

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{u}) = 0 \quad \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \nabla) \mathbf{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \mu \Delta \mathbf{u} + (\mu - \nu) \nabla(\nabla \mathbf{u})$$

Уравнения Максвелла для высокочастотного электромагнитного поля

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = \frac{i\omega}{c} \mathbf{H} \quad \operatorname{div} \varepsilon \mathbf{E} = 0 \quad \operatorname{rot} \mathbf{H} = -\frac{i\omega}{c} \varepsilon \mathbf{E} \quad \varepsilon = 1 - \frac{4\pi n_e e^2}{m\omega(\omega + i\nu)}$$
$$\operatorname{div} \mathbf{H} = 0$$

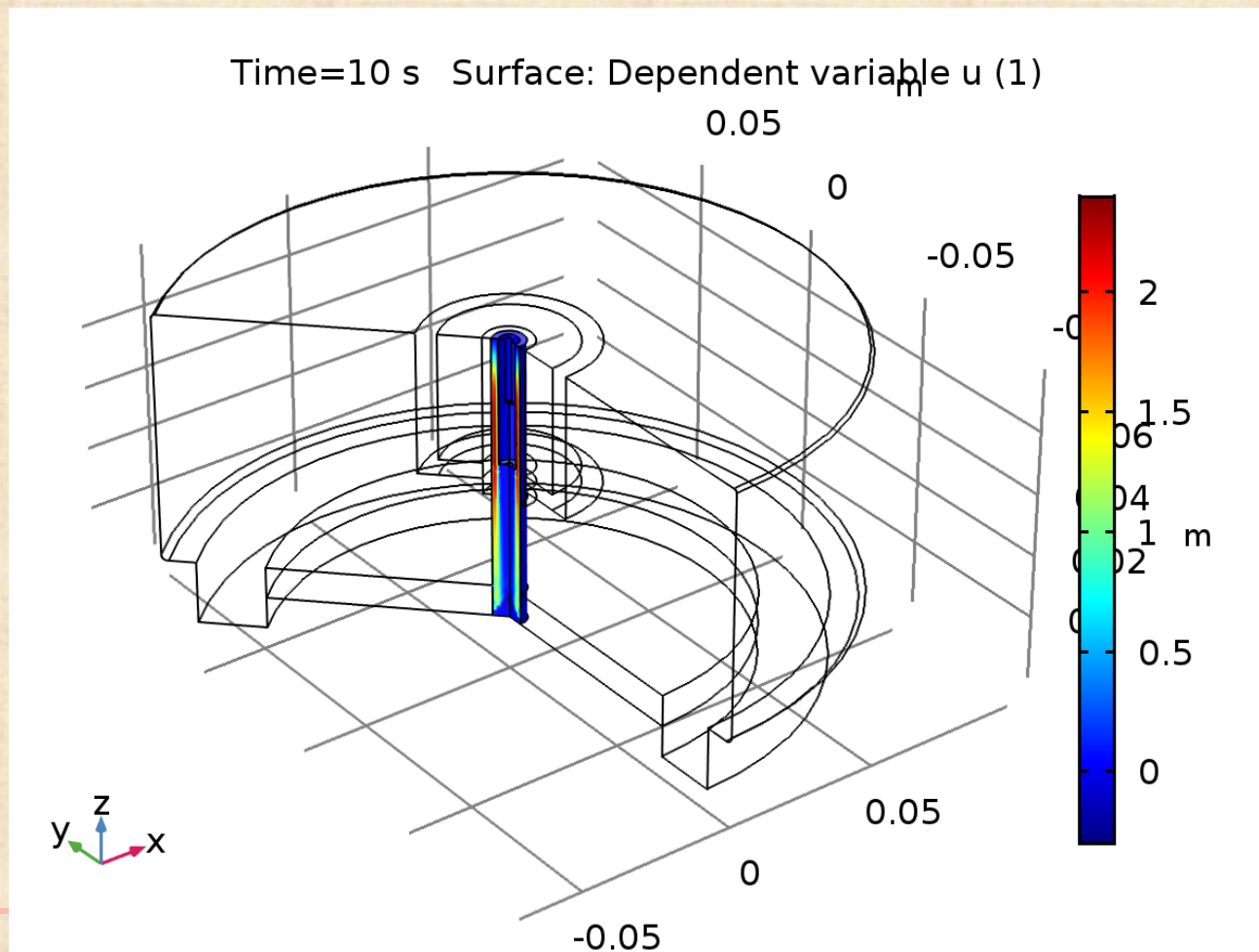
Уравнения амбиполярной диффузии для заряженных частиц

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \operatorname{div}(n \mathbf{V}) = \left(\nu_i(|\mathbf{E}|) - \alpha(|\mathbf{E}|) n_e - \beta(|\mathbf{E}|) n_e^2 \right) n_e$$

$$n \mathbf{V} = n \mathbf{u} - D_a \nabla n$$

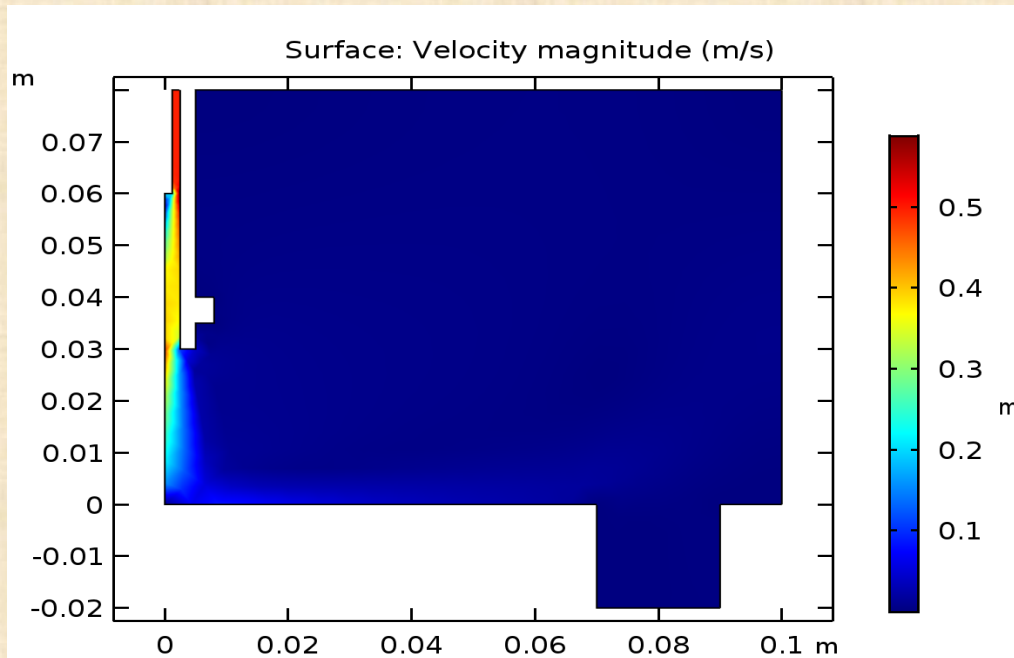
Течение аргона через разрядную трубку

Расчётная геометрия создания плазмы

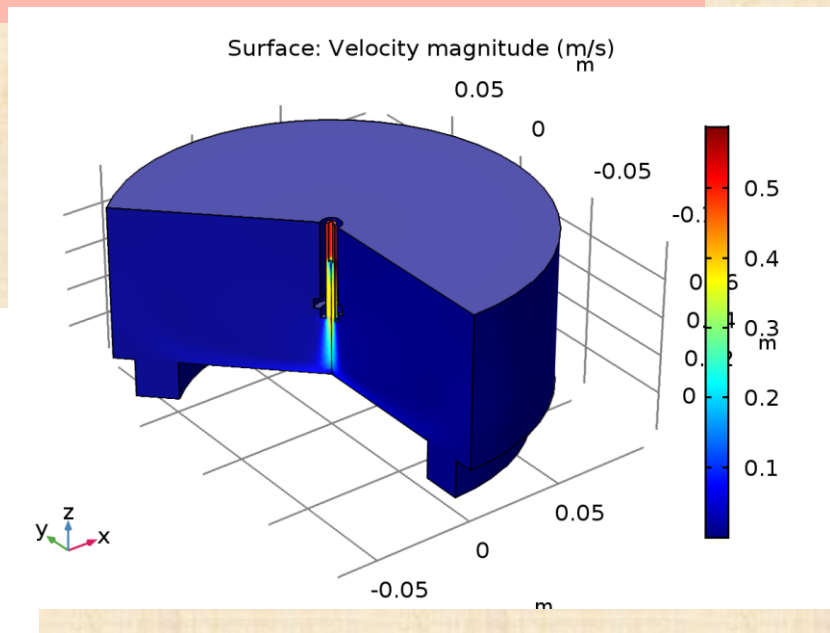
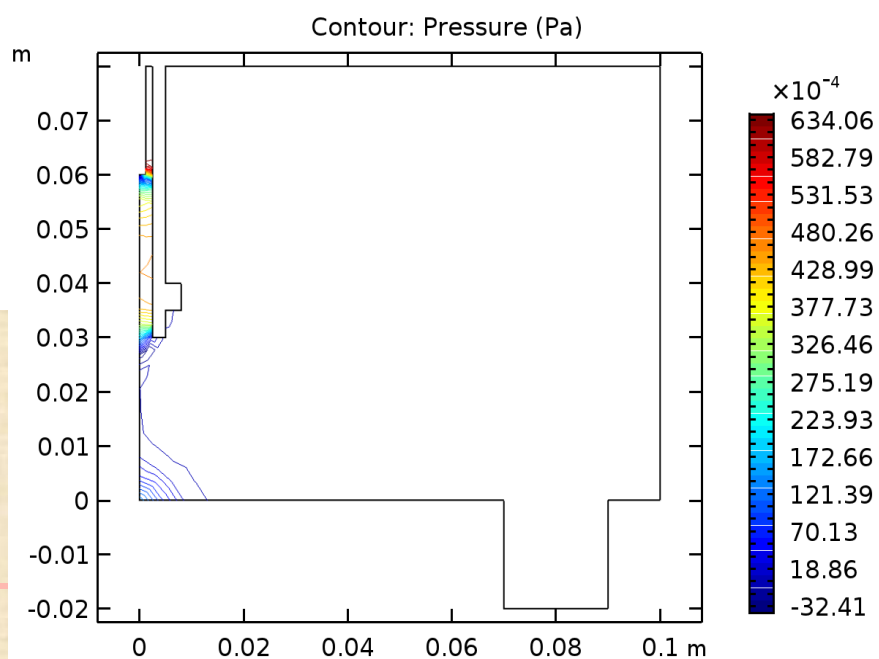


Течение аргона через разрядную трубку

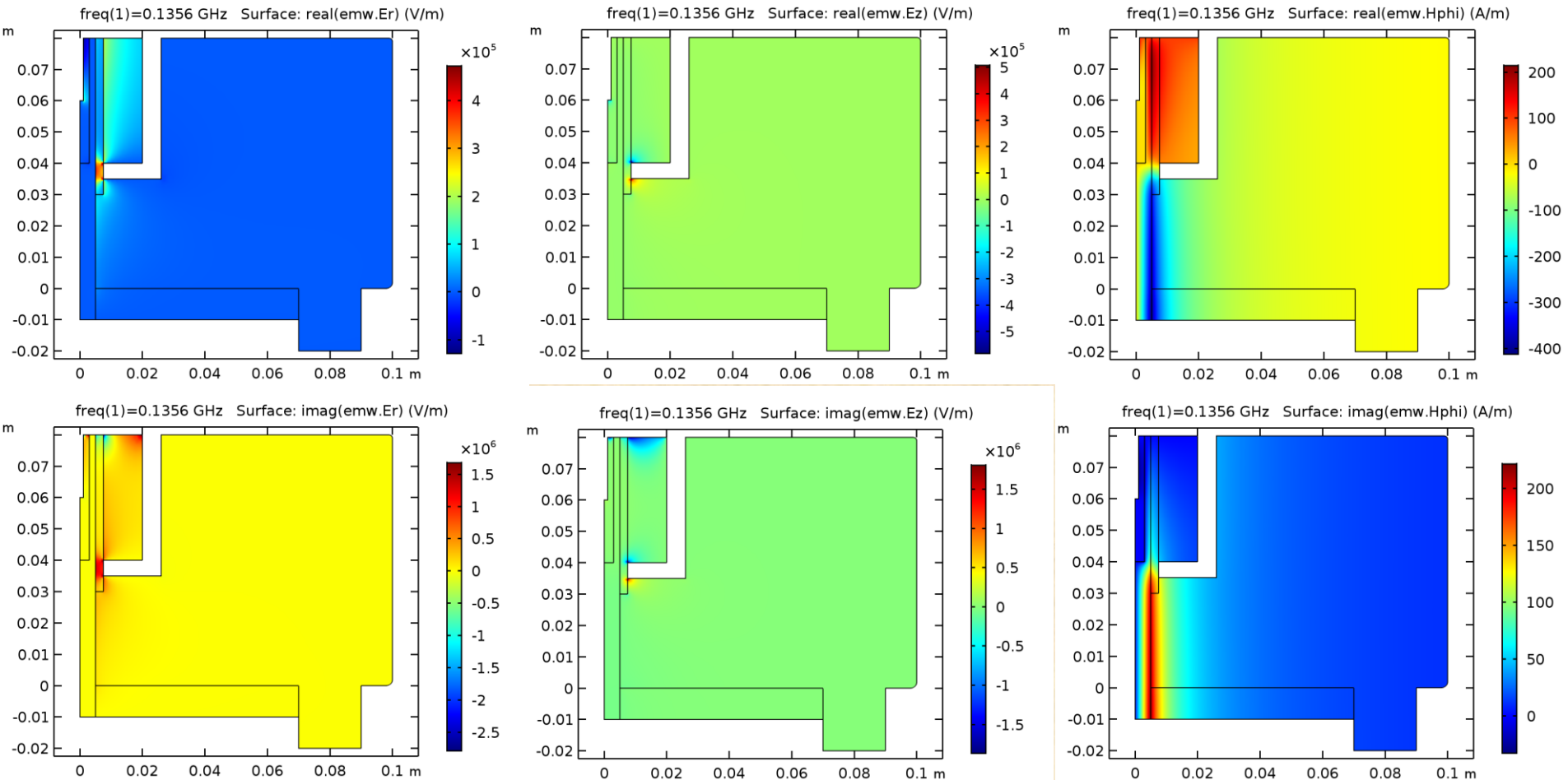
Амплитуда скорости

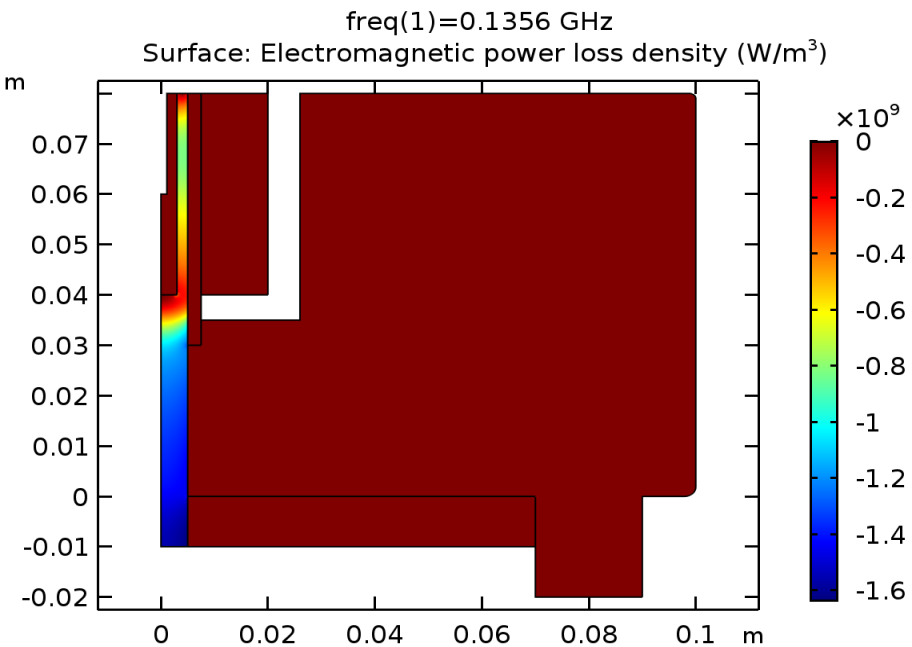


Контур избыточного давления



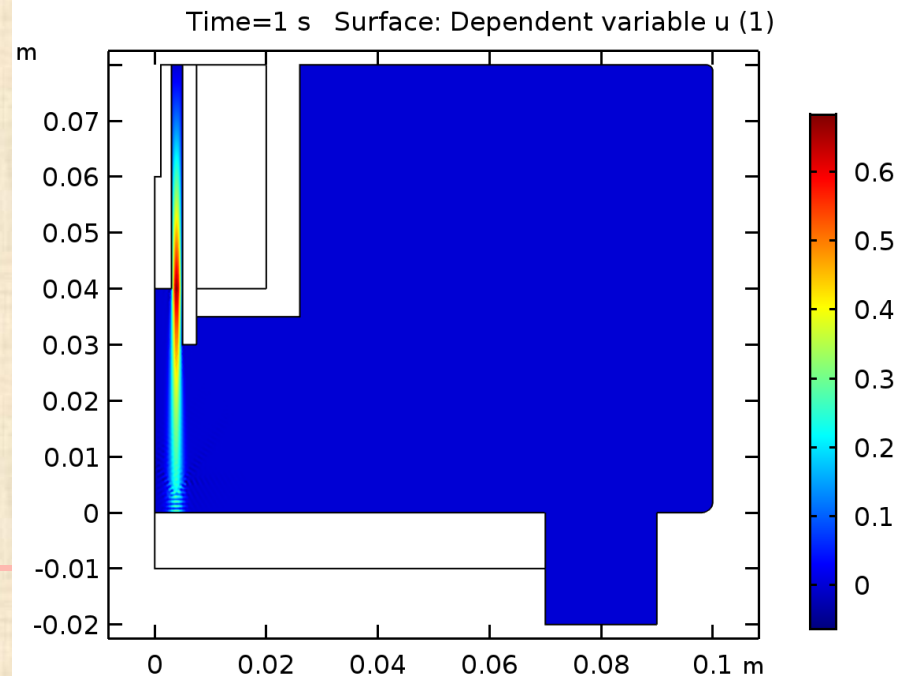
Пример пространственного распределения электромагнитного поля в разряде (в относительных единицах).





Пример распределения вложения энергии электромагнитным полем в разряд.

Пример расчета распределения плотности плазмы в относительных единицах.



Выводы

- Микроплазма, создаваемая при атмосферном давлении является очень интересным объектом как с точки зрения своих физических свойств, так и с точки зрения физических приложений.
- В зависимости от вкладываемой мощности плазма может быть как изотермической, так и неравновесной.
- Для технологического применения может быть использована как импульсная, так и непрерывно создаваемая плазма.
- Существует режим плазмы, когда при периодическом питании наблюдается режим плазменных шаров (плазменных пульс), генерируемых в определенные фазы поля. Практически эти шары представляют собой генерируемые в разряде волны ионизации различной природы.
- Наиболее выгодным с точки зрения управления параметрами плазмы может быть ее поддержание с помощью двух источников, одного создающего плазму в потоке, и второго, ускоряющую плазму по направлению к подложке.
- Неравновесная плазма, создаваемая высокочастотным полем, может быть описана с помощью уравнений баланса энергии электронов, уравнения амбиполярной диффузии и уравнений Максвелла. Для описания течения плазмы используются уравнения Навье-Стокса.
- Проведен предварительный расчет параметров плазмы, генерируемой в потоке инертного газа.

Спасибо за внимание
