

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ПУЧКОВОЙ ПЛАЗМЫ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ

В.А. Мясников¹, Т.В. Аунг¹, Р. Картайя Лонес²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Университет Симона Боливара

Введение

Работа посвящена изучению оптического излучения электронно-пучковой плазмы (ЭПП), локализованной внутри цилиндрического контейнера, и изучению температурного профиля стенки контейнера. Полученные данные играют важную роль при выборе параметров пучково-плазменной обработки изделий [1]. Рассматривалась ЭПП, генерируемая внутри кварцевого и стального цилиндрического контейнера. Эксперименты проводились в различных плазмообразующих газах.

Постановка эксперимента

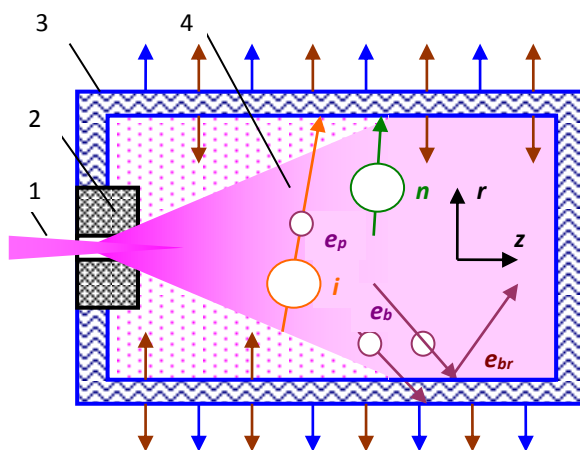


Рис.1. Генерация ЭПП внутри замкнутого объема

Тонкий непрерывный электронный пучок (ЭП) (1) с помощью выводного окна (2) инжектируется в заполненный плазмообразующим газом цилиндрический контейнер (3) вдоль его оси, z , (рис.1). При распространении в газе пучок первичных электронов (e_p) рассеивается в упругих и неупругих столкновениях; при этом формируется облако ЭПП (4), которое контактирует со стенками контейнера. В генерации плазмы

участвуют также электроны, отраженные от стенок (e_{br}), а поглощение электронов материалом контейнера приводит к нагреву последнего. При достаточно продолжительной инжекции ЭП в контейнере устанавливается стационарный тепловой режим, который характеризуется некоторыми продольными температурами газа ($T_g(z)$) и цилиндрической стенки контейнера ($T_w(z)$). Профили и абсолютные значения этих температур определяются балансом мощности инжектируемого пучка и теплоотвода от контейнера в окружающую его среду. Теплообмен между стенкой контейнера и заполняющей его плазмой, а также тепловые потоки вдоль стенки контейнера, обусловленные теплопроводностью материала, тоже влияют на $T_g(z)$ и $T_w(z)$. [2]

Температурные измерения проводились неконтактным способом с помощью пирометра Optris LS. Излучение ЭПП фиксировалось оптическим спектрометром видимого диапазона AvaSpec-2048-2 и фотодиодом.

Если контейнер изготовлен из материалов, люминесцирующих под действием потока электронов (например, кварца), то наблюдается свечение стенки контейнера.

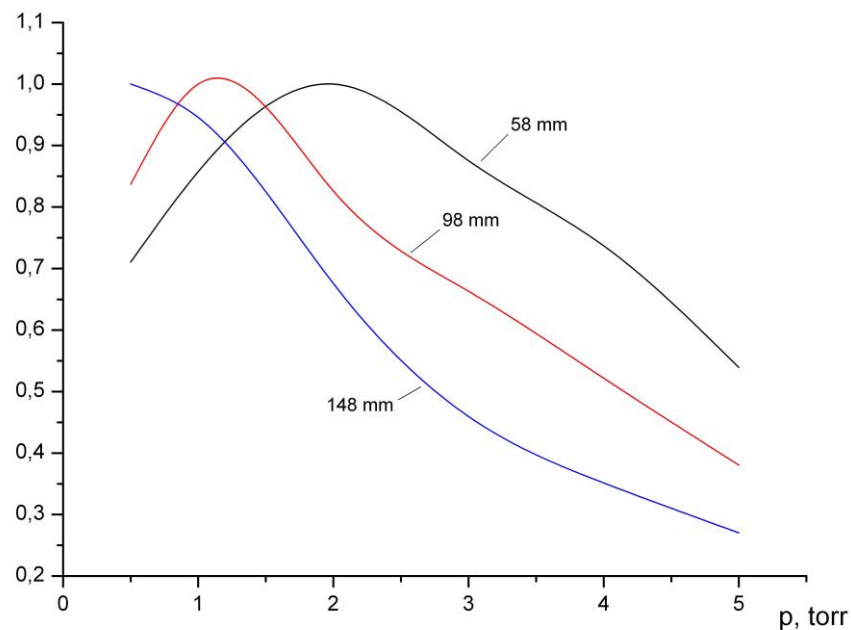


Рис. 2. Зависимость интенсивности свечения ЭПП от давления на различных расстояниях от выводного окна.

Результаты

Проведенные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

- Распределение интенсивности свечения ЭПП вдоль контейнера, также как и температурный профиль стенки контейнера, имеет максимум.
- Положение максимума зависит от давления (рис. 2), состава плазмообразующей среды и тока пучка
- Максимум температуры и максимум интенсивности свечения не обязательно должны совпадать

Свечение объема ЭПП в конкретном сечении пропорционально мощности электронного пучка, поглощенной газом в этом сечении. По мере удаления от выводного устройства электронный пучок ослабевает и, соответственно, ослабевает свечение ЭПП.

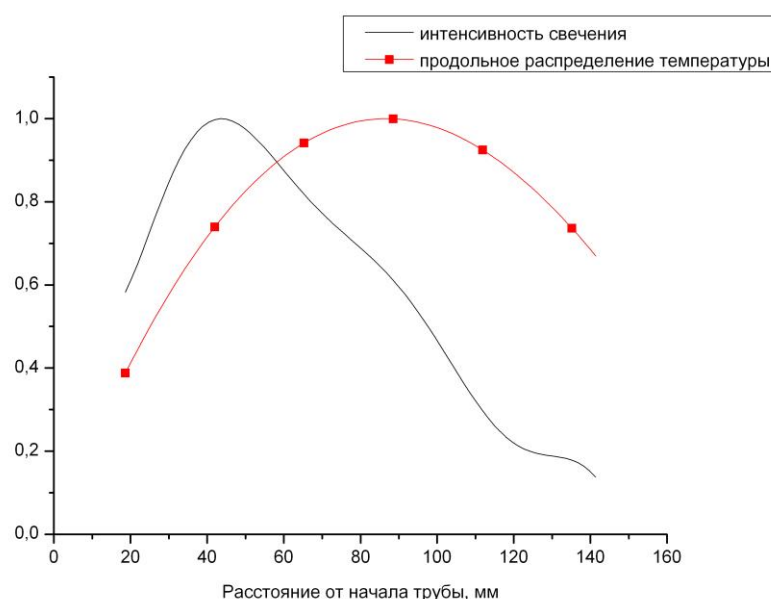


Рис. 3. Температурный профиль стенки контейнера и интенсивность свечения ЭПП

Свечение люминофора и температура стенки контейнера пропорциональны мощности ЭП, поглощенного стенкой. Несмотря на стократное превышение мощности, поглощенной стенкой трубы, над мощностью поглощенной в газе, лишь малая его часть расходуется на люминесценцию. Как следствие максимум

суммарного свечения может быть смещен ближе к выводному устройству, что подтверждают результаты эксперимента, представленные на рисунке 3.

Литература

1. Васильев М.Н. Физические основы применения электронно-пучковой плазмы. Учебное пособие. – М.: МФТИ, 2001, 64 с.
2. Бычков В.Л., Васильев М.Н., Коротеев А.С. Электронно-пучковая плазма. Генерация, свойства, применение. – М.: Изд. МГОУ А/О Росвузнаука, 1993, с. 167