

ДИНАМИКА ИМПУЛЬСНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ГАЗОМ ПРОТЯЖЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБКИ

*А. Н. Григорьев¹, А. В. Аржанников², Д. А. Самцов², С. Л. Сеницкий², Д. А. Старостенко²,
М. А. Макаров², Н. А. Лубенченко¹, Р. В. Протас¹*

¹ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е. И. Забабахина», Снежинск, Россия

²Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Электромагнитное излучение терагерцового (ТГц) диапазона частот (0,1–10 ТГц) активно применяется при решении широкого круга задач в научно-инженерной области и различных сферах практического применения. В качестве примеров его использования можно отметить следующие: нагрев плазмы при термоядерных исследованиях, обнаружение и визуализация скрытых объектов, исследование спектральных характеристик материалов и воздействие на них в соответствующей частотной области спектра, регистрация быстропротекающих процессов. С позиции возможности генерации потоков ТГц излучения и регистрации спектральных характеристик объектов в указанном диапазоне частот, наименее освоенным спектральным интервалом в настоящее время остается интервал частот 0,3–1 ТГц. Один из подходов к решению проблемы генерации мощных потоков излучения в этом интервале частот заключается в использовании эмиссии из плазмы электромагнитных волн, получаемых в результате трансформации электронной плазменной волны, которая накачивается высоко-точным релятивистским электронным пучком (РЭП). Экспериментальные исследования на установке ГОЛ-ПЭТ показали, что спектральный состав потока, генерируемого в замагниченном плазменном столбе, охватывает диапазон частот 0,1–0,5 ТГц, а максимум спектральной плотности мощности локализован вблизи верхне-гибридной частоты 0,15–0,25 ТГц [1]. Длительность импульса составляет до 4 мкс, полная энергия в импульсе до 10 Дж [2]. Поток излучения, выведенный из вакуума в атмосферу, имеет угловую расходимость менее 10° и распространяется на расстояние в несколько метров [3]. Указанный частотный интервал в потоке излучения, генерируемом на установке ГОЛ-ПЭТ обеспечивается инжекцией РЭП с плотностью тока 1–2 кА/см² в плазменный столб с концентрацией электронов $(5–7) \cdot 10^{14}$ см⁻³ (см. [1, 2]). Создание этого плазменного столба с отмеченной величиной концентрации электронов осуществлялось импульсным высоковольтным разрядом на основе опыта, накопленного в течение многолетних экспериментальных исследований [4, 5].

В данной работе решается задача о быстром импульсном заполнении нейтральным газом вакуумной полости внутри длинной цилиндрической трубки. Компьютерные расчеты осуществлены с использованием пакета FlowVision в рамках Модели Навье-Стокса. Сформулированы требования к системе импульсного заполнения газом такой трубки. Кратко описана процедура расчетов процесса заполнения, и по результатам расчетов приведена картина пространственно-временной динамики потоков водорода, инжектируемых встречно с торцов трубки для ее заполнения. Приведены результаты измерений распространения потоков водорода по длинной трубке, которая используется для создания плазменного шнура высоковольтным разрядом на установке ГОЛ-ПЭТ.

Литература

1. **Аржанников, А. В.**, Сеницкий С. Л., Самцов Д. А. и др. // Физика плазмы. – 2024. – Т. 50, № 3. – С. 293–305., DOI: 10.31857/S0367292124030042.
2. **Arzhannikov, A. V.**, Sinitsky S. L., Popov S. S., et al. // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2022. – Vol. 50, No. 8. – P. 2348–2363. DOI: 10.1109/TPS.2022.3183629.
3. **Samtsov, D. A.**, Arzhannikov A. V., Sinitsky S. L., et al. // IEEE Transactions on Plasma Science. – 2021. – Vol. 49, No. 11. – P. 3371–3376. DOI: 10.1109/TPS.2021.3108880.
4. **Аржанников, А. В.**, Бурдаков А. В., Дейчули П. П. и др. // Физика плазмы. – 1978. – Т. 4. – Вып. 5. – С. 1133.
5. **Arzhannikov, A. V.**, Ivanov I. A., Kalinin P. V., et al. // Journal of Physics: Conf. Ser. IOP Publishing. – 2020. – Т. 1647, No. 1. – С. 012011. doi:10.1088/1742-6596/1647/1/012011.