

НАГРЕВ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗРЯДНОГО ПРОМЕЖУТКА ВАКУУМНОЙ НЕЙТРОННОЙ ТРУБКИ ПОРТАТИВНОГО НЕЙТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Проанализированы возникновение и динамика обратных электронных потоков в разрядном промежутке вакуумной нейтронной трубки, приводящих к интенсивному нагреву элементов разрядного узла вплоть до их плавления. Рассмотрены различные конфигурации разрядного промежутка, значительно уменьшающие интенсивность его нагрева, а также способы подавления обратных электронных потоков.

D.S. STEPANOV, A.P. SKRIPNIK, E.Y. SHKOLNIKOV
 National Research Nuclear University «MEPhI» (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

HEATING OF THE DISCHARGE GAP ELEMENTS OF A VACUUM NEUTRON TUBE OF A PORTABLE NEUTRON GENERATOR

The occurrence and dynamics of reverse electron flows in the discharge gap of a vacuum neutron tube, leading to intense heating of the elements of the discharge unit up to their melting, have been analyzed. Various configurations of the discharge gap are considered, which significantly reduce the intensity of its heating, as well as methods for suppressing reverse electron flows.

Проведенные исследования, а также эксплуатация вакуумных нейтронных трубок (ВНТ) в различных технологиях показали, что основной причиной интенсивного нагрева элементов разрядного узла ВНТ является воздействие обратных потоков электронов. Генерация этих потоков происходит благодаря вторичной ионно-электронной эмиссии из мишени и антидинаatronной сетки, и ионизации рабочего газа. Моделирование этих процессов произведено для рабочего режима ВНТ (10^8 н/имп, 10 А) с использованием кода KARAT и пакета CST Mphysics для исследования термодинамических процессов. Преодоление электростатического барьера антидинаatronной сетки происходит благодаря пространственному заряду дейтериевого потока из разрядного узла. При этом отсутствие остаточного газа приводит к практической невозможности нагрева элементов разрядного узла до значительных температур за времена порядка десятков минут. Добавление в модель конечной концентрации рабочего газа показало, что вторичные ионы от ионизации рабочего газа замещают собой ионы из плазмы в их общем потоке на мишень (ограниченном пространственным зарядом), чем снижают результирующий нейтронный выход. Увеличение давления остаточного газа в объеме ВНТ приводит к росту концентрации ионов, что влечет за собой усиление проникновения вторичных электронов из мишени за антидинаatronную сетку. Таким образом, существенный вклад в тепловую нагрузку на источнике плазмы вносят электроны из мишени, однако эту возможность они получают благодаря ионизации остаточного газа. При этом, электроны, образующиеся от ионизации остаточного газа начинают вносить заметный вклад в нагрев начиная с давления в 50 мТорр.

Анализ различных конфигураций ускоряющего промежутка – антидинаatronной сетки продемонстрировал следующие распределения тока обратных электронов на электродах ВНТ, представленные в таблице 1.

Таблица 2. Влияние различных конфигураций антидинаatronной сетки на электронные токи на электродах ВНТ (50 мТорр).

	Плоская сетка		Выгнутая сетка		Малый шар		Большой шар		Центральная шпилька	
	Мишень	Газ	Мишень	Газ	Мишень	Газ	Мишень	Газ	Мишень	Газ
Катод	1.1 А	0.4 А	1.8 А	0.7 А	1.1 А	0.3 А	0.9 А	0.2 А	0.5 А	0.3 А
Шпилька	1.0 А	0.5 А	0.2 А	0.3 А	1.3 А	0.6 А	0.7 А	0.2 А	0.6 А	0.4 А
Подж. эл.	3.2 А	1.3 А	1.3 А	0.9 А	3.3 А	1.3 А	1.9 А	0.7 А	2.3 А	0.8 А
Сумма	5.3 А	2.2 А	3.3 А	1.9 А	5.7 А	2.2 А	3.5 А	1.1 А	3.4 А	1.5 А
	7.5 А		5.2 А		7.9 А		4.6 А		4.9 А	

Добавление к антидинаatronной сетке соответствующим образом ориентированного магнитного поля с индукцией ~ 500 Гс, позволит значительно сократить нагрев электродов ВНТ, вплоть до величин 100 °С за 10 минут.

Список литературы

1. Тараканов В.П. Теоретический и численный анализ нелинейных задач физики плазмы посредством кода KARAT: дис. д-ра физ. мат. наук. ОИВТ РАН и ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, 2011.