

Исследование разрядов в газах высокого и низкого давления и разработка на этой основе новых электрофизических устройств (координаторы акад. Б. М. Ковальчук, член-корр. РАН В. Г. Шпак; ИСЭ, ИЭФ УрО РАН)

Показана возможность резкого сокращения времени задержки взрывной эмиссии электронов и пикосекундной стабилизации фронта тока электронного пучка при наращивании крутизны фронта импульса напряжения, подаваемого на вакуумный магнитно-изолированный диод с цилиндрическим кромочным катодом.

Исследования проводились в ИСЭ на стенде «Ника-2» на основе ускорителя СИНУС-200, а также в ИЭФ УрО РАН на экспериментальном стенде S-500 – источнике высоковольтных импульсов с твердотельной коммутацией и повышенной стабильностью. При подготовке к экспериментам стенды адаптированы для раздельного обострения фронта напряжения в каналах и задержки с пикосекундным уровнем контроля на основе нелинейных линий, частично заполненных ферритом во внешнем магнитном поле. При амплитуде импульсов до 300 кВ получены скорости роста напряжения до $1,3 \cdot 10^{15}$ В/с.

Эффект стабилизации фронта тока проявляется, если скорость нарастания напряжения в вакуумном диоде составляет более 1 МВ/нс. Характер нарастания тока и его стабильность зависят от толщины кромки графитового катода и величины внешнего магнитного поля. Ток начинается с задержкой от напряжения до моментов времени, когда происходит зарядка емкости диода и уровень напряжения поднимается до величин порядка 50–100 кВ, создавая макроскопическую напряженность электрического поля на кромке катода 1–2 МВ/см. Темп роста тока на начальной стадии наибольший, но его амплитуда мала и составляет 10–20 % от максимального значения в моменты времени, когда амплитуда напряжения достигает поло-

вину амплитудного значения (рис. 9). Картину процесса, по-видимому, можно объяснить невыполнением известного приближения о неограниченной эмиссии электронов на малых временах, которые не достаточны для расширения плазмы и экранирования всей поверхности кромки катода. Полученная в упрощенной модели, учитывающей ненулевое среднее поле на кромке катода, динамика тока (см. рис. 9, слева) в целом согласуется с измерениями на стенде «Ника-2» (см. рис. 9, справа). Тем не менее, несмотря на задержку фронта тока, соизмеримую с длительностью фронта напряжения (около 300 пс), имеет место высокая степень повторяемости формы тока от импульса к импульсу. Роль внешнего магнитного поля в динамике тока (см. рис. 9, справа), по-видимому, объясняется различным характером экранирования кромки катода, а также наложением на полную картину эффекта кинематического обострения начальной части фронта пучка электронов (на участке от катода до плоскости регистрации тока шунтом).

Питание электронных инжекторов двух сверхизлучательных релятивистских ламп обратной волны диапазона 8 мм без электродинамической связи стабильным расщепленным импульсом позволило обеспечить синхронизацию фаз излучения таких автогенераторов с точностью 2 % от периода СВЧ-колебаний, составляющего 27 пс, т. е. примерно 0,5 пс. В этих условиях продемонстрировано когерентное суммирование волновых пучков с мощностью СВЧ по 700 МВт в каждом канале. Суммарная плотность потока мощности волновых пучков в свободном пространстве была эквивалентна одному генератору с мощностью 3 ГВт.

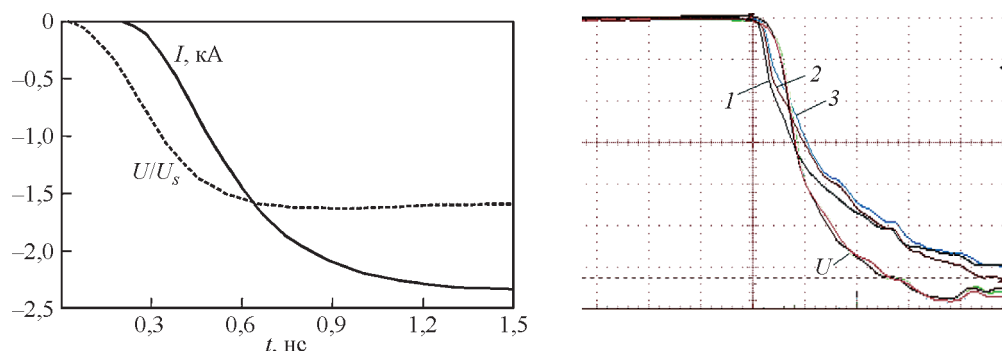


Рис. 9. Динамика тока в модели (слева) и эксперименте (справа) (по горизонтали 1,25 нс/дел.; магнитное поле в диоде, Тл: 1 – 0,4, 2 – 0,9, 3 – 1,8).