

6. Сидельников А.И. «Сравнительная характеристика материалов группы титана, используемых в производстве современных дентальных имплантатов». М., ж. Инфо-Дент, №5, 2000, стр. 10-12.

7. ГОСТ 19807-91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки. Дата введения 01.07.1992.

8. Цирконий йодидный. ТУ 95.46-97.

9. Федеральный портал PROTOWN.RU. Применение циркония и его соединений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://protown.ru/information/hidden/5624.html> - 1.03.2014.

10. Патент РФ №2271913, опубликовано БИ № 8, 20.03.2006 г.

СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ ДВОЙНОЙ ФОРМИРУЮЩЕЙ ЛИНИИ В ИОННОМ УСКОРИТЕЛЕ ТЕМП-4М

Пак В.Г., Хайлов И.П.

Томский политехнический университет, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина 30,

E-mail: nitro-guy@mail.ru

Исследования проведены на ускорителе ТЕМП-4М при его работе в одноимпульсном режиме (150 нс, 250 -300 кВ) и двухимпульсном режиме - первый отрицательный (300 - 600 нс, 100 - 150 кВ) и второй положительный (120 нс, 250 - 300 кВ). Выполнен анализ работы двойной формирующей линии на резистивную нагрузку и ионный диод с магнитной самоизоляцией. Характерной особенностью ее работы в двухимпульсном режиме является высокая стабильность напряжения пробоя предразрядника. В тоже время, при работе в одноимпульсном и двухимпульсном режимах, на резистивную нагрузку и диод, стандартная девиация напряжения пробоя основного разрядника в 3-4 раза выше. Использование управляемого режима позволило снизить напряжение зарядки формирующей линии до величины, составляющей 0.9-0.95 от напряжения самопробоя основного разрядника, а энергию в первичном емкостном накопителе с 4 до 2.5 кДж при той же запасаемой в ней энергии.

Введение

Большинство генераторов импульсных электронных и ионных пучков гигаваттной мощности используют двойную формирующую линию (ДФЛ). Такой генератор формирует импульс напряжения с крутизной переднего фронта $(1-2) \cdot 10^{13}$ В/с [1]. Это обеспечивает быстрое образование взрывоэмиссионной плазмы на всей рабочей поверхности катода. В таких условиях характеристики диода определяются только процессами в анод-катодном зазоре и не зависят от эмиссионной способности потенциального электрода. Это обеспечивает более высокую стабильность выходных параметров генератора и большой ресурс работы [2].

Основным элементом, определяющим стабильность амплитуды импульса, формируемого ДФЛ, являются газовые разрядники. При коммутируемой энергии менее 10 Дж газовый разрядник в неуправляемом режиме обеспечивает разброс напряжения пробоя в серии импульсов менее 3% [3]. С ростом тока коммутации нестабильность его работы резко увеличивается.

Цель выполненных исследований – анализ стабильности работы ДФЛ при энергозапасе более 1 кДж, разработка способов повышения стабильности амплитуды и длительности импульсов напряжения в серии импульсов.

Экспериментальный стенд

Исследования были проведены на ускорителе ТЕМП-4М при его работе в одно- и двухимпульсном режимах. Ускоритель ТЕМП-4М состоит из емкостного накопителя - генератора импульсных напряжений (ГИН), ДФЛ и диода с магнитной самоизоляцией. Ускоритель. Блок-схема ДФЛ ускорителя ТЕМП-4М показана на Рис. 1.

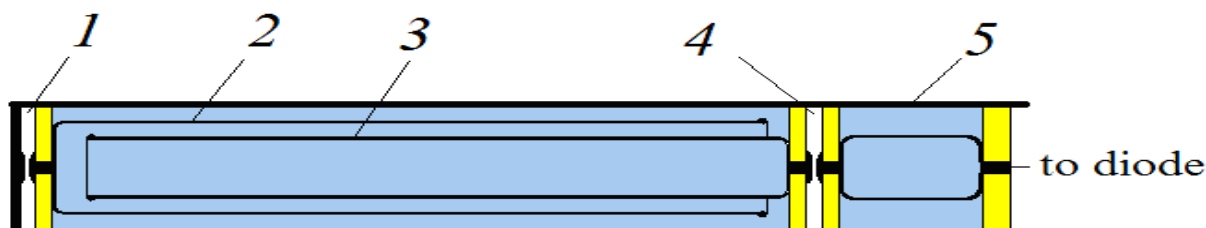


Рис. 1. Конструкция ДФЛ ускорителя ТЕМП-4М: 1 - основной разрядник, 2 - средний электрод, 3 – внутренний электрод, 4 – предразрядник, 5 – переходная камера

Экспериментальные результаты

Исследования стабильности работы ДФЛ выполнены при ее работе в одноимпульсном и двухимпульсном режиме, при использовании в качестве нагрузки резистора или ионного диода. Выборка для каждой серии составляла 50 импульсов с интервалом 10 секунд.

Режим самопробоя разрядников

На первом этапе исследований мы провели анализ стабильности работы ДФЛ на резистивную нагрузку 4.8 Ом. В таблице 1 приведены результаты статистической обработки результатов измерений.

Таблица 1. Стабильность работы ДФЛ на согласованную нагрузку

Параметр	Среднее значение и <i>sd</i>			
	Одноимпульсный режим		Двухимпульсный режим	
	Серия 1	Серия 2	Серия 1	Серия 2
Напряжение пробоя основного разрядника, кВ	289 ± 8%	292 ± 9%	302 ± 6%	315 ± 4%
Напряжение пробоя предразрядника, кВ	-	-	211 ± 2%	213 ± 2%
Ток в нагрузке ДФЛ, кА	42 ± 6%	42 ± 7%	47 ± 7%	46 ± 5%
Длительность первого импульса, нс	90	90	472 ± 10%	473 ± 8%

Характерной особенностью работы ДФЛ в двухимпульсном режиме является высокая стабильность напряжения пробоя предразрядника, стандартная девиация не превышает 2%. В тоже время, при работе в одноимпульсном и двухимпульсном режимах стандартная девиация напряжения пробоя основного разрядника значительно выше. Конструкция электродов основного разрядника и предразрядника, величина разрядного промежутка отличаются незначительно, рабочий газ один и тот же - азот. Более стабильная работа предразрядника может быть вызвана ограничением скорости роста тока в цепи его коммутации сопротивлением диода (или резистивной нагрузкой). Основной разрядник работает в режиме короткого замыкания (см. Рис. 1.).

Высокая стабильность работы предразрядника при значительном разбросе напряжения пробоя основного разрядника в серии импульсов сохраняется и при работе ДФЛ в двухимпульсном режиме на ионный диод. На Рис. 22 приведены данные исследования стабильности напряжения пробоя разрядников.

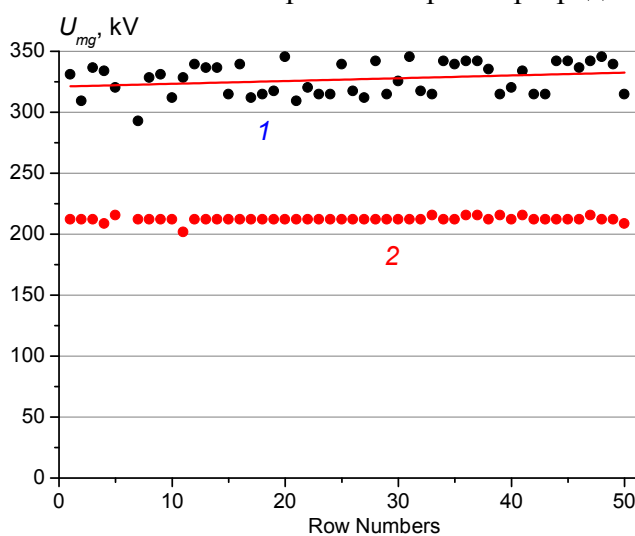


Рис. 2. Изменение напряжения пробоя основного (1) и предварительного (2) разрядников в серии импульсов

Выполненные исследования показали, что при искровом пробое основного разрядника формируются капли расплавленного металла, которые оседают на поверхности электрода. Формируемые при этом микроострия снижают электрическую прочность разрядного промежутка и вызывают разброс напряжения пробоя в серии импульсов

В. Управляемый режим основного разрядника

Выполненные исследования показали, что напряжение пробоя предразрядника (в двухимпульсном режиме) в серии импульсов меняется незначительно, поэтому первый импульс, поступающий в нагрузку ДФЛ, можно использовать для запуска основного разрядника. С этой целью напряжение с выхода ДФЛ через коаксиальный кабель РК 50-15 подавали на запускающий электрод, установленный в заземленном электроде основного разрядника. На Рис. 3 приведена схема запуска основного разрядника.

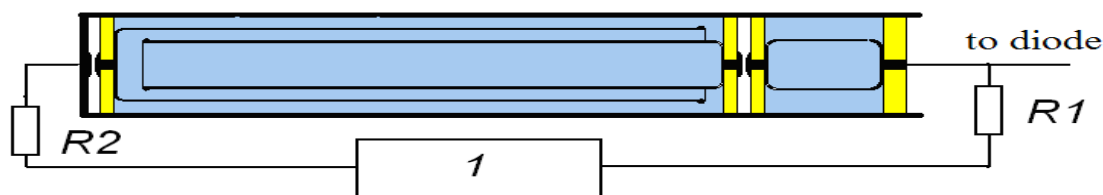


Рис. 3. Схема формирования импульса запуска основного разрядника: $R1$ и $R2$ – сопротивление делителя напряжения и ограничивающее сопротивление соответственно, 1 – кабельная линия задержки

Делитель напряжения, образованный сопротивлением $R1$ и волновым сопротивлением коаксиального кабеля (50 Ом) обеспечивал снижение амплитуды импульса запуска тригatronа до 60-70 кВ. Управляющий электрод тригatronа диаметром 3 мм расположен в центре заземленного электрода основного разрядника. При величине основного промежутка 10 мм зазор между управляющим электродом и корпусом заземленного электрода составлял 2 мм. Управляющий электрод был заглублен внутрь основного электрода на 0.3-0.5 мм. Величину заглубления регулировали в процессе настройки основного разрядника.

Требуемую задержку времени пробоя основного разрядника задавали изменением длины коаксиального кабеля. Выполненные исследования показали высокую стабильность напряжения пробоя основного разрядника (в управляемом режиме) и длительности первого импульса в серии импульсов.

В таблице 2 приведены данные исследования стабильности работы ДФЛ в серии импульсов на резистивную нагрузку.

Таблица 2. Стабильность работы ДФЛ с тригatronом на согласованную нагрузку

Параметр	Среднее значение и <i>sd</i>		
	Серия 1	Серия 2	Серия 3
Напряжение пробоя основного разрядника, кВ	$303 \pm 1.2\%$	$318 \pm 0.9\%$	$322 \pm 1.2\%$
Напряжение пробоя предразрядника, кВ	$214 \pm 1.5\%$	$259 \pm 1.3\%$	$259 \pm 1.3\%$
Ток в нагрузке ДФЛ, кА	$47 \pm 1.1\%$	$50 \pm 0.8\%$	$50 \pm 1.2\%$
Длительность первого импульса, нс	$522 \pm 1.2\%$	$521 \pm 1.3\%$	$520 \pm 1.5\%$

Заключение

Конечная цель исследований по повышению стабильности работы двойной формирующей линии – разработка технологического генератора МИП, обладающего высокой стабильностью выходных параметров. Управляемый режим работы основного разрядника обеспечивает высокую стабильность напряжения пробоя и длительности первого импульса в серии импульсов. Стандартная девиация напряжения пробоя разрядников и длительности первого импульса снизилась с 5-9% до 2% в серии 50 импульсов.

Выполненные исследования показали, что при запуске основного разрядника импульсами отрицательной полярности реализуется медленный (искровой) режим работы. Время задержки пробоя основного промежутка тригatronа составляет 25 - 30 нс при нестабильности 10-15 нс. Изменение полярности запускающего импульса

позволит реализовать быстрый режим работы основного разрядника тригatronного типа и дополнительно повысить стабильность его напряжения пробоя.

Исследования выполнены при поддержке гранта: РФФИ 14-08-00449 А «Исследование расходимости мощного ионного пучка в диодах с магнитной самоизоляцией» 2014-2015 гг.

Список литературы:

1. G.A. Mesyats and D.I. Proskurovsky. Pulsed Electrical Discharge in Vacuum. Springer-Verlag, New York. 1989.

2. Пушкарев А.И., Исакова Ю.И., Сазонов Р.В., Холодная Г.Е. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом. - М: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 240 с.

3. Ковальчук Б.М., Кремнев В.В., Поталицын Ю.Ф. Сильноточные наносекундные коммутаторы.— Новосибирск: Наука, 1979. 175 с.

БАЛАНС ЭНЕРГИИ НА ПОДЛОЖКЕ ПРИ ОСАЖДЕНИИ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

*А.В. Симонова, магистрант гр. 0ДМ21, Г.А. Блейхер, д.ф.-м.н., доц.
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30,
E-mail: ainakim297@yandex.ru*

В настоящее время разработаны эффективные технологии модифицирования свойств материалов, основанные на использовании мощных импульсных ионных пучков (МИИП). В частности, их способность интенсивно удалять вещество с облучаемой поверхности твёрдого тела вызывает большой интерес. Это явление используется для осаждения функциональных модифицирующих покрытий на поверхность материалов и изделий [1].

Структура осаждаемых покрытий и эксплуатационные свойства модифицируемых материалов во многом определяются эволюцией тепловых процессов в подложке в процессе осаждения покрытия на неё. Для понимания закономерностей этих процессов важно иметь ясное представление о балансе энергии на поверхности подложки в зависимости от параметров пучков. Здесь вопрос об оптимальных параметрах МИИП является ключевым [2, 3].

Цель работы, результаты которой представляются в настоящей статье, состояла в получении данных о закономерностях изменения баланса энергии в подложке при осаждении на её поверхность эрозионного материала, создаваемого воздействием МИИП на твердотельную мишень. Для решения поставленных задач было задействовано математическое моделирование, которое является эффективным инструментом для получения данных об эволюции быстропотекающих процессов.