

УДК

Использование керамического покрытия для мощных СВЧ нагрузок.

С.Л. Самойлов, Д.И. Чекменёв.

Институт Ядерной Физики им. Г.И. Будкера СО РАН

Аннотация: в данной работе представлена конструкция мощной, широкополосной, вакуумной, волноводной СВЧ нагрузки с керамическим покрытием. Обоснован выбор толщины керамического покрытия. Измерены уровень согласования и максимальная рассеиваемая импульсная СВЧ мощность нагрузкой.

Ключевые слова: керамика, СВЧ, нагрузка, мощность, вакуум

Введение

Использование мощных СВЧ нагрузок неизменное требование для линейных ускорителей, собранных из ускорительных структур на основе диафрагмированного волновода. Ранее такие структуры в комплекте СВЧ нагрузками создавались в Институте Ядерной Физики им. Г.И. Будкера СО РАН для инжекционного комплекса ВЭПП-5, для проекта ИРЭН ОИЯИ [1] и центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» (ЦПК «СКИФ») [2]. На Рис.1 представлен внешний вид СВЧ нагрузки.

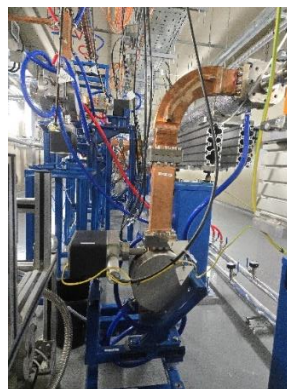


Рис.1 Внешний вид СВЧ нагрузки на ЛУ ВЭПП-5 и СКИФ.

Мотивация.

На Рис.2 предсавлена конструкция вакуумной охлаждаемой нагрузки с основными компонентами. СВЧ мощность поглощается в элементах диафрагмированного волновода, выполненных из дисков нержавеющей стали марки 20Х13 (обладает максимальными потерями на частоте 3 ГГц). Диски сварены по внешнему размеру и охлаждаются водой. Данный материал очень плохо сваривается, что приводило к вакуумным авариям. Так же изготовление, настройка и узкополосность (КСВн по уровню 1.2 не более 4 МГц) послужило мотивацией перейти к другой менее затратной и более широкополосной нагрузке.

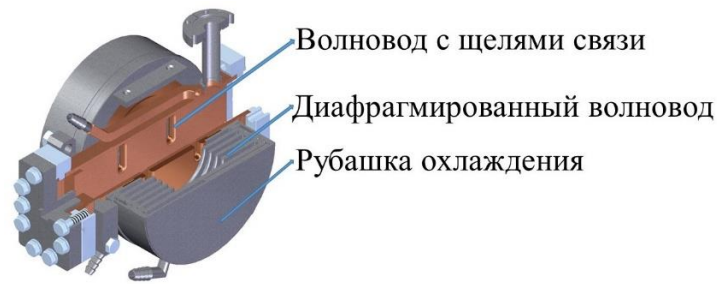


Рис.2 Конструкция вакуумной охлаждаемой нагрузки.

Описание конструкции.

На Рис.3 представлена конструкция мощной, широкополосной, вакуумной, волноводной нагрузки с керамическим покрытием по широкой стенке. За основу был взят волновод 72x34мм с толщиной стенки 5мм из бескислородной меди. Далее он был разрезан на две половинки по широкой стенке. На внутреннюю поверхность методом плазменного напыления был нанесён слой керамики. Работы по нанесению были произведены на предприятии ООО “БОЛИД” г. Новосибирск. Основными компонентами керамики являются карбонильное железо, никель и корунд. Затем две половинки были сварены и к торцам волновода припаяны вакуумные фланцы.

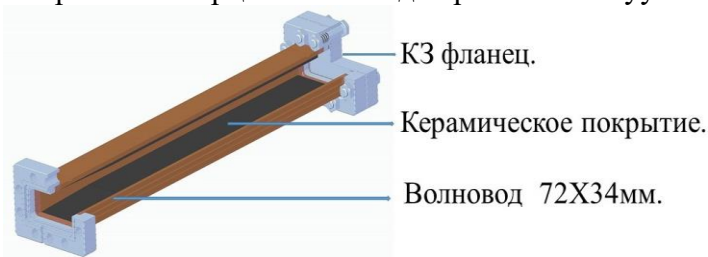


Рис.3 Конструкция мощной, широкополосной, вакуумной, волноводной нагрузки с керамическим покрытием по широкой стенке.

Прежде чем изготовить конечный вариант нагрузки, были проведены работы по определению оптимальной высоты керамики. На половинчатые поверхности волновода нанесли керамику толщиной 5 мм и длиной 350 мм, а затем поэтапно снималось по 1 мм. (Рис. 4) Далее они собирались в виде волновода и к концам присоединялись КВП или КЗ в зависимости от измерений. На каждом этапе измерялся КСВн и потери по длине. Измерения велись на частоте 2856МГц. Результаты представлены в таблице 1.

По результатам измерений оптимальное значение высоты напыления составляет 2 мм.



Рис.4. Половинчатые элементы волновода с керамикой.

Таблица 1. Потери и КСВн в зависимости от высоты керамического покрытия

Высота покрытия мм.	На проход Дб.	КСВн на КЗ.
Без обработки, 5	13.5	1.23
4	13	1.23
3	12.4	1.29
2	12.2	1.3
1	5.6	1.73

При изготовлении сварной нагрузки (Рис.5), для улучшения согласования, на входе сделан плавный конусный переход длиной 45 мм от поверхности волновода до полной высоты керамики. Это позволило получить КСВн равный 1.13 на частоте 2856 МГц и не больше 1.2 в полосе 2400-4000 МГц при длине керамики 500 мм и толщине 2 мм. На Рис. 6 представлено КСВн в полосе и на рабочей частоте.



Рис.5 Сварная конструкция нагрузки.

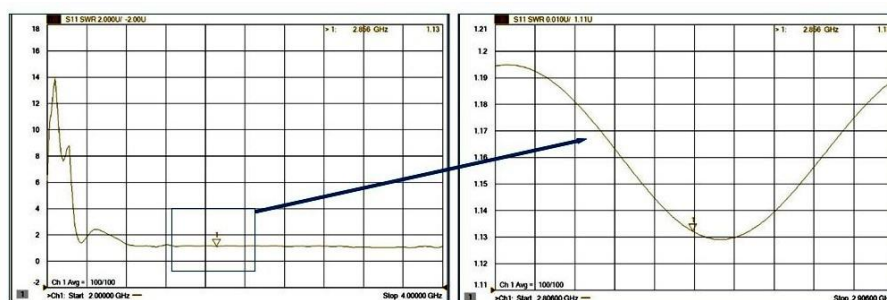


Рис 6. КСВн в широкой полосе от 2000 до 4000 МГц и на рабочей частоте 2856 МГц.

Испытание.

Измерения максимальной поглощаемой мощности проводилась на стенде ‘КЛЁН’ с клистроном KL-S-2 на частоте 2856 МГц и импульсной мощностью не менее 50 МВт [3].

Длительность СВЧ импульса составляла 2 μ s, частота повторения 3 Гц. После тренировки зафиксирована устойчивая работа без пробоев при входной мощности 50 МВт, при этом давление в нагрузке не хуже 2×10^{-8} торр.

Вывод.

Предложенная конструкция СВЧ нагрузки с керамическим покрытием полностью соответствует требованиям к линейным ускорителям. Обладает меньшей массой, более простой конструкцией, не требует постоянного контроля в процессе изготовления и трудоёмкой индивидуальной настройки. Все эти преимущества заметно снижают стоимость изделия.

Список литературы.

1. Avilov M. S. et al. Test of accelerating section for VEPP-5 pre-injector. – SIS-2000-379, 2000. – №. BUDKER. INP-2000-50.
2. G, Baranov, A. Bogomyakov, I. Morozov et al. “Lattice optimization of a four-generation synchrotron radiation light source in Novosibirsk” Phys. Rev. Accelerator and Beam 24, 2021
3. Levichev, A., Barnyakov, A., Samoylov, et al. Development and testing of a high-power S-band klystron at BINP SB RAS. Nuclear Science and Techniques, 2024, Vol. 35. No. 7, article No 117