

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА

С. П. БУГАЕВ, Д. И. ПРОСКУРОВСКИЙ, В. И. ЭШКЕНАЗИ

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института ядерной физики)

В настоящее время исследования механизма пробоя высокого вакуума проводятся во многих странах. Этот интерес к электрической прочности вакуума вызван тем, что изоляционные свойства последнего широко используются в физических исследованиях и в технике. В настоящее время имеется несколько теорий механизма пробоя вакуума. Основная масса экспериментов, подтверждающих ту или иную теорию вакуумного пробоя, выполнена для промежутков от 0,1 до 10 см на постоянном напряжении и импульсном напряжении при $\tau_{\text{имп}} > 1 \text{ мксек}$. Но процессы, инициирующие пробой вакуума в малых зазорах проходят за время около $i - 10 \text{ нсек}$ [1]. Поэтому исследование электрического пробоя вакуума высоковольтными импульсами наносекундной длительности должно пролить свет на механизм пробоя.

Вакуумная установка для таких исследований должна удовлетворять целому ряду требований. Одним из главных требований является использование для эвакуации газа средств безмасляной откачки, что исключает применение вращательных масляных насосов на форвакуумной ступени и паромасленных насосов на высоковакуумной стороне. Эта необходимость применения новейших безмасляных средств откачки вызвана тем, что пленки паров масла, которыми покрываются исследуемые электроды, могут существенно повлиять на механизм пробоя [2]. Предельный вакуум, достигаемый в рабочем объеме, должен быть лучше 1×10^{-9} тор. Это в свою очередь требует прогрева сверхвысоковакуумной части установки до 450° и выше, что делает необходимым изготовление ее из нержавеющей стали [3, 4].

Выполнение вышеперечисленных требований привело к следующей схеме вакуумной установки (рис. 1). Фотография установки показана на рис. 2.

Предварительный вакуум достигается с помощью цеолитовых насосов. Дальнейшая откачка производится с помощью ионно-сорбционных насосов. Цеолитовые насосы выполнены из трубы нержавеющей стали марки $1 \times 18\text{H9T}$ $\varnothing 50 \text{ мм}$ со стенкой 1 мм длиной 300 мм, сваренной арион-дуговой сварки с фланцем. Внутри трубы расположена никелевая сетка. Между никелевым сетчатым цилиндром и стенкой из нержавеющей стали засыпаются цеолитовые гранулы. При прогреве до 450° вентилями B_1 и B_2 цеолитовые насосы C_1 и C_2 отсекаются

друг от друга, и открытые пробки Π_1 и Π_2 дают возможность удаляться адсорбированным газам и парам воды. Для получения разрежения пробки Π_1 и Π_2 закрывают и цилиндр из нержавеющей стали охлаждают жидким азотом. Через 15 минут при открытых вентилях в системе получается давление 10^{-3} тор, которое измеряется лампой ЛТ-2.

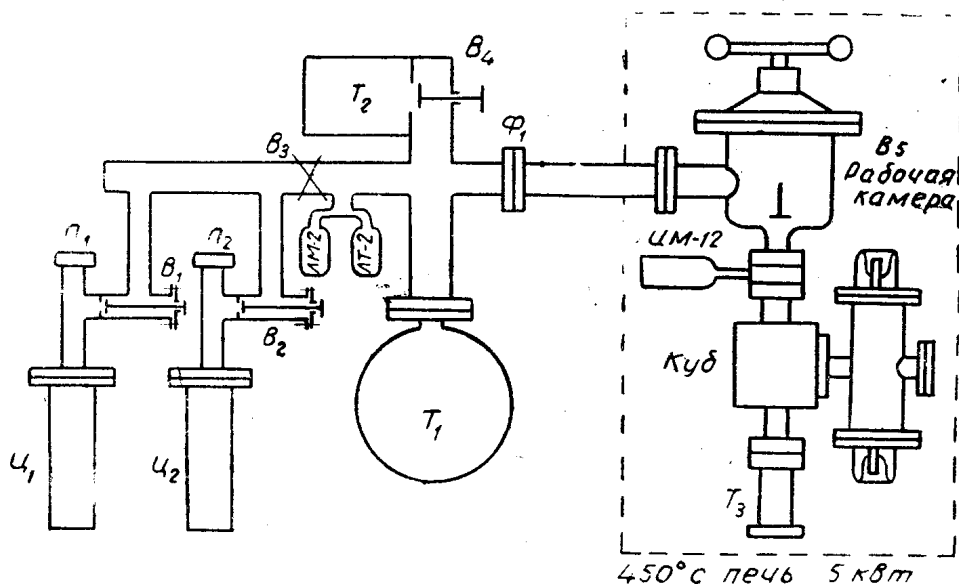


Рис. 1. Вакуумная схема установки для исследования механизма электрического пробоя сверхвысокого вакуума

Следующей задачей является запуск титанового насоса T_2 , для чего необходимо давление 10^{-4} тор. Это понижение давления осуществляется испарительным титановым насосом T_1 . С помощью насоса T_2 в системе получается давление 1×10^{-7} тор, которое измеряется лампой ЛМ-1. Слева от фланцев Φ_1 показана высоковакуумная часть установки, детали которой выполнены в основном из латуни. Справа от фланцев Φ_1 располагается сверхвысоковакуумная часть установки, детали последней выполнены из нержавеющей стали, и подвергаются нагреву в печи до температуры 450°C . Мощность электрической печи составляет 5 кВт.

Вентиль B_5 имеет проходной диаметр 25 мм. Уплотнением служит отоженный медный конус, который врезается в шип из нержавеющей стали. С помощью вентиль B_5 сверхвысоковакуумная часть отсекается от высоковакуумной и насосом T_3 откачивается до давления 1×10^{-9} тор.

Все узлы сверхвысоковакуумной системы через металлические вакуумные уплотнения соединяются с кубом, три грани которого заглушены, а к оставшимся трем присоединены насос T_3 , разрядная камера, ионизационный манометр ИМ-12 и вентиль B_5 .

Металлические уплотнения представляют собой кольца отоженной меди М1 толщиной 1—1,5 мм, которые сжимаются шестью болтами М10 между шипами. Шипы имеют средний диаметр 40 мм, высоту 0,9—1 мм, ширину 0,6—0,7 мм и полированы до 8 класса чистоты.

Манометр ИМ-12 представляет собой триодный ионизационный манометр с осевым коллектором, смонтированным в стеклянной колбе, которая через коваровый переход соединена с фланцем.

Насос T_3 состоит из цилиндрического корпуса с рубашкой водяного охлаждения, к которому с двух сторон приварены фланцы. К одному фланцу крепится металлокерамическая ножка, на которой смонтированы электроды насоса, другим фланцем насос крепится к кубу. Испаритель титана располагается вдоль оси насоса и представляет собой цилиндрический титановый штабик на молибденовом керне. Диаметр испарителя 3,3 мм, высота 50 мм. Нагрев испарителя производится электронной бомбардировкой с прямонакального вольфрамового катода ($\varnothing$ 0,3 мм, длина 125 мм) петлевой формы. Мощность, расходуемая на нагрев испарителя, равна 40 вт (напряжение 500 в, ток 80 ма). Катод поддерживается в натянутом состоянии с помощью пружинки, закрепленной в специальной стойке. Для предохранения металлокерамической ножки от запыления имеется экран.

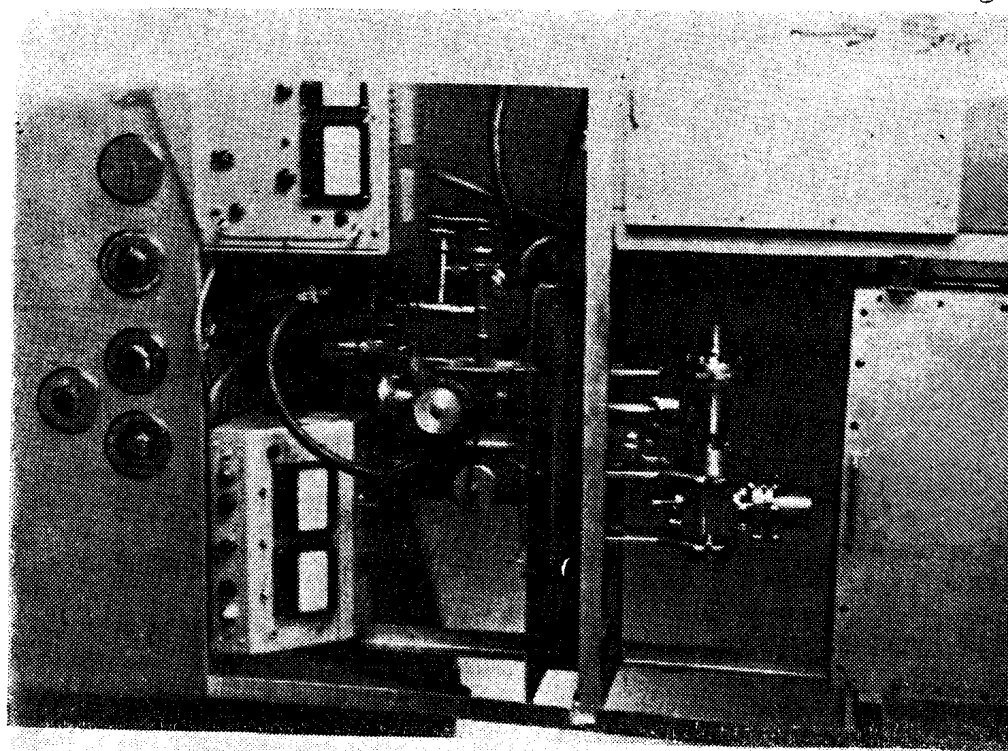


Рис. 2. Общий вид установки для исследования механизма электрического пробоя вакуума

Разрядная камера представляет собой металlostеклянную коаксиальную конструкцию внутренним диаметром 60 мм. Выбор основных диаметров камеры сделан с таким расчетом, чтобы волновое сопротивление последней составляло 75 ом, что даст возможность согласовать камеру с подводящими кабелями [5, 6]. В боковую поверхность наружного цилиндра вварены аргонодуговой сваркой четыре патрубка, заканчивающиеся фланцами. Одним из фланцев камера крепится к кубу, а остальные заглушаются фланцами с оптическим окном.

Оптические окна, так же, как стеклянные изоляторы камеры, выполнены на спаях ковар-стекло. Ковар сварен с нержавеющей сталью аргонодуговой сваркой. Часть наружного корпуса камеры заменена четырьмя, гофрами тонкостенного (0,2 мм) силфона из нержавеющей стали.

Наличие сильфона делает возможным регулировать расстояния между электродом от 0 до 10 мм. Камера выдерживает напряжение до 50 кВ и пропускает без искажения импульсы с фронтом 1 нсек. Габариты камеры 230×140×140 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Кассиров, Б. М. Ковальчук, ЖТФ, 1964, 34, 484.
 2. С. Дэшман. Научные основы вакуумной техники, ИЛ, 1950.
 3. Современная вакуумная техника. Сб. ст. под редакцией Н. В. Черепнина, ИЛ, 1966.
 4. Э. Тренделенбург. Сверхвысокий вакуум, изд-во «Мир», 1966.
 5. Г. А. Воробьев, Г. А. Месяц. Техника формирования в. в. нсек импульсов. Госатомиздат, 1963.
 6. Л. А. Моругин, Г. В. Глебович. Наносекундная импульсная техника. «Советское радио», 1964.
-