

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

3892/82

16/8-82

13-82-378

В.М.Быстрицкий, В.П.Джелепов, В.Г.Зинов,
А.Д.Конин, В.А.Столупин,
В.А.Уткин, Ш.Г.Шамсутдинов

**ЖИДКОТРИТИЕВАЯ МИШЕНЬ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЗОАТОМНЫХ
И МЕЗОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Направлено в журнал "Приборы
и техника эксперимента"

1982

Жидкотритиевая мишень, конструкция и основные параметры которой приведены ниже, предназначается для проведения экспериментов по исследованию мезоатомных и мезомолекулярных процессов, происходящих в тритии^{1/}.

К конструкции мишени, согласно условиям экспериментов, предъявляются следующие требования.

1. Корпус мишени должен быть изготовлен из нержавеющей стали с целью обеспечения высокой механической прочности мишени и малой величины диффузии трития через ее стенки^{2/}.
2. Активность трития в мишени составляет $A = 3 \cdot 10^4$ Ки. Эта величина соответствует оптимальному времени экспозиций на пучке мюонов и измерению искомым характеристик мезомолекулярных процессов с необходимой точностью.

3. Охлаждение мишени производится жидким водородом. Рабочий диапазон температур мишени составляет $20,4 \pm 30$ К.

4. Толщина стенок мишени по направлению падающего мюонного пучка предельно-минимальная, что приводит к уменьшению фона, обусловленного мюонами, остановившимися в корпусе мишени.

5. Мишень должна включать в себя устройства, которые обеспечивают радиационную безопасность при ее эксплуатации.

6. Размеры охлаждающего резервуара и вакуумного кожуха, окружающего мишень, минимальные, что позволяет увеличить геометрическую эффективность регистрирующей аппаратуры, расположенной вокруг мишени.

1. КОНСТРУКЦИЯ МИШЕНИ

Схематический чертеж мишени в сборе приведен на рис.1. В разработанной и созданной нами конструкции мишени в качестве теплообменника используется конденсационная трубка, проходящая через объем хладагента^{3-5/}. Мишень /1/ представляет собой цилиндрический сосуд из нержавеющей стали объемом 34 см^3 /высота - 76 мм, диаметр - 24 мм, толщина стенки - 0,3 мм/.

В верхней части мишень соединена с конденсационной трубкой /2/ из нержавеющей стали / $l = 730$ мм, $\phi = 16$ мм, толщина стенки - 1 мм/. Длина трубки, находящейся в жидком водороде, составляет 360 мм. Объем водородного бачка /ВБ/ равен 8,5 л. Корпус ВБ выполнен из нержавеющей стали с толщиной стенки 1,5 мм. Диаметр бачка составляет 220 мм. Количество жидкого водорода

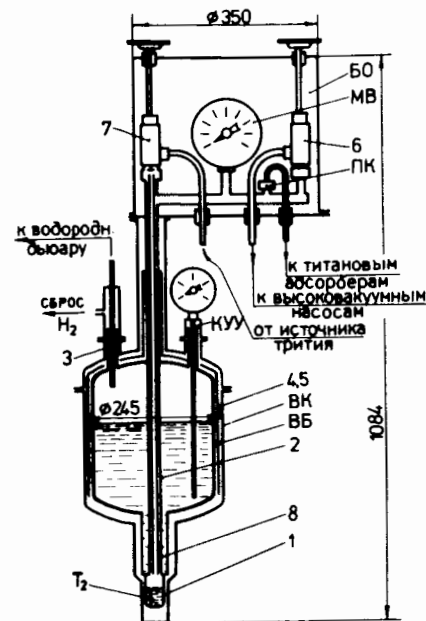
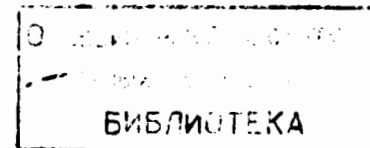


Рис.1. Схематический чертеж в сборе. 1 - мишень, 2 - конденсационная трубка, 3 - заливная горловина, 4 - экран из полированной меди, 5 - тепловой экран из многослойного металлизированного лавсана, 6,7 - сильфонные вентиля, 8 - трубка для продувки мишени водородом или гелием, ВК - вакуумный кожух, БО - балластный объем, ПК - предохранительный клапан, МВ - образцовый мановакуумметр, КУУ - конденсационный указатель уровня.

в ВБ контролируется с помощью конденсационного указателя уровня /КУУ/. Мишень и водородный бачок расположены внутри вакуумного кожуха /ВК/, изготовленного из нержавеющей стали. Размеры и форма его в соответствующем масштабе отражены на рис.1. Толщина стенки ВК в направлении мюонного пучка равна 0,5 мм.

Вакуум в вакуумном кожухе при $T=300$ К лучше, чем $3 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. и измеряется с помощью термометрических и ионизационных ламп. Заполнение ВБ жидким водородом и сброс из него испарившегося водорода осуществляются через горловину /3/, расположенную на верхней крышке вакуумного кожуха. Тепловая изоляция мишени осуществляется путем создания вакуума в вакуумном кожухе и полировкой наружной поверхности мишени /установка тепловых экранов, окружающих мишень, исключается, согласно п.4 требований, предъявляемых к конструкции мишени/. Для уменьшения теплопритока к ВБ между вакуумным кожухом и водородным бачком расположены тепловые экраны из полированной меди /4/ и многослойного металлизированного лавсана /5/. Перед процессом ожигания трития в мишени проводится длительная вакуумная ее тренировка. Критерием окончания тренировки служит степень газовой выделения со стенок внутрь объема мишени при $T = 300$ К, которая не должна превышать величины 10^{-4} мм рт.ст./ч. Откачка и заполнение мишени тритием осуществляются через сильфонные вентиля /6/ и /7/ соответственно. Давление насыщенных паров трития



в мишени /1/ измеряется с помощью образцового мановакуумметра /МВ/. Температура жидкой фазы трития определяется из известной зависимости /4/ давления насыщенных паров от температуры. Дополнительный контроль за температурой мишени осуществляется с помощью дифференциальной термопары /медь-константан/ /3/, один спай которой закреплен на корпусе мишени, а другой - на водородном бачке.

В целях радиационной безопасности мановакуумметр, мембранный предохранительный клапан /ПК/, вентили /6/ и /7/ установлены внутри балластного объема /Б0/, вакуум в котором составляет $5 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. Емкость Б0 равна 30 л, так что при случайной разгерметизации мест уплотнений МВ, ПК, вентилях /6/ и /7/ давление внутри балластного объема не превысит 0,5 атм. Штоки вентилях /6/ и /7/ выведены наружу балластного объема через сальниковые уплотнения.

Предохранительный клапан предназначен для быстрого сброса содержимого мишени на специальные адсорберы с титановым наполнителем в случае, когда давление в мишени достигает $P = 5$ атм. Корпус мишени рассчитан на максимальное рабочее давление $P = 30$ атм /испытания на прочность опытного образца мишени с конденсационной трубкой показали, что она выдерживает давление 110 атм без разрушений/.

Для наблюдения за показаниями мановакуумметра в корпусе Б0 предусмотрены смотровые окна из стекла. Сварные швы мишени и конденсационной трубки перед сборкой контролировались рентгенографическим методом. Герметичность мишени, ВБ, ВК и Б0 проверялась течеискателем ПТИ-7А.

2. ПАРАМЕТРЫ МИШЕНИ

Этот раздел посвящен описанию криогенных испытаний, целью которых являлось исследование зависимости температуры мишени от времени с момента заливки ВБ жидким водородом, а также измерение скорости испарения хладагента из ВБ. При проведении испытаний мишень заполнялась дейтерием либо протием, теплофизические свойства которых /с точки зрения теплопередачи в конкретных условиях/ практически не отличаются от свойств трития.

Имитация нагрева мишени за счет естественного распада трития /активности трития $A = 3 \cdot 10^4$ Ки соответствует выделяемая мощность, равная $W = 1,0$ Вт/, осуществлялась путем введения внутрь мишени, заполненной дейтерием /протием/, объемного электрического нагревателя. Следует заметить, что нагреватель полностью находился в области жидкой фазы дейтерия /протия/. Количество жидкого дейтерия /протия/ в мишени составляло 12 см³ и соответствовало количеству трития, который будет использован

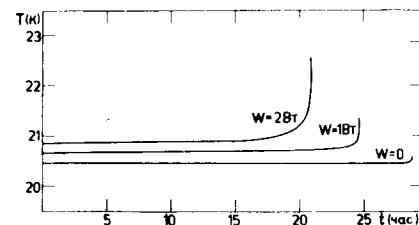


Рис.2. Зависимость температуры мишени от времени для различных значений мощности W , выделяющейся в мишени: по оси абсцисс - время с момента полного заполнения ВБ жидким водородом, по оси ординат - температура мишени в град.К.

в экспериментах на пучках мюонов /максимально возможное количество трития в мишени определяется ее реальным объемом и составляет $A = 8,5 \cdot 10^4$ Ки/.

Температура жидкой фазы дейтерия /протия/ в мишени определялась не только по давлению насыщенных паров, но и измерялась с помощью дифференциальной термопары /медь-константан/, один спай которой находился в ВБ, а другой - в мишени. Расход хладагента из водородного бачка в процессе испытаний измерялся с помощью газового счетчика ГСБ-400.

На рис.2 представлены зависимости температуры мишени от времени, полученные для различных значений мощности W , выделяющейся в мишени, заполненной дейтерием. Каждому значению W соответствует определенная температура мишени, которая остается постоянной в течение $t \approx 12 \div 15$ ч с момента полной заливки ВБ жидким водородом. Теплоприток к мишени и водородному бачку из окружающей среды, согласно измерениям, составляет 2,7 Вт. Скорость испарения жидкого водорода из ВБ при $W = 1$ Вт равна 0,4 л/ч.

Аналогичный цикл исследований был выполнен с мишенью, заполненной протием. Полученные характеристики мишени практически не отличаются от найденных в опыте с дейтерием.

Результаты криогенных испытаний свидетельствуют о том, что разработанная и созданная нами жидкотритиевая мишень удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к ней, и может быть успешно использована для проведения длительных экспозиций с тритием /400÷500 ч/ на пучке мюонов.

В заключение следует отметить, что данная мишень может быть использована в экспериментах по измерению скоростей образования $pp\mu$, $pd\mu$, $dt\mu$, $pt\mu$ -молекул и скоростей ядерного синтеза в них.

Авторы выражают благодарность А.Т.Василенко, А.И.Филиппову, Л.Б.Голованову за полезные советы и замечания при конструировании мишени, В.Г.Сазонову за организацию работ по ее изготовлению, А.Е.Новикову за сборку и наладку узлов мишени, А.И.Руденко за проведение термометрических измерений, М.М.Петровскому, Б.М.Кулагину - за помощь при проведении криогенных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gerstein S.S., Ponomarev L.I. Mesomolecular Processes Induced by μ^- and π^- Mesons. In: Muon Physics (ed. V. Hughes, C.S. Wu). Academic Press, New York, 1975; Быстрицкий В.М. и др. ЖЭТФ, 1981, 80, с.1700.
2. Черепнин Н.В. Вакуумные свойства материалов для электронных приборов. "Советское радио", М., 1966.
3. "Жидкий водород". Сб. переводов /под ред. М.П.Малкова/. "Мир", М., 1964.
4. Малков М.П. и др. Выделение дейтерия из водорода методом глубокого охлаждения. Госатомиздат, М., 1961.
5. Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинев А.П. ПТЭ, 1978, 3, с.40.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 мая 1982 года.

Быстрицкий В.М. и др. 13-82-378
Жидкотритиевая мишень для исследования мезоатомных
и мезомолекулярных процессов

Описаны конструкция и параметры жидкотритиевой мишени, предназначенной для проведения экспериментов по исследованию мезоатомных и мезомолекулярных процессов в тритии. Рабочий диапазон температур мишени составляет $20,4 \pm 30$ К. Предельная активность трития в мишени может достигать величины, равной $8,5 \cdot 10^4$ Ки.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Bystritskij V.M. et al. 13-82-378
A Liquid-Tritium Target for Mesoatomic
and Mesomolecular Experiments

A liquid-tritium target for mesoatomic and mesomolecular experiments is described. Its characteristic parameters are discussed. The temperature of tritium in the target can be varied between 20.4 K and 30 K, and its maximum radioactivity can be chosen as high as $8.5 \cdot 10^4$ Ci.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.