

**КРИОГЕННЫЕ МИШЕНИ ДЛЯ ЛТС, ПОЛУЧАЕМЫЕ НАМОРАЖИВАНИЕМ ВОДОРОДА
НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРНОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ**

В. Б. Гинодман, Г. А. Зайцев, А. И. Исаков, Д. А. Меркульев,
А. И. Никитенко, Е. Р. Рычкова, А. Б. Фрадков

УДК 621.039.633

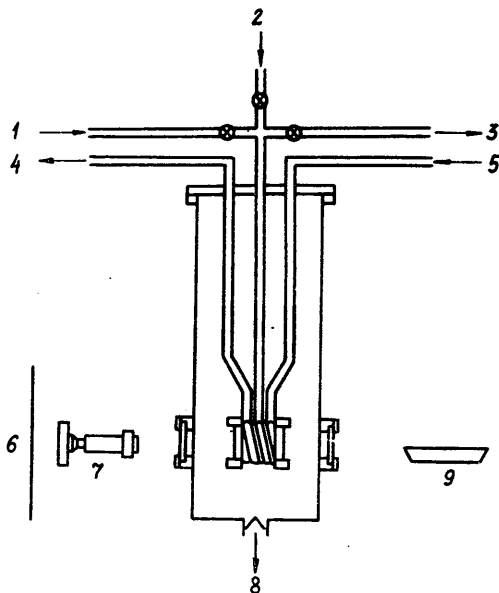
Приводится описание устройства, позволяющего производить заполнение полимерных оболочек водородом (дейтерием) и охлаждать их до гелиевых температур в экспериментальной камере. Обсуждаются результаты опытов по вымораживанию водорода в полых полимерных оболочках.

В течение последних лет опубликовано несколько работ, в которых описаны попытки приготовления криогенных мишеней для экспериментов по лазерному термоядерному синтезу (ЛТС) /1-3/. Целью этих работ было получение полых сферических оболочек из дейтерия или дейтерий-тритиевой смеси, находящихся в жидком или твердом состоянии. В работе /3/ рассмотрены два типа устройств для вымораживания дейтерия на внутренней стенке стеклянного микробаллона - лазерной мишени и приведены первые результаты опытов.

Цель данной работы состояла в исследовании возможности вымораживания водорода в полимерных оболочках и создания единого устройства, позволяющего производить и заполнение оболочек, и охлаждение их до гелиевых температур для вымораживания газа на внутренней поверхности оболочек. Выбор полимера в качестве материала оболочки объясняется следующими соображениями. Во-первых, полимеры, обладая более высокой чем у стекла проницаемостью для газов, дают возможность производить заполнение оболочек при более низких температурах, вплоть до температур жидкого азота, и существенно более низких давлениях 20 - 30 атм. (Для достижения соответствующей плотности газа в стеклянных оболочках процесс диффузии должен проводиться при $T = 400 - 420$ °С и $P = 200$ атм). Во-вторых, материал полимерной оболочки может содержать дейтерий

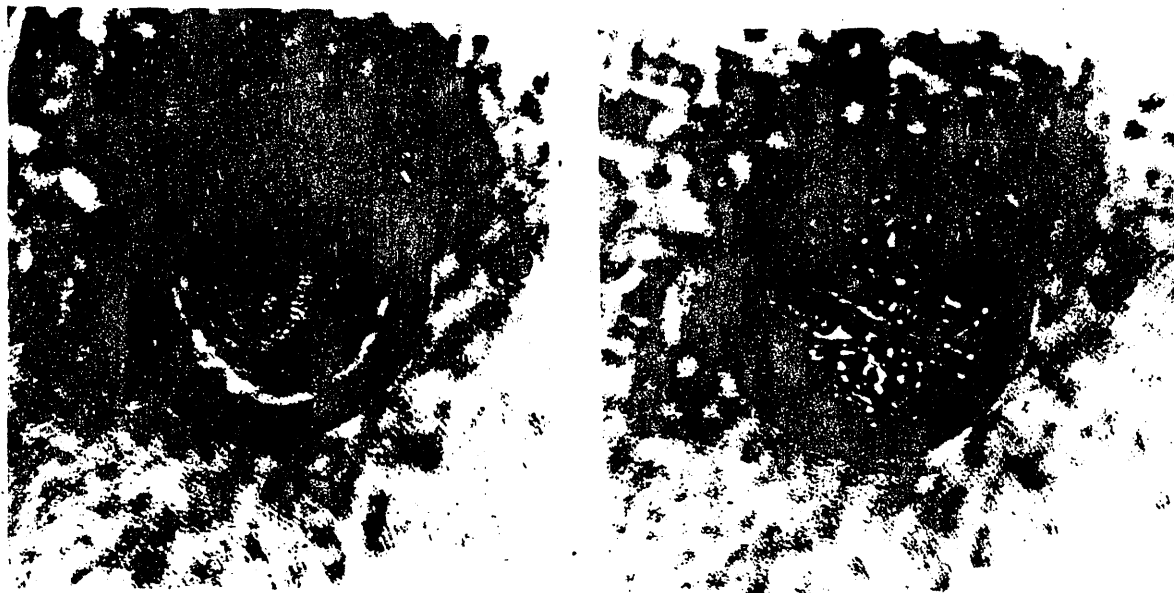
и тритий и тем самым участвовать в процессе термоядерного горения.

Для выбора режима заполнения оболочек и наблюдения за процессом намораживания водорода была собрана установка, блок-схе-



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки: 1 - подача водорода из баллона высокого давления; 2 - подача газообразного гелия; 3 - к вакуумному насосу; 4 - выход испарившегося гелия; 5 - к сосуду с жидким гелием; 6 - экран; 7 - длиннофокусный микроскоп; 8 - к диффузионному насосу; 9 - лазер.

ма которой представлена на рис. 1. Микросферы из полимера, изготовленные и отобранные по методике, описанной в работе /4/, помещались в камеру, представляющую собой медный блок, к которому припаян змеевик для прокачки жидкого азота и гелия. Кварцевые окна прижимаются к медному блоку фланцами через индиевые прокладки. Камера позволяла заполнять оболочки водородом при давлении



Р и с. 2. Полистироловая оболочка диаметром 200 мм, заполненная газообразным водородом, при температуре 35 К (а) и с замороженным на внутренней поверхности слоем твердого водорода при температуре 10 К (б)

до 30 атм при одновременном охлаждении вплоть до гелиевых температур. При помощи подводных трубок камера крепилась к фланцу криостата, снабженного окнами.

Для наблюдения за процессами, происходящими в микроферах при охлаждении, служила оптическая система, состоящая из гелий-неонового лазера, длиннофокусного микроскопа и экрана. Для получения фотоснимков фотоаппарат с помощью специальной насадки крепился к микроскопу.

Процедура заполнения оболочек водородом заключалась в следующем. Водород в камеру подавался порциями, так чтобы перепад давлений внутри и вне оболочки не превышал 3 атм. Это давление ниже величины внешнего давления, разрушающего оболочку. При достижении давления 10 - 30 атм температура камеры постепенно понижалась до 78 К. При этой температуре выбранная величина давления поддерживалась в течение времени, достаточного для выравнивания давлений внутри и вне оболочки. Затем вентиль, соединяющий камеру и баллон с водородом, перекрывался и температура камеры понижалась примерно до 35 К, что несколько выше температуры критической точки водорода. При этой температуре газообразный водород откачивался из камеры, камера заполнялась газообразным гелием и начиналось дальнейшее охлаждение оболочек.

Было проведено несколько серий опытов с оболочками, имеющими различный диаметр и толщину стенки. Система наблюдения позволяла получать на экране увеличенное примерно в 200 раз изображение микроферы и вести непрерывное наблюдение за процессами, происходящими в микрофере при охлаждении. Отдельные моменты фотографировались. На приведенных фотографиях изображены полистироловая оболочка, заполненная газообразным водородом при температуре 35 К (рис. 2а) и полистироловая оболочка с замороженным на внутренней поверхности слоем твердого водорода при температуре 10 К (рис. 2б). Из рассмотрения приведенной на рис. 2 б фотографии видно, что замороженный слой твердого водорода недостаточно однороден.

Получение однородного слоя требует оптимального режима охлаждения оболочки. Переход из жидкой фазы в твердую должен происходить достаточно медленно, чтобы обеспечить постепенное вымораживание жидкости. Однако результаты экспериментов показали, что

подобное устройство может быть использовано в настоящее время для опытов по лазерному нагреву и сжатию полистироловых оболочек с газообразным наполнением, если температуру мишеней до облучения не поднимать выше 35 - 40 К.

Поступила в редакцию
16 марта 1977 г.

Л и т е р а т у р а

1. C. A. Foster, C. D. Hendricks, R. J. Turnbull, *Applied Phys. Lett.*, 26, 580 (1975).
2. P. S. Souers, R. T. Tsugawa, R. R. Stone, *Rev. Sci. Instr.*, 46, 682 (1975).
3. D. L. Musinski, R. J. Simms, T. M. Henderson, *Journ. of Appl. Phys.* (to be published).
4. Е. Г. Гамалей, А. И. Исаков, Ю. А. Меркульев, А. И. Никитенко, Е. Р. Рычкова, Г. В. Склизков, *Квантовая электроника*, 2, 1046 (1976).