

## СТРУКТУРА КРИОСЛОЯ В ТЕРМОЯДЕРНЫХ МИШЕНЯХ

Е.Р. Корешева

УДК 621.039.633

*Определены режимы охлаждения и граничная температура ( $\sim 0,5T_{пл}$ ), ниже которой возможно формирование и длительное хранение криомишеней с однородным прозрачным слоем из изотопов водорода и неона.*

Для успешного проведения экспериментов по ЛТС термоядерные мишени должны отвечать вытекающим из теоретических расчетов жестким требованиям, предъявляемым к сферичности, равнотолщинности и однородности составляющих мишень слоев, отсутствию локальных возмущений на поверхности. Как показали расчеты [1], наибольшую опасность при развитии неустойчивостей в процессе сжатия оболочки представляют собой высокочастотные возмущения формы (локальные возмущения на поверхности). Поэтому одной из главных проблем технологии криомишеней является создание топливного слоя с гладкой поверхностью.

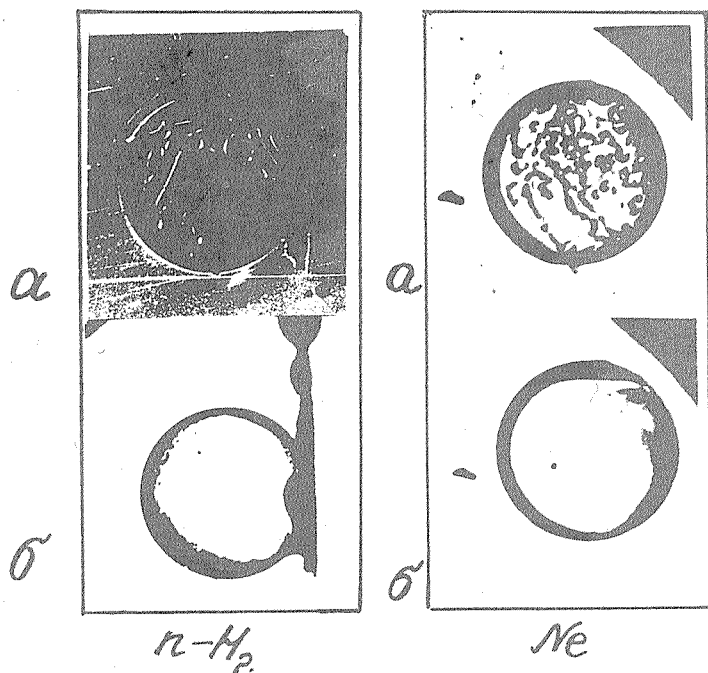
Характерная структура твердой пленки из изотопов водорода и одного из диагностических газов — неона, образующаяся при умеренных скоростях охлаждения (0,1 — 10 К/с), показана на рис. 1а. Из работ [2, 3] известно, что в условиях скоростной переконденсации удастся получить гладкий прозрачный твердый слой нормального дейтерия при температурах внешней среды 4 К и 10 К. В настоящей работе изучаются структуры вымороженной пленки, образующейся на внутренней поверхности микросферы из стекла при осуществлении режима скоростной переконденсации.

Экспериментальная работа была проведена с использованием оптического гелиевого криостата с регулируемой температурой, разработанного в Институте физики твердого тела АН СССР.

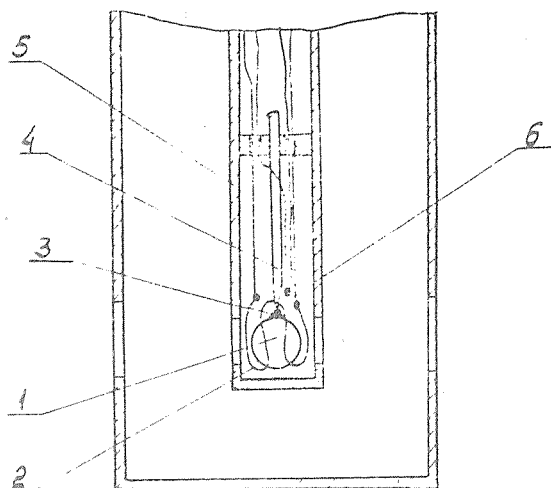
Схема проведения эксперимента показана на рис. 2. Микросфера 1, заполненная исследуемым газом, монтировалась на тонком стеклянном капилляре 4 с помощью клея марки "Криосил 3" и помещалась на специальной вставке внутри криостата. Вблизи микросферы укреплялся спай термопары 6 медь — (медь + железо), чувствительность которой в области температур 35-4 К составляла 12-16 мкВ/К. Для осуществления локального нагрева ми-

шени симметрично относительно ее положения был смонтирован импульсный нагреватель из нихромовой проволоки 2 мощностью 5 Вт. Время действия нагревателя изменялось в пределах 0,03–2 с. Для снижения притока теплоты из-за излучения стенок и увеличения однородности температурного поля вокруг микросферы применялся медный полированный экран 5.

Оболочка с газом первоначально охлаждалась в криостате до исследуемой температуры, при этом формировался неоднородный твердый слой (рис. 1а), сохраняющийся без изменения своей структуры в течение всего времени наблюдения. Затем через нагреватель подавался импульс тока. Масса оболочки с газом пренебрежимо мала по сравнению с массой окружающего теплообмена гелия. Это позволяло проводить локальный нагрев оболочки выше температуры ожигения сконденсированного вещества, практически не внося



Р и с. 1. Структура твердого криослоя, получаемого при различных условиях охлаждения на внутренней поверхности полый стеклянной микросферы: а –  $\dot{T} = 0,1-10$  К/с; б –  $\dot{T} > 10^3$  К/с.



Р и с. 2. Схема проведения эксперимента: 1 – микросфера; 2 – нагреватель; 3 – клей; 4 – стеклянный капилляр; 5 – экран; 6 – термопара.

изменений в температуру окружающей среды. После окончания действия нагревателя газ реконденсировался на поверхности стеклянной микросферы, образуя в определенных случаях однородный прозрачный слой (рис. 16).

В настоящих экспериментах использовались стеклянные микросферы радиуса 125-150 мкм, которые заполнялись при температуре 650 К одним из газов:  $n\text{-H}_2$ ,  $n\text{-D}_2$ , равнопроцентной смесью  $\text{H}_2\text{-D}_2$ , или Ne. При температуре 300 К давление заполнения составляло 30 – 150 атм, что соответствует толщине твердого слоя 1 – 6 мкм. Наилучшие результаты вымораживания получались при длительности импульса тока через нагреватель 0,3-0,5 с, что соответствует выделяемой энергии 1,5-2,5 Дж.

В табл. 1 приведены экспериментально найденные значения пороговой температуры  $T_a$ , выше которой не удалось получить устойчивый однородный прозрачный слой.

Как видно из таблицы, значение  $T_a$  для всех исследованных газов равно половине их температуры плавления. Возможной причиной образования прозрачной пленки при температуре окружающей среды ниже  $T_a$  является аморфизация твердой фазы при скоростном переохлаждении жидкой пленки.

Значения пороговой температуры  $T_a$  для ряда газов

| Газ                            | $T_a$ , К    | $T_{пл}$ , К | $T_a/T_{пл}$  |
|--------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| n-H <sub>2</sub>               | $6 \pm 0,9$  | 13,9         | $2,3 \pm 0,4$ |
| n-D <sub>2</sub>               | $9 \pm 1$    | 18,7         | $2,1 \pm 0,2$ |
| H <sub>2</sub> -D <sub>2</sub> | $8 \pm 0,8$  | ~17          | $2,1 \pm 0,2$ |
| Ne                             | $12 \pm 0,9$ | 24,54        | $2,1 \pm 0,2$ |

При температуре теплообменного гелия, на 1-2 К превышающей пороговую температуру  $T_a$ , в результате скоростной переконденсации также образовывался прозрачный слой. Однако структура получаемой пленки была нестабильна: за несколько секунд прозрачное вещество становилось непрозрачным, приобретая характерную крупнокристаллическую структуру. Для смеси H<sub>2</sub>-D<sub>2</sub> при температуре 9 К этот переход осуществлялся приблизительно за 40 с, а при 10 К — за 5-6 с. Для неона при  $T = 13$  К начало кристаллизации наблюдалось через 15-20 с после образования однородного прозрачного слоя.

В настоящем исследовании измерены границы применимости метода скоростной переконденсации и установлены условия получения и хранения криомишени с гладким прозрачным слоем из изотопов водорода или неона при температуре окружающей среды  $T \leq 0,5T_{пл}$ . Появление ударной кристаллизации выше  $T_a$  необходимо учитывать не только при изготовлении мишени, но и при выборе температуры ее хранения, а также при оценке времени жизни мишени в камере ЛТС.

Автор благодарен А.И. Исакову, Ю.А. Меркульеву и А.И. Никитенко за проявленный интерес к работе и полезные обсуждения, Н.И. Алексееву за помощь в настройке электрической схемы.

Поступила в редакцию 9 июля 1984 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гамалий Е.Г. и др. Труды ФИАН, 134, 73 (1982).
2. Miller J.R. Adv. Cryo. Eng., 23, 669 (1978).
3. Kim K., et al. Appl. Phys. Lett., 34, № 4, 282 (1979).