

## О ПОЛУЧЕНИИ СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НАКОВАЛЕН ИЗ КАРБОНАДО ( ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ )

*Н.Б.Брандт, И.В.Берман, В.И.Сидоров*

Предложена новая конструкция камеры высокого давления и проанализированы, с учетом полученных экспериментальных результатов и известных литературных данных, возможные режимы работы камер высокого давления, изготовленных из карбонадо.

В последнее время появился ряд сообщений о генерации давлений мегабарного диапазона [ 1 — 3]. В работе [ 1] для получения давлений порядка 1 Мбар используется многопуансонная установка. В [ 2] давление создается между конической, с закругленной вершиной конуса, и плоской наковальнями из поликристаллического синтетического алмаза карбонадо. В этих экспериментах изменение электропроводности образца регистрируется по изменению электропроводности цепи, состо-

щей из острия, плоской наковальни и заключенного между ними образца. Давление, оцениваемое по величине приложенного усилия и площади отпечатка, относится, по мнению авторов, к мегабарному диапазону. В [3] используются наковальни из оптически прозрачных алмазов.

В настоящей работе для получения высоких давлений и исследования особенностей камер высокого давления, изготовленных из карбонадо, используется следующая конструкция камеры.

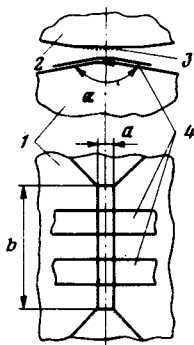


Рис. 1. Камера высокого давления

В отличие от обычно используемых камер высокого давления, имеющих аксиальную симметрию, разработанная нами камера состоит из двух наковален, одна из которых (1, рис. 1) имеет форму усеченной пирамиды с закругленным лезвием и размерами рабочей площади  $a = 0,01$  мм и  $b = 0,1$  мм. Угол при вершине пирамиды  $\alpha = 169^\circ$ . Вторая наковальня — плоская. Образец 3, в виде тонкой пленки, напыляется (или осаждается) на поверхность плоской наковальни. В качестве измерительных электродов используются напыленные в вакууме поперек лезвия пирамиды 1 свинцовые полоски 4 шириной 10 — 15 мкм.

Такая конструкция позволяет измерять электросопротивление образца вдоль лезвия наковальни 1, что исключает влияние возможных коротков между наковальнями 1 и 2 при сжатии. Свинцовые электроды одновременно используются для оценки величины давления по смещению температуры  $T_K$  сверхпроводящего перехода у части электродов, находящихся в зоне высокого давления. Так как  $T_K$  у Рь монотонно понижается при увеличении давления, температура конца сверхпроводящего перехода соответствует величине максимального давления в камере (на оси лезвия). На рис. 2 приведены типичные кривые сверхпроводящих переходов свинцового манометра при различных усилиях.

Проведенные нами исследования показали, что условия сжатия в камерах из карбонадо обладают рядом особенностей, связанных, прежде всего, с тем, что материал карбонадо является весьма неоднородным. Он представляет собой мелкозернистый поликристаллический сросток алмазов с включениями графита, металлов-катализаторов и соединений на их основе. Поэтому, во-первых, наковальни из карбонадо не выдерживают значительных нагрузок при сжатии. Несмотря на существенно большую твердость алмазных микрочастиц, чем, например, твердого сплава ВК-3, предельные нагрузки, которые выдерживают изготовленные из карбонадо наковальни с диаметром площади 1,5 — 2 мм,

лишь незначительно превышают допустимые нагрузки на наковальни из ВК-3 такого же размера.

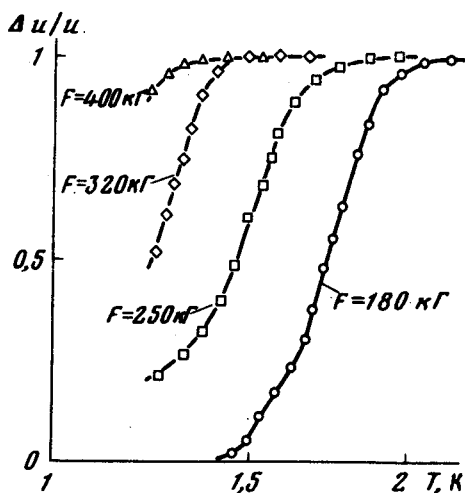


Рис. 2. Сверхпроводящие переходы свинцового манометра

Во-вторых, неоднородность материала приводит к тому, что поверхность наковален (поверхность острия [2] или лезвия (рис. 1)) представляет собой совокупность выступающих алмазных зерен различной твердости, сцементированных более мягкой и пластичной связкой, в результате чего камеры из карбонадо могут работать в двух различных режимах.

А. Толщина прослойки образца существенно больше высоты микронеровностей на поверхности наковален. В этом случае неровности поверхности несущественны и в образце устанавливается, при сжатии, некоторое среднее "квазиоднородное" давление, среднюю величину которого можно оценить по приложенному усилию и площади контакта. По нашим оценкам, максимальная величина "квазиоднородного давления, которая может быть получена в наковальнях из карбонадо, работающих в режиме А, составляет 400 – 600 кбар (по шкале 1975 г): При дальнейшем увеличении давления происходит разрушение наковален.

Б. Толщина прослойки образца порядка высоты микронеровностей на поверхности наковален. Спецификой случая Б является то, что здесь, наряду с некоторым средним "квазиоднородным" давлением, которое не превышает указанную выше величину, между отдельными выступами, работающими в условиях сильной боковой поддержки, создаются локальные давления, которые могут существенно превышать величину среднего давления.

На возникновение больших локальных давлений указывают результаты измерений электропроводности зоны высокого давления наковален при их сжатии. На рис. 3 представлена зависимость электросопротивления между электродами 4 (рис. 1) от действующего усилия для наковален без образца при  $T = 4,2\text{K}$ . Падение электросопротивления связано, по-видимому, с частичной металлизацией материала наковален. При этом начало металлизации не связано непосредственно с величиной среднего давления, возникающего на площади контакта. Это обстоятельство свидетельствует о том, что металлизация возникает в микрооблас-

тях, а условия ее возникновения определяются конфигурацией микронеровностей на поверхности контакта.

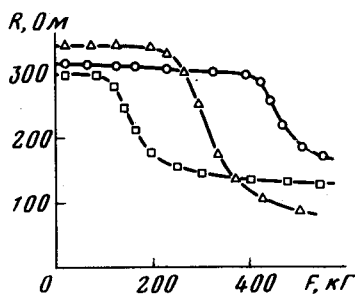


Рис. 3. Зависимость электросопротивления зоны высокого давления у трех пар наковален с одинаковыми размерами рабочей площадки от усилия

Размеры областей высокого давления можно ориентировочно оценить, используя данные [4, 5], если считать, что наблюдаемые переходы в Хе [4] и NaCl [5] действительно являются сверхпроводящими. Учитывая, что наблюдаемое в [4] смещение  $T_K$  на 1К током  $I = 200$  мкА эквивалентно действию магнитного поля  $H \sim 100$  Э (так как для мягких сверхпроводников  $dH_K/dT \sim 100$  Э · град<sup>-1</sup>) и, используя известное

соотношение  $H(\text{Э}) = 0,2 \frac{I(\text{А})}{r(\text{см})}$ , получаем, что, по крайней мере один из

размеров  $r$  области высокого давления должен быть порядка  $4 \cdot 10^{-7}$  см. Аналогичные оценки по данным [5] для NaCl дают значения  $r \sim 10^{-7}$  см. Заметим, что если считать NaCl жестким сверхпроводником с существенно большим значением критического поля, то значения  $r$  становятся неразумно малыми. Поэтому высокие значения  $H_K$  у NaCl также свидетельствуют в пользу предположения о малости областей, переходящих в сверхпроводящее состояние.

Таким образом, не исключена возможность, что переходы диэлектрик — металл, наблюдаемые в работах [4, 5] и в ряде других работ этой группы, происходят лишь в микрообъемах образца, размеры которых не превышают нескольких десятков ангстрем. При этом принципиально невозможно сопоставить переходу определенную величину давления, оцененную, например, по площади контакта и величине нагрузки. Во-вторых, следует иметь в виду, что условия фазовых переходов и свойства образующейся новой фазы вещества в столь малых объемах могут отличаться от условий равновесных фазовых переходов и свойств массивных образцов.

В заключение выражаем искреннюю признательность Е.Г.Понятовскому за полезное обсуждение результатов.

Московский  
государственный университет  
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию  
20 июля 1979 г.

### Литература

[1] N.Kawai, S.Endo. Rev. Sci. Instr., 41, 1178, 1970.

- [2] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, К.Х.Бибаев, Г.Н.Степанов. Б.В.Виноградов. Письма в ЖЭТФ, 16, 240, 1972.
- [3] Н.К.Моо, Р.М.Велл. Science, 200, 1145, 1978.
- [4] Е.Н.Яковлев, Ю.А.Тимофеев, Б.В.Виноградов. Письма в ЖЭТФ, 29, 400, 1979.
- [5] Г.Н.Степанов, Е.Н.Яковлев, Т.В.Валянская. Письма в ЖЭТФ, 29, 460, 1979.
-