

ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕХОДА ВОДОРОДА В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ

Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Ю.А.Тимофеев

Исследуется электросопротивление водорода при $T = 4,2$ К в диапазоне давлений $P \sim 1$ Мбар. Обнаружен скачок электросопротивления на шесть порядков. Наблюдение явления "размораживания" проводящего состояния позволяет заключить, что скачок связан с фазовым переходом.

В последнее время вопросу перехода водорода в металлическое состояние уделялось большое внимание [1 — 7]. Согласно оценкам [1, 3 — 7] переход водорода в металлическую модификацию должен происходить при давлениях равных нескольким мегабарам.

Ранее сообщалось [8 — 11] об обнаружении переходов диэлектрик-металл в алмазе [8, 9], кремнеземе (SiO_2) [10], в Al_2O_3 и других веществах при давлениях $P \sim 1$ Мбар [11].

В настоящей работе в аналогичной методике [8 — 11] исследуются электрические свойства водорода. С этой целью водород осаждается на охлажденные до температуры 4,2 К наковальни, изготовленные из алмазов типа карбонадо [12]. Толщина слоя водорода регулируется количеством конденсируемого газа. В случае сравнительно больших толщин слоя твердого водорода сопротивление (R) не зависит от прикладываемого к наковальням усилия (F) и остается постоянно высоким.

Постоянство сопротивления $R(F) \approx \infty$ указывает на важный факт, заключающийся в том, что при данной температуре не происходит существенного вытекания твердого водорода из зазора между наковальнями.

При нанесении более тонких слоев водорода наблюдается скачок сопротивления по крайней мере на шесть порядков. рис. 1.

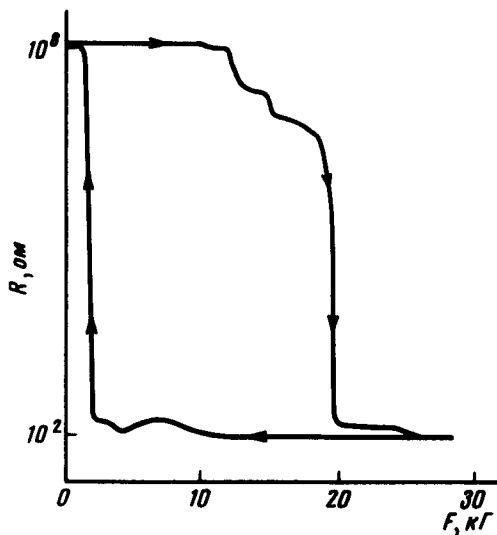


Рис. 1. Зависимость электросопротивления водорода при $T = 4,2$ К от усилия, прикладываемого к наковальням

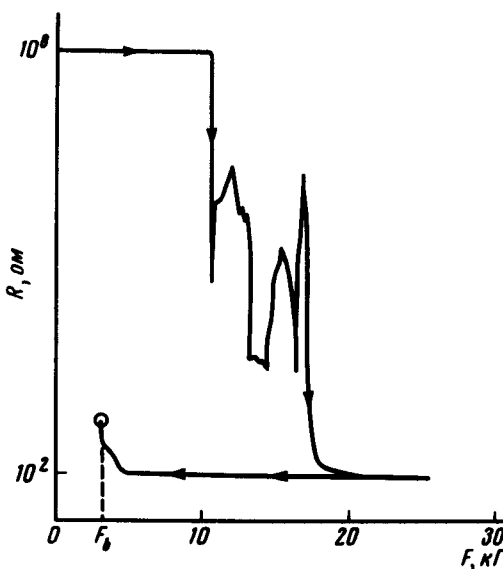


Рис. 2. Зависимость электросопротивления водорода при $T = 4,2$ К от усилия, при повторном нагружении. Сброс усилия произведен до значения $F = F_0$

Для того, чтобы убедиться в том, что скачок сопротивления связан с фазовым переходом применяется способ "размораживания" метастабильной фазы. Этот метод был использован ранее в работе [9 - 11].

На рис. 2 изображен ход сопротивления при повторном нагружении наковален. Сброс усилия в этом случае производится не до нулевого значения, а до значения $F = F_0$, при котором еще существует проводящая фаза, но уже появились признаки перехода в диэлектрическое состояние. Если при фиксированном усилии $F = F_0$ повысить температуру, то скорость фазового перехода должна увеличиться, метастабильная металлическая фаза должна "разморозиться".

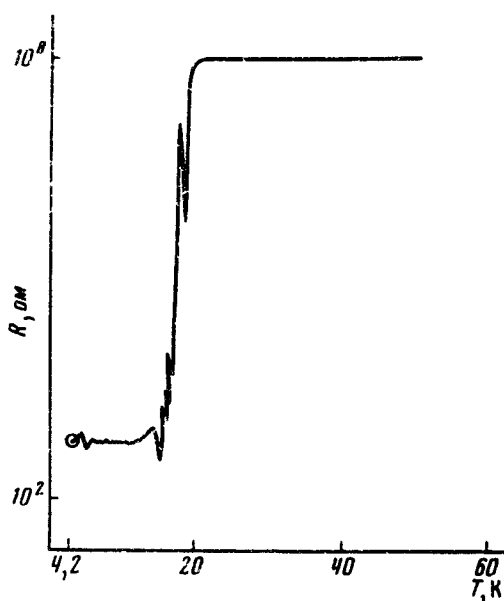


Рис.3. Зависимость электросопротивления водорода от температуры при фиксированном усилии F_0

На рис. 3 показан ход сопротивления от температуры при $F = F_0$. Наблюдение явления "размораживания" позволяет сделать заключение о том, что скачок сопротивления в водороде под давлением в условиях нашего эксперимента обусловлен фазовым переходом в металлическое состояние.

Давление перехода в настоящее время может быть оценено лишь приблизительно $P \sim 1$ Мбар, что по порядку величины совпадает с оценками, приведенными в работах [1-3-7].

В заключение заметим, что возвращение водорода в диэлектрическое состояние при снятии давления (см.рис.1) не может рассматриваться как невозможность существования металлического водорода при нормальных давлениях. Как известно, для сохранения "заковки" метастабильных модификаций веществ необходимо принимать специальные меры.

Институт физики
высоких давлений
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
27 декабря 1974 г.

Литература

- [1] W.C. De Marcus. Astron. J., **63**, 2, 1958
- [2] В. J. Alder. Progress on very high pressure research, p. 152, New-York - London, 1960.
- [3] А.А.Абрикосов. ЖЭТФ, **18**, 1399, 1964.
- [4] В.П.Трубицын. ФТТ, **7**, 3363, 1965.
- [5] В.П.Трубицын. ФТТ, **8**, 3241, 1966.
- [6] В.Н. Жарков, В.П.Трубицын Л.В.Самсоненко. Физика земли и планет. М., Изд. Наука, 1971.
- [7] Е.Г.Бровман, Ю Каган, А.Холас, ЖЭТФ, **62**,1492, 1972.
- [8] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Г.Н.Степанов, Б.В.Виноградов, Письма в ЖЭТФ, **16**, 382,1972

- [9] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Б.В.Виноградов, В.Н.Сакуи,
Г.Н.Степанов. Письма в ЖЭТФ, 17, 422, 1973.
- [10] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Б.В.Виноградов, В.Н.Сакуи,
Письма в ЖЭТФ, 20, 472, 1974.
- [11] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Б.В.Виноградов, В.Н.Сакуи.,
Письма в ЖЭТФ, 20, 540, 1974.
- [12] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Т.Д.Варфоломеева, В.Н.Слесарев,
Л.Е.Штеренберг. ДАН СССР, 185, 655, 1969.
-