

Письма в ЖЭТФ, том 20, вып. 8, стр. 540 – 544 20 октября 1974 г.

ПЕРЕХОДЫ Al_2O_3 , NaCl, S В ПРОВОДЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ

*Л.Ф.Верещагин, Е.И.Яковлев, Б.В.Виноградов,
В.П.Сахун*

Наблюдены переходы Al_2O_3 , NaCl и S в проводящее состояние под давлением. Давления получены в наковальнях, изготовленных из алмаза типа карбонадо.

Вопрос о переходе изолятора в металл является одним из фундаментальных вопросов физики твердого тела. С этой точки зрения было интересно исследовать возможность перехода ряда типичных изоляторов, таких, например, как корунд, хлористый натрий, сера.

Ранее нами была создана методика для наблюдения фазовых переходов в проводящее состояние при давлениях $P \sim 10^6$ бар. С помощью этой методики обнаружены переходы в алмазе и SiO_2 [1, 2].

Переходы под давлением из диэлектрического состояния в проводящее характеризуются наличием метастабильных фаз: при возрастании давления перед переходом в проводящее состояние метастабильной фазой является диэлектрическая фаза; при снятии давления перед переходом в диэлектрик — проводящая фаза.

При нагреве вещества, находящегося в метастабильном состоянии, вероятность перехода в стабильное состояние возрастает и при достаточно высокой температуре можно наблюдать переход в устойчивую модификацию. "Размораживание" метастабильных фаз является надежным тестом при исследовании переходов диэлектрик — металл и используется в настоящей работе.

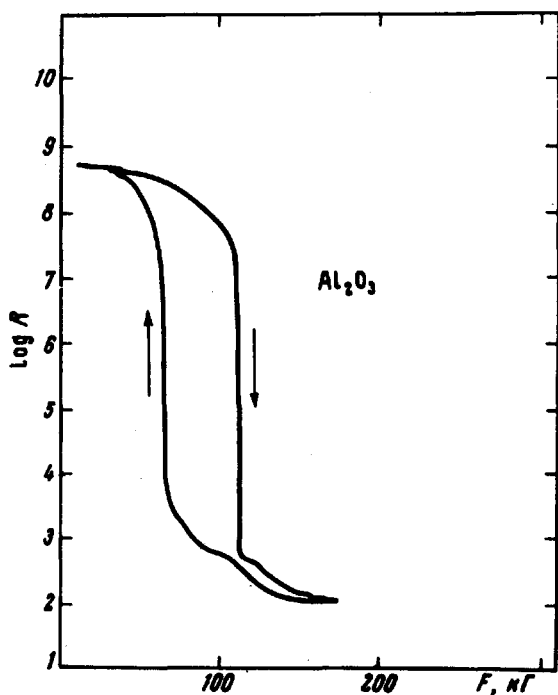


Рис. 1. Зависимость электросопротивления R от нагрузки на наковальни F

На рис. 1 изображен типичный ход электросопротивления порошка Al_2O_3 , помещенного между наковальнями, изготовленными из алмазов типа карбонадо. По оси абсцисс отложено усилие в кгГ , прикладываемое к наковальням. Из графика видно, что при снятии нагрузки на наковальни сопротивление возвращается к исходной величине. Это свидетельствует в пользу предположения о неразложимости Al_2O_3 при переходе в проводящее состояние под давлением.

На рис. 2, а представлена запись электросопротивления в опыте, когда снятие усилия на наковальни производится не до нуля, а до величины $F = F_b$. При фиксированном усилии F_b был произведен нагрев.

Из графика на рис. 2, б видно, что при возрастании температуры происходит переход в диэлектрическое состояние. Для "размораживания" метастабильной проводящей фазы в данном эксперименте необходимо было лишь незначительное увеличение температуры (рис. 2, б).

Возвращение сопротивления к исходной величине при "размораживании" проводящей фазы также свидетельствует в пользу предположения о неразложимости Al_2O_3 под давлением. При многократном нагружении и снятии нагрузки, нагреве образца Al_2O_3 до 300 С признаков разложения нами не обнаружено.

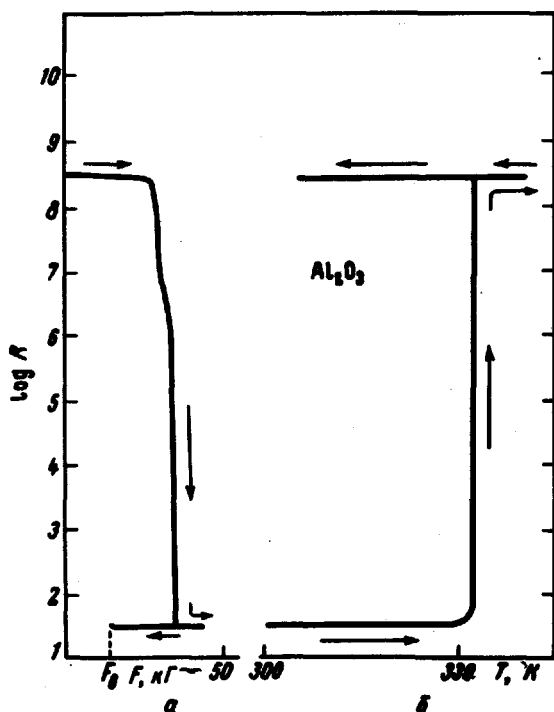


Рис. 2, а — Зависимость $R(F)$. При снятии нагрузки было зафиксировано усилие $F = F_0$ и произведен нагрев, б — ход сопротивления при нагреве

Исследование электропроводности NaCl под давлением показывает, что и у этого вещества существует проводящая фаза. При определенных условиях проводящая фаза становится метастабильной и ее можно путем нагрева перевести в диэлектрическое состояние. На рис. 3 приведена запись сопротивления NaCl от нагрузки; пунктирной линией изображен ход электросопротивления при "размораживании" метастабильной фазы. Заметим, что эксперименты с NaCl проводились с сухим порошком. Для этой цели NaCl прокаливался непосредственно в наковальнях.

Переход в NaCl обсуждался в докладе Пьермарини на Гордоновской конференции в США (1974, июнь). Мы считаем своим долгом упомянуть об этом факте, но для сопоставления результатов у нас в настоящее время нет точных данных.

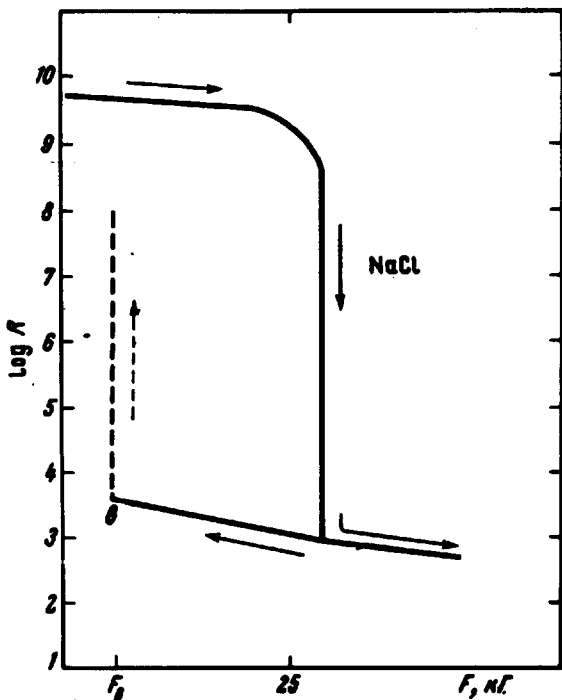


Рис. 3. Зависимость $R(F)$ для NaCl

Переход серы (S) в проводящее состояние ранее наблюдался только под действием динамических давлений ($P \sim 240$ кбар) и высоких температур (1000°C) [3]. Есть ссылки на работу при статических давлениях [4], выполненную в университете города Осака (Япония). Однако в печати эта работа не появлялась. В наших экспериментах мы наблюдали размытые переходы S в проводящее состояние (рис. 4).

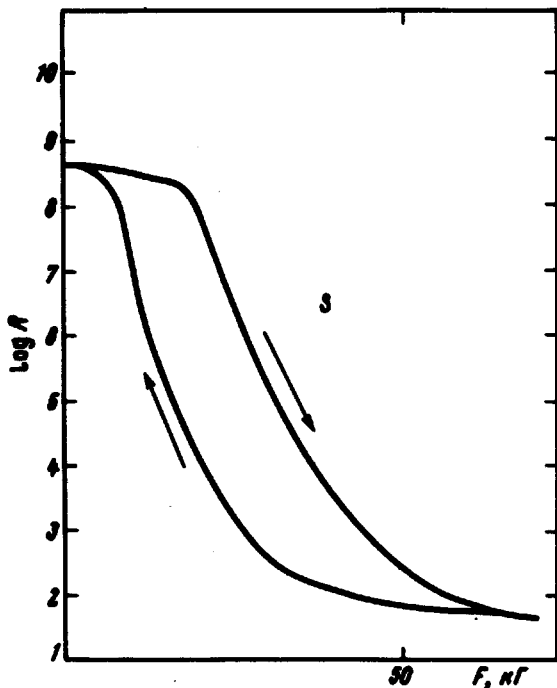


Рис. 4. Зависимость $R(F)$ для серы S

Выше были обсуждены переходы (Al_2O_3), хлористого натрия ($NaCl$) и серы (S) в проводящее состояние, что представляет собой первый этап исследования новых проводящих веществ, полученных под действием высоких давлений. Следующим шагом является установление очередности, в которой совершаются переходы под действием давлений. По предварительным оценкам давление перехода серы меньше давления перехода $NaCl$, которое в свою очередь меньше давления перехода Al_2O_3 . Давление перехода Al_2O_3 приблизительно совпадает с давлением перехода алмаза в проводящее состояние.

Институт физики высоких давлений
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
8 августа 1974 г.

Литература

- [1] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Г.Н.Степанов, Б.В.Виноградов. Письма в ЖЭТФ, 16, 382, 1972; Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Б.В.Виноградов, В.П.Сакун, Г.Н.Степанов. Письма в ЖЭТФ, 17, 422, 1973.
 - [2] Л.Ф.Верещагин, Е.Н.Яковлев, Б.В.Виноградов, В.П.Сакун, Г.Н.Степанов (в печати).
 - [3] N.Kawai, A.Nishiyama. Proc. Japan Acad., 50, 72, 1974.
 - [4] S.D.Hamann. Aust. J. Chem., 11, 391, 1951.
-