SEME-AA 63-0545

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

1963

том 152, № 5

A. A. Semerchan

Title: The Change in Electrical Resistance of —, —, and —, under pressure up to 200,000 kg/cm²

Доклады Академии наук СССР
1963. Том 152, № 5

ФИЗИКА

Semerchan Drozdova
А. А. СЕМЕРЧАН, Н. Н. КУЗИН, Л. Н. ДРОЗДОВА,
член-корреспондент АН СССР Л. Ф. ВЕРЕЩАГИН

ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ PbS, PbSe И PbTe ПОД ДАВЛЕНИЕМ ДО 200 000 кГ/см²

Представляет интерес изучение изменения электрического сопротивления сульфида свинца, селенида свинца и теллурида свинца под давлением до 200 000 кГ/см². Как известно, PbS, PbSe, PbTe близки по своим физическим и химическим свойствам, поскольку сера, селен и теллур являются химическими аналогами. Эти вещества имеют кристаллическую структуру типа NaCl с постоянными решетки, равными соответственно 5,91; 6,14; 6,34 Å.

На рис. 1, 2 и 3 представлено изменение электрического сопротивления PbS, PbSe и PbTe (1) под давлением до 200 000 кГ/см². Как видно из рисунков, кривые имеют одинаковую форму. Сначала с ростом давления электрическое сопротивление вещества уменьшается, проходит через минимум, затем резко возрастает, проходит через максимум и плавно уменьшается. Исследовалось несколько образцов каждого вещества различной степени чистоты, и, следовательно, с различными исходными электрическими свойствами. Как видно из рисунков, соответствующие кривые не накладываются друг на друга и отличаются по значениям R_{min} и R_{max}, а также по их отношению (R_{min} и R_{max}—минимальное и максимальное сопротивления одного и того же образца в интервале от атмосферного давления до 200 000 кГ/см²). Это различие может быть так велико, что для разных образцов одного и того же вещества (например, PbSe) приходится строить различные оси координат (см. рис. 2). Образцы очень мало различаются по своим геометрическим размерам (2). Полное изучение электрических свойств для каждого из этих веществ под давлением в зависимости от типа проводимости, числа и вида примесных атомов, способов их введения в кристаллическую решетку и т. д. имеют большой самостоятельный интерес.

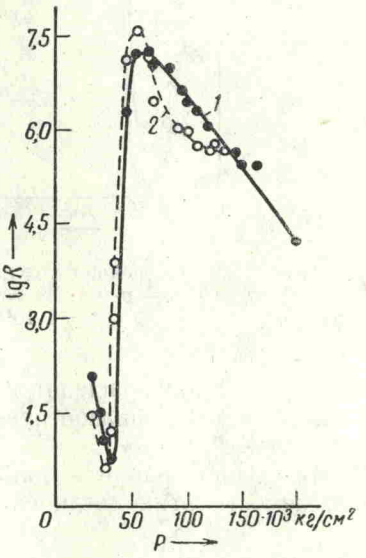


Рис. 1. Изменение электрического сопротивления PbS при давлениях до 200 кбар. *1*—*n*-тип, $n=4{,}9\cdot10^{18}$; *2* — *p*-тип, $n = 1{,}5\cdot10^{18}$ см⁻³

Таблица 1

Вещество	P^*_{min}	P^*_{max}	a, Å
PbS	25 000	50 000	5,91
PbSe	40 000— 45 000	75 000— 80 000	6,14
PbTe	65 000	80 000— 85 000	6,34

* По шкале Бриджмена.

Однако в данной работе мы должны отметить, что несмотря на различие в степени чистоты исходных веществ, значения P_{min} и P_{max} для каждого вещества остаются строго постоянными и являются разными для PbS, PbSe и PbTe (P_{min} и P_{max}—значения давления, при которых сопротивление одного и того же образца соответственно минимально, и максимально, в интервале от атмосферного давления до 200 000 кГ/см².)

Как видно из табл. 1, значения P_{min} и P_{max} увеличиваются вместе с ростом постоянной решетки a и хорошо совпадают для PbS и PbTe с имеющимися литературными данными [3]. По-видимому, PbS, PbSe и PbTe претерпевают

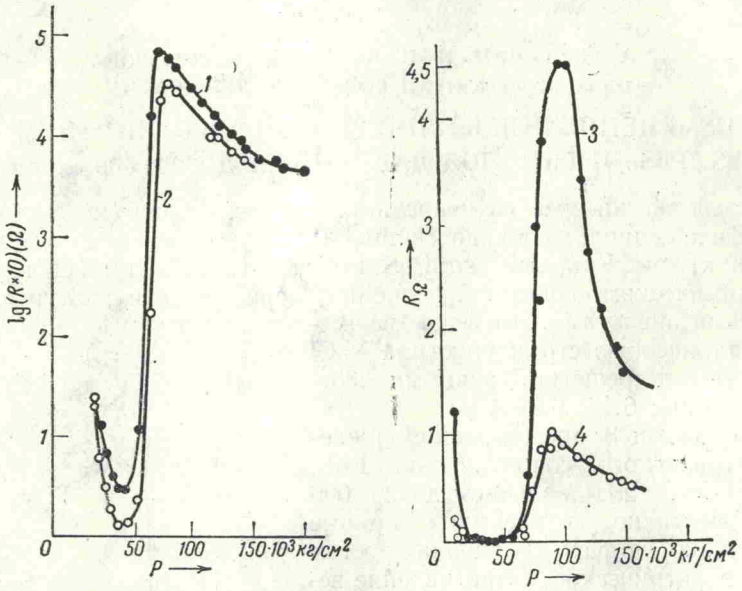


Рис. 2. Изменение электросопротивления PbSe при давлениях до 200 кбар. *1* — *p*-тип, $n = 8{,}3 \cdot 10^{17}$, *2* — *p*-тип, $n = 3{,}3 \cdot 10^{17}$, *3* — *n*-тип, $n = 3 \cdot 10^{19}$, *4* — *p*-тип, $n = 8 \cdot 10^{19}$ см$^{-3}$

полиморфные превращения в исследуемом диапазоне давлений. Необычным лишь является диапазон превращения, достигающий нескольких десятков тысяч атмосфер.

Интересно сравнить данные нашей работы с данными Бриджмена по сжимаемости этих соединений при давлениях до 100 000 кГ/см² [4]. Как видно из табл. 2, сжимаемость PbS, PbSe и PbTe увеличивается с ростом постоянных решетки этих соединений при атмосферном давлении. У PbS при давлениях около 25 000 кГ/см² наблюдается скачкообразное уменьшение объема (в табл. 2 не приводится). У PbSe при давлении 43 000 кГ/см² скачок в объеме составляет 0,024, у PbTe при 42 000 кГ/см² 0,033. По всей вероятности скачкообразное уменьшение объемов PbS, PbSe и PbTe непосредственно связано с формой кривых, полученных в данной работе.

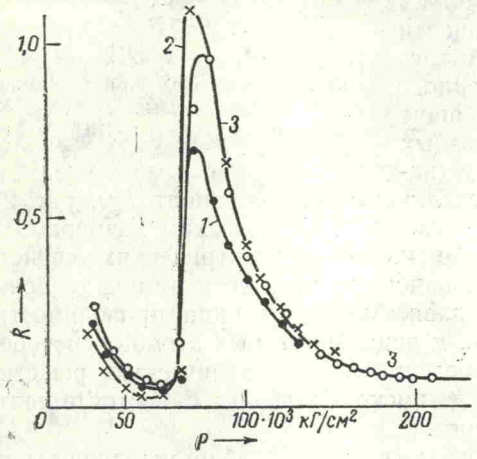


Рис. 3. Изменение электросопротивления PbTe при давлениях до 200 кбар. *1* — *p*-тип, $n = 4{,}9 \cdot 10^{9}$, *2* — *p*-тип, $n = 6{,}2 \cdot 10^{18}$, *3* — *p*-тип, $n = 6{,}24 \cdot 10^{18}$ см$^{-3}$

Наблюдаемые полиморфные превращения являются обратимыми. При уменьшении давления до атмосферного электросопротивление исследуемых образцов принимает первоначальное значение, за исключением небольшого уменьшения, вызванного некоторым изменением геометрических размеров образцов во время эксперимента. Методом рентгеноструктурного анализа в образце после

Таблица 2

Объем соединений PbS, PbSe, PbTe в интервале давлений от атмосферного до 100 000 кГ/см²

Давление кГ/см²	PbS	PbSe	PbTe	Давление, кГ/см²	PbS	PbSe	PbTe	Давление кГ/см²	PbS	PbSe	PbTe
1	1,000	1,000	1,000	40 000	0,918	0,922	0,930	70 000	0,892	0,867	0,855
25 000	0,933	0,938	0,944	50 000	0,909	0,888*	0,884**	80 000	0,886	0,858	0,842
30 000	0,928	0,932	0,939	60 000	0,900	0,877	0,869	90 000	0,881	0,849	0,831
								100 000	0,876	0,841	0,820

* Переход при 45 000 кГ/см², изменение объема от 0,917 до 0,893.
** Переход при 45 000 кГ/см², изменение объема от 0,925 до 0,892

снятия давления до атмосферного не было обнаружено появления новой фазы. Все измерения проводились при комнатной температуре.

Несомненный интерес представляет изучение температурной зависимости электрического сопротивления данных полупроводников от давления, которое будет проведено в дальнейшем.

Авторы выражают благодарность А. А. Аверкину за проявленный интерес к работе.

Институт физики высоких давлений
Академии наук СССР

Поступило
19 VI 1963

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Л. Ф. Верещагин, А. А. Семерчан и др., ДАН, **150**, № 5 (1963). [2] Л. Ф. Верещагин, А. А. Семерчан и др., ДАН, **145**, № 4 (1962). [3] J. A. Samara, H. J. Drickamer, J. Chem. Phys., **37**, 1159 (1962). [4] P. W. Brydgman, Proc. Am. Acad. Arts and Sci., **76**, 55 (1948).

Доклады Академии наук СССР
1963. Том 152, № 5

ФИЗИКА

Академик В. В. ШУЛЕЙКИН

НАЗЕМНЫЕ ОПЫТЫ С НЕВЕСОМЫМИ ЖИДКОСТЯМИ

В теоретических работах ([1], [2]) нами было исследовано поведение жидкости, теряющей весомость: а) при идеальном смачивании подстилающей твердой поверхности, б) при отсутствии смачивания. И в первом, и во втором случаях основное внимание было обращено на форму поверхности жидкости в состоянии статического равновесия при уменьшении весомости в определенное число раз. Динамическая сторона задачи была исследована только схематически: отвлекаясь от сил внутреннего и поверхностного трения и без учета энергии на поверхности соприкосновения между жидкостью и твердым телом. При такой схематизации оказывалось, что молекулярные силы, искривляющие поверхность раздела жидкость — воздух, могут перевести систему через положение статического равновесия и увлечь ее до некоторого крайнего состояния; после этого система должна пойти назад, миновать положение статического равновесия и вернуться в исходное положение, с которого опять начнется колебательный процесс.

В работах ([1], [2]) было отмечено, что силы поверхностного и внутреннего трения должны значительно осложнить движение, создаваемое поверхностным натяжением и сопутствуемое силами инерции. С другой стороны, на динамике исследуемой системы должно отражаться значение поверхностной энергии там, где жидкость соприкасается с твердой подстилающей поверхностью, а потому принципиально возможно использовать наблюдения за описанными явлениями для экспериментального определения этой энергии (как известно, до настоящего времени экспериментальным путем удалось определить только энергию на поверхности раздела вода — парафин).

Исследование всяческих помех, борьба с ними и разработка новой методики надежней всего могут быть осуществлены при мгновенном возникновении невесомости, после которого исследуемая жидкость должна фотографироваться киноаппаратом с достаточно большим числом кадров в секунду, а это легко выполнимо при наземных опытах со свободно падающим снарядом, внутри которого надо разместить необходимую экспериментальную аппаратуру,— невесомость возникнет мгновенно, в момент начала падения снаряда.

На рис. 1 схематически изображен продольный разрез такого снаряда, построенного по нашему проекту. Его длина составляет 1200 мм, а диаметр наибольшего поперечного сечения 400 мм. На схему не нанесено оперение стабилизатора. При обтекаемой форме поверхности и осуществленных скоростях падения сопротивление воздуха ничтожно по сравнению с весом всего снаряда (250 кг), а потому ускорение ничтожно мало отличается от g, и падение с достаточным приближением может считаться свободным.

Внутри снаряда на круглом предметном столике *1* поставлена парафиновая кювета, дно которой сверху очерчено поверхностью круглого конуса с углом 174° при вершине; иными словами, образующие конуса наклонены к горизонтальной плоскости под углом 3°. Это позволяет перед падением снаряда обеспечить устойчивое положение «дискообразного» слоя несмачивающей жидкости в кювете, невзирая на неизбежные небольшие отклонения оси снаряда от вертикали. Кювета с жидкостью отражается в зеркале *2* с внешним серебрением, на которое сверху наведен объектив киноаппарата *3*, позволяющего получать до 64 кадров в секунду. На каждом кадре над жид-