

Ю. А. ДУНАЕВ

**ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ PbS ВБЛИЗИ АБСОЛЮТНОГО
НУЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 7 VIII 1946)

В предыдущих измерениях температурного хода эффекта Холла у образцов PbS было найдено, что концентрация носителей до некоторой температуры (450—500°C) остается постоянной и затем начинает увеличиваться по экспоненциальному закону. Это привело к предположению, что в сернистом свинце существует запретная энергетическая зона, причем в верхней зоне проводимости имеется постоянная, не зависящая от температуры концентрация носителей порядка 10^{18} — 10^{19} . Решающей проверкой этого предположения должны служить измерения сопротивления PbS при температурах, близких к абсолютному нулю.

В самом деле, если в сернистом свинце есть постоянная, не зависящая от температуры концентрация носителей, то сопротивление его по мере приближения к абсолютному нулю должно убывать, стремясь к какому-то малому конечному значению. В случае же классической энергетической схемы полупроводника сопротивление с понижением температуры должно стремиться к бесконечности.

Второй вопрос, на который можно получить ответ по измерениям PbS при низких температурах, — это вопрос о существовании сверхпроводимости в сернистом свинце. По измерениям в Торонто (1), в PbS была найдена сверхпроводимость около 4,2° К, в то же время Meissner дает отрицательный ответ на существование сверхпроводимости. Наличие сверхпроводимости в PbS, обнаруженное в Торонто, приписывается наличию мостиков свинца в образцах. Для проверки нами были взяты образцы, наиболее полно охватывающие различные состояния серни-

№ образца	Концентрация носителя по Холлу	Проводимость $\Omega^{-1} \text{ см}^{-1}$	Подвижность	Термоэдс $\mu\text{V/град}$	Характер проводимости	Агрегатное состояние	Избыточный свинец
31	$5,6 \cdot 10^{18}$	130	311	203	электронная	поликристалл	0
3	$7,0 \cdot 10^{18}$	—	—	215	электронная	поликристалл	5%
M	$4 \cdot 10^{18}$	—	—	287	дырочная	монокристалл	0
12/2	$2,67 \cdot 10^{16}$	1.68	2.0	630	дырочная	поликристалл	0

того свинца. В таблице представлены некоторые параметры образцов, причем основным считалась концентрация носителей. Избыточный свинец определялся термическим анализом и по микрофотографии.

Порядок измерений. При низких температурах измерялось только сопротивление образцов. Измерения производились обычным способом при помощи высокоомного компенсатора. Зонды и токовые контакты для устойчивости были сделаны пружинящими. Температурный интервал измерений был от 280 до 2,2° К. Низшая температура, которая была получена, 2,15° К. Образцы всегда были погружены в жидкий газ непосредственно. При всех температурах измерения были устойчивы.

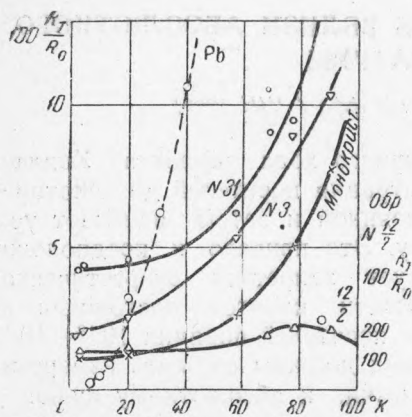


Рис. 1

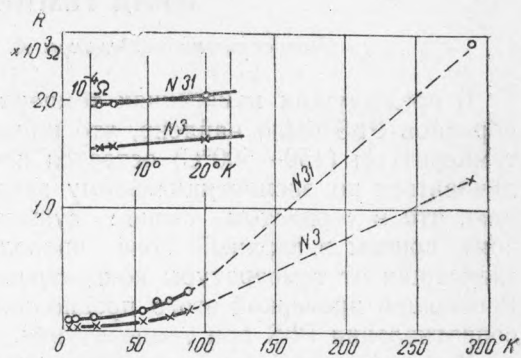


Рис. 2

Результаты измерений. На кривой рис. 1 представлена температурная зависимость $100 R_T / R_0$ для всех измеренных образцов; там же нанесена кривая для чистого свинца. Все кривые для образцов PbS стремятся к некоторому остаточному сопротивлению без какой-либо тенденции к сверхпроводимости или к бесконечно большому значению сопротивления.

Абсолютные значения сопротивления нанесены на кривых рис. 2 и 3.

На всех представленных графиках совершенно особым образом меняется сопротивление у дырочного образца № 12/2 с малой величиной начальной концентрации (см. рис. 4). Кривая $R = f(T)$ для этого образца имеет максимум при температуре $\sim 75^\circ$ К. Это явление наблюдается и у образца № 3, но максимум сопротивления здесь имеет место при температуре $\sim 800^\circ$ К.

Измерение эффекта Холла при высоких температурах доказывает, что вблизи максимума сопротивления наблюдается прибавление концентрации носителей. При этом чем больше начальная концентрация носителей, тем при более высокой температуре лежит максимум сопротивления. Вероятно, и в образце № 12/2 разыгрывается аналогичное явление, но максимум сопротивления лежит, в соответствии с меньшей концентрацией, в более низкой области температур.

Интересно сравнить наши измерения с аналогичными измерениями Meissner'a (2) и McLennan'a (1) по сверхпроводимости. На рис. 5 представлены кривые для наших образцов и образцов других авторов. Сверхпроводимости во всех образцах до температуры $2,15^\circ$ К не обнаружено; исключение составляет только образец Торонто. Наиболее чистый образец Meissner'a имел малое остаточное сопротивление, но

наш дырочный монокристалл имеет еще меньшее $R_{ост}$; очевидно, мы располагали более чистым образцом*.

Резюме

1. Выяснено, что PbS не может быть причислен к классу проводников, у которых количество носителей в зоне проводимости обязано только тепловому перебору, т. е. что PbS не полупроводник в классическом понимании.

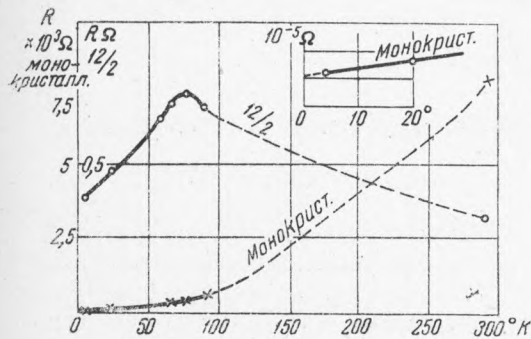


Рис. 3

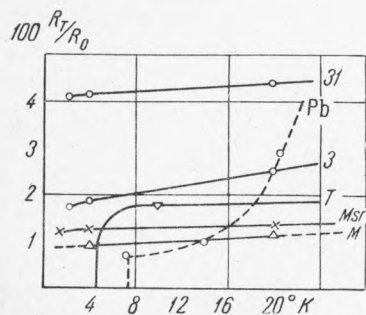


Рис. 5. T — образец Mc Lennan'a, Msr — чистый образец Meissner'a, M — дырочный монокристалл

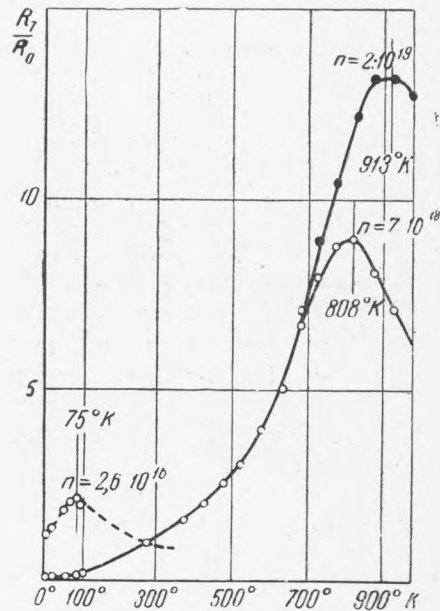


Рис. 4

2. Дырочный и электронный сернистый свинец ведут себя одинаково при низких температурах.

3. Сверхпроводимости в измеренных образцах найдено не было.

В заключение автор выражает благодарность Н. А. Бриллиантову, руководившему измерениями при низких температурах в Институте физических проблем АН СССР.

Поступило
7 VIII 1946

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. C. McLennan, J. F. Allen, J. O. Wilhelm, Trans. Roy. Soc. Canada, 24, III (1930). ² W. Meissner, H. Franz u. H. Westerhoff, Ann. d. Phys., 17, 593 (1933).

* На чистоту образца указывает большая подвижность, 580, в то время как у № 3 она равна 300.