

Академик АН УССР Б. Г. ЛАЗАРЕВ, Е. Е. СЕМЕНЕНКО,
В. И. ТУТОВ

**ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА СВИНЦА
С ИСКАЖЕННОЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКОЙ**

Известно, что искажение кристаллической решетки металла, как правило, повышает температуру сверхпроводящего перехода (T_n), кроме того сильно расширяется интервал перехода (ΔT_n)⁽¹⁻³⁾. При этом, чем меньше параметр q в выражении современной теории для T_n ⁽⁴⁾

$$T_n \sim \theta_d e^{-1/q} \quad (1)$$

(θ_d — температура Дебая, $q = NV$, N — плотность электронных состояний, V — константа электрон-фононного взаимодействия), тем больше смещение T_n и тем больше ΔT_n .

Как было показано ранее⁽³⁻⁶⁾, среди всех изученных металлов наибольшее смещение T_n у алюминия, у которого $q = 0,173$ ⁽⁹⁾ (и у которого T_n вырастает в $\sim 3,5$ раза), а у свинца $q = 0,495$ ⁽⁹⁾ и смещение T_n прак-

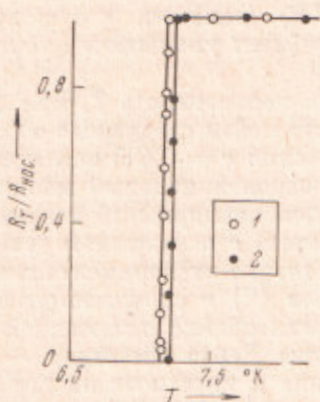


Рис. 1

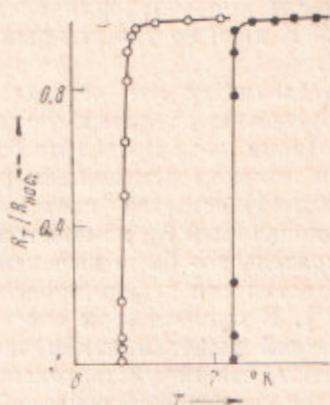


Рис. 2

тически отсутствует (не превышает 10^{-2} градуса). Повышение T_n в основном, по-видимому, происходит из-за роста q при искажении решетки металла. Значение q ограничено величиной 0,5 теоретически^(9, 10), и это было показано нами экспериментально⁽⁵⁾.

Особенности свинца, как сверхпроводника с сильной связью, с максимальным значением величины q интересно проявляются в характере его кривых перехода, в поведении T_n .

В этом сообщении излагаются новые результаты изучения поведения перехода свинца с искаженной кристаллической решеткой. Искажение кристаллической решетки металла получалось конденсацией его паров на подложку, охлаждаемую жидким гелием. Методика и прибор⁽¹¹⁾ позволили получать слои сконденсированного металла без нагревания в процессе конденсации более чем на несколько градусов. Наибольшее искажение получалось у наиболее тонких слоев: известно, что полученные в таких

условиях слой свинца толщиной $\geq 100 \text{ \AA}$ еще имеют кристаллическую структуру, которая у более тонких слоев утрачивается и слои становятся аморфными⁽¹²⁾.

На рис. 1 изображены кривые перехода пленки свинца толщиной 2000 \AA : свежеконденсированный слой (1) после отогрева до комнатной температуры (2). У таких толстых слоев смещение очень мало ($< 0,01^\circ$)

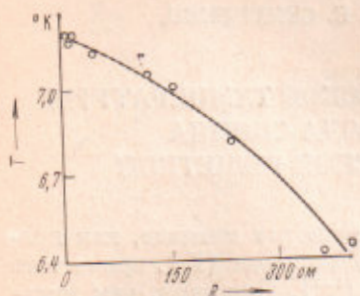


Рис. 3

и после отжига критическая температура возвращается к значению T_n массивного металла ($7,2^\circ \text{ K}$). Обращает на себя внимание большая острота перехода ($\sim 10^{-3}$ градусов) у слоев в обоих состояниях.

Переход к меньшей толщине конденсируемых слоев приводит к совсем иному поведению кривых перехода. На рис. 2 изображено поведение пленки толщиной $\sim 50 \text{ \AA}$ (обозначения те же, что и на рис. 1). Наблюдается уже заметное смещение температуры перехода (до $6,4^\circ \text{ K}$ — на $0,8^\circ$, т. е. на $\sim 10\%$), которое, однако, восстанавливается до значения T_n массивного металла после отогрева слоев до $\sim 300^\circ \text{ K}$. Эти кривые интересны также очень резким переходом ($\leq 1\% T_n$). Ни один из иных сверхпроводников не ведет себя подобным образом — в самом лучшем случае (например, у индия) переход совершается в интервале нескольких сотых градусов (а для тонких слоев ΔT_n достигает $0,5^\circ$), в случае же тонких слоев алюминия ΔT_n достигает $\sim 1^\circ$.

На рис. 3 приведен ход T_n от толщины в интервале толщин $3000 \div 50 \text{ \AA}$ (в единицах сопротивления пленки, $d \sim 1/R$) (заметим, что получить $T_n < 6,4^\circ \text{ K}$ пока не удастся даже при дальнейшем уменьшении толщины пленки).

Представляется, что острота перехода и неизменность T_n при искажениях решетки и толстых слоев свинца могут найти следующее объяснение. У свинца из-за предельно большого значения $q = 0,495$ последнее не меняется никаким искажением решетки, и экспоненциальный множитель в формуле (1) остается постоянным. Предэкспоненциальный множитель, пропорциональный θ_d , изменяется (уменьшается) с искажением решетки, это обстоятельство было выяснено непосредственно экспериментально ранее у пластически деформированных металлов⁽¹³⁾ и сконденсированных слоев⁽¹⁴⁾. В примененном способе образования крайне искаженной кристаллической решетки изменение температуры Дебая достигает $\sim 10\%$.

Заметим, что нечувствительность T_n свинца к пластической деформации делает его удобной реперной температурной точкой⁽¹⁵⁾.

Физико-технический институт
Академии наук УССР
Харьков

Поступило
3 IX 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Buckel, R. Nilsch, Zs. Phys., 138, 109 (1954). ² Н. В. Заварицкий, ДАН, 82, 229 (1952). ³ Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семеновко, А. И. Судовцов, ЖЭТФ, 45, 391 (1963). ⁴ Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семеновко, В. М. Кузьменко, Физ. мет. и металловед., 23, 651 (1967). ⁵ Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семеновко, В. М. Кузьменко, Там же, 25, 273 (1968). ⁶ Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семеновко и др., ДАН, 165, 1275 (1965). ⁷ G. Minnigerode, Zs. Phys., 154, 442 (1959). ⁸ J. Vardeen, L. N. Cooper, J. R. Schieffer, Phys. Rev., 108, 1175 (1957). ⁹ D. Pines, Phys. Rev., 109, 280 (1958). ¹⁰ А. А. Абрикосов, И. М. Халатников, УФН, 65, 551 (1958). ¹¹ Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семеновко, А. И. Судовцов, ЖЭТФ, 40, 105 (1961). ¹² P. Baier, Zs. Phys., 213, 89 (1968). ¹³ В. И. Хоткевич, В. Р. Голик, ЖЭТФ, 20, 427 (1950). ¹⁴ Н. В. Заварицкий, ЖЭТФ, 57, 752 (1969). ¹⁵ Б. Г. Лазарев, Ю. Я. Миленко, К. Г. Бреславец, ДАН, 178, 74 (1968).