

СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ ПЛЕНОК БЕРИЛЛИЯ, ИСПАРЕННЫХ СОВМЕСТНО С ЦИНКОВЫМ ЭТИОПОРФИРИНОМ

Н.В.Алексеевский, В.И.Цебро, Е.И.Филиппович

Как известно [1, 2], пленки бериллия, конденсированные на холодную подложку, переходят в сверхпроводящее состояние в области температур от 5,4 до 8,6°К. При этом величина критической температуры является функцией толщины пленки [2]. Нами были проведены исследования критической температуры пленок бериллия, испаренных совместно с цинковым этиопорфирином (Zn – эп) на подложку, находившуюся при температуре жидкого гелия. Возможность повышения температуры перехода при совместном испарении металлической и неметаллической компонент уже обсуждалась в литературе [3]. Использование в качестве неметаллической компоненты Zn – эп представляло дополнительный интерес, так как Zn – эп является одним из возможных объектов, на котором мог бы быть обнаружен электрон-электронный механизм сверхпроводимости [4].

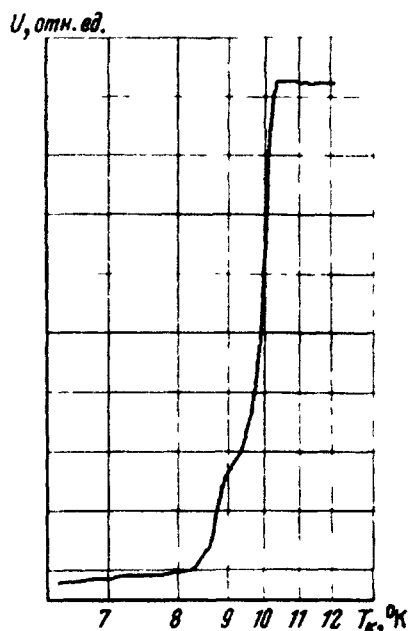


Рис. 1. Кривая сверхпроводящего перехода пленки Be, испаренного совместно с цинковым этиопорфирином

Приготовление пленок и измерение их критической температуры проводилось в приборе, описанном в [2]. Испарение Be и Zn – эп проводилось одновременно с двух вольфрамовых испарителей. На рис. 1 приведена кривая перехода в сверхпроводящее состояние одной из пленок бериллия, испаренного совместно с Zn – эп. Толщина такого слоя, оцененная из изменения частоты кварцевого измерителя, составляла $\geq 500 \text{ \AA}$, т. е. существенно превышала критическую толщину ($d_{\text{крит}} \sim 200 \text{ \AA}$) пленок бериллия, см. [2]¹⁾. Как видно из приведенной кривой, T_k такой плен-

¹⁾ По нашим оценкам отношение компонент в такой пленке составляло 3:1, для Be и Zn – эп, соответственно.

ки равна $10,2^\circ\text{K}$ ¹⁾. После отогрева до комнатной температуры сверхпроводимость не была обнаружена вплоть до $1,5^\circ\text{K}$. При комнатной температуре пленка имела сопротивление $\sim 500 \text{ ом}$.

Кроме пленок, полученных одновременным испарением Ве и Zn-эп, были приготовлены пленки при послойном испарении Ве и Zn-эп. Результаты одного из таких экспериментов приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

	Ве	Zn-эп	Ве	Zn-эп	Ве
$\Delta f, \text{ иц}$	100	260	75	470	70
$T_K, ^\circ\text{K}$	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7

Здесь Δf — изменение частоты кварцевого измерителя толщины в герцах.

Из табл. 1 видно, что $T_K = 7,7^\circ\text{K}$ и не меняется при послойном допылении Ве и Zn-эп. Эта температура соответствует, по-видимому, T_K первого слоя Ве, толщина которого лежит несколько правее максимума на кривой зависимости $T_K(d)$, см. [2].

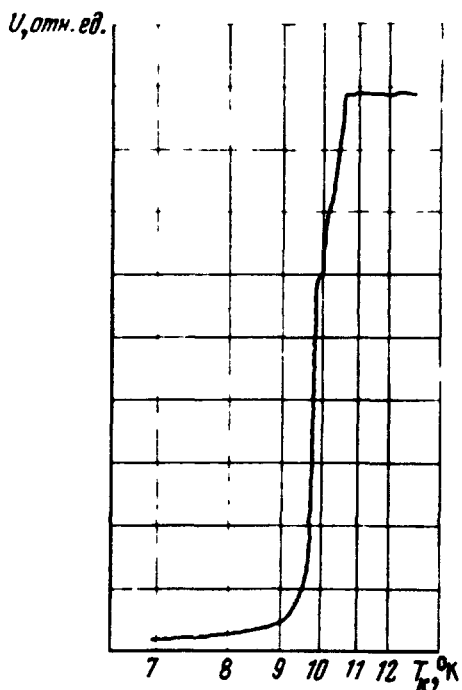


Рис. 2. Кривая сверхпроводящего перехода пленки Ве, испаренного совместно с KCl

¹⁾ T_K везде определялось по началу перехода. Перегиб на кривой перехода, возможно, связан с неоднородностью слоя.

Увеличение T_K в пленках, состоящих из совместно испаренных Be и цинкового этиопорфирина можно было бы приписать проявлению электрон-электронного механизма сверхпроводимости. Однако, на основании изложенных выше результатов можно также предположить, что такой слой, состоящий из мелких кристаллитов Be, разделенных Zn — эл, имеет высокую температуру перехода в результате трехмерного квантования электронов в кристаллах Be [5].

Для проверки справедливости этого предположения были проведены эксперименты, в которых проводилось совместное испарение Be и KCl. Один из результатов таких экспериментов приведен в табл. 2. Кривая перехода первого слоя приведена на рис. 2. Эти результаты показывают, что и в этом случае полученные совместным испарением слои имеют высокие T_K , которые не зависят от толщины слоя.

Т а б л и ц а 2

	Be и KCl	Be и KCl	Be и KCl	Be и KCl	Be и KCl
$\Delta f, \text{ мц}$	70	110	120	500	800
$T_K, \text{ }^\circ\text{K}$	10,6	10,4	10,2	10,2	10,2

Эти слои также не имеют критической толщины и сверхпроводимость у них сохраняется вплоть до толщины $\sim 1000 \text{ \AA}$.

Интересно, что такие слои остаются сверхпроводящими даже после нагрева до температуры близкой к комнатной, см. табл. 3¹⁾.

Т а б л и ц а 3

Свежеконденсированный слой	$T_K = 10,6^\circ\text{K}$
10-ти часовая выдержка при 77°K	$T_K = 8,3^\circ\text{K}$
Часовая выдержка при 160°K	$T_K = 8,3^\circ\text{K}$
Часовая выдержка при 220°K	$T_K = 6,5^\circ\text{K}$
Часовая выдержка при 300°K	—

Можно полагать, что мелкодисперсная система частиц Be разделенных диэлектриком (цинковым этиопорфирином или хлористым калием), из-за стабилизирующего действия поверхностной энергии [6] вследствие сильно развитой поверхности, может оставаться в β -модификации вплоть до достаточно больших толщин слоя и при отогреве вплоть до комнатной температуры. Размерное квантование повышает T_K такой системы до значений $10 + 11^\circ\text{K}$. Значение T_K более высокое, чем у свежеконденсированных пленок Be [2] может быть следствием того, что в этом случае имеет место трехмерное квантование [5], и кроме того роль флуктуаций, приводящих к падению T_K для пленок с $d < 50 \text{ \AA}$ в этом

¹⁾ Сверхпроводимость чистых бериллиевых пленок, по данным [1], исчезает при отогреве до $30 + 60^\circ\text{K}$.

случае становится, по-видимому, менее существенной. Влияние размерного квантования на T_K сверхпроводников, как уже отмечалось ранее [5, 7, 8], является одним из путей повышения T_K в системах с электрон-фононным взаимодействием¹⁾.

В пользу того, что именно размерное квантование ответственно за рост T_K у пленок Ве, говорят опыты, в которых пленка бериллия конденсировалась на подложку, на которую предварительно был сконденсирован слой Zn — эп. В этом случае T_K слоя не зависела от толщины и обычно составляла $\sim 4,0^\circ\text{K}$. Такую температуру перехода, вероятно, должен иметь массивный β -бериллий. Интересно, отметить, что экстраполяция кривой $T_K(d)$, (см. работу [2]), дает для $d \rightarrow \infty$ значение T_K близкое к этой величине. Эти результаты можно следовательно рассматривать, как подтверждение того, что "порча" поверхности пленки (которая в данном случае вызывается предварительной конденсацией слоя Zn — эп) препятствует проявлению размерного квантования, которое очень чувствительно к качеству поверхности пленки и требует зеркального отражения электронов на границах слоя.

В ближайшем будущем будут опубликованы подробные результаты этих исследований.

Авторы благодарны В.М.Закосаренко и Ю.А.Денискину за помощь в экспериментах.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
2 февраля 1971 г.

Литература

- [1] Б.Г.Лазарев, Е.Е.Семененко, А.И.Судовцов. ЖЭТФ, 37, 1461, 1959; ЖЭТФ, 40, 105, 1961.
- [2] Н.Е.Алексеевский, В.И.Шebro. Письма в ЖЭТФ, 10, 181, 1969.
- [3] В.Л.Гинзбург. УФН, 101, 185, 1970.
- [4] A.D.Adler. Proc. Int. Symposium on the Physical and Chemical Problems of Organic Superconductors page 105, Honolulu, 1969.
- [5] R.H.Parmenter. Phys. Rev. 166, 392, 1968.
- [6] А.И.Бублик, Б.Я.Пинес. ДАН СССР, 87, 215, 1952.
- [7] В.З.Кресин, Б.А.Тавгер. ЖЭТФ, 50, 1689, 1966; Proc. X-th Int. Conf. Low Temp. Phys., 11b, 219, Moscow, 1966.
- [8] N.E.Alekseevskii. Elektrotechnicky Casopis XXI, 323, 1970 (доклад на совещании по сверхпроводимости, Братислава, 1969).
- [9] F.R.Gamble, H.M.McConnell. Phys. Lett., 26A, 162, 1968.
- [10] F.Meunier, J.P.Burger, G.Deutscher, E.Guyon. Phys. Lett., 26A, 309, 1968.

¹⁾ Не исключено, что аналогичным образом можно интерпретировать результаты работ [9, 10].