

УДК 537.312.62

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

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

**СТАБИЛИЗАЦИЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕЙ МОДИФИКАЦИИ
БЕРИЛЛИЯ ПРИМЕСЬЮ АЛЮМИНИЯ**

Известно, что слои Bi (¹), Ga, Be (²), полученные при конденсации на поверхность, охлажденную жидким гелием, находятся в аморфном состоянии и имеют сравнительно высокие температуры сверхпроводимости: 6, 8 и 10,5° К соответственно (³⁻⁵). Состояние этих слоев очень нестабильно и нагрев до сравнительно невысоких температур (для Bi — 30° К, для Ga — 60° К) приводит к резкому переходу к другой, более стабильной, модификации (^{3, 4}).

Слой берилия, полученный в очень чистых условиях, не выносит отогрева выше ~40° К (⁵). Однако даже незначительные примеси существенно повышают устойчивость этих слоев. Уже в первых наших исследованиях сверхпроводимости слоев берилия было обнаружено, что образование их в ухудшенных вакуумных условиях приводит к сохранению «остатков» сверхпроводимости после отогрева слоя до комнатной температуры (⁶).

Подобное явление наблюдалось также и на висмуте (⁷). Так, при совместном испарении Bi с Cu, LiF и Sb «остатки» сверхпроводимости сохранялись после отогрева слоев вплоть до 200° К. «Остаток» сверхпроводимости проявлялся в том, что наблюдалось более или менее резкое понижение сопротивления, однако не до нулевого значения, при температуре ниже T_c чистого неравновесного слоя (⁷).

Аморфные нестабильные слои Sn с $T_c \sim 7^{\circ}$ К получались совместным испарением с Cu (⁸). При добавке ~18% меди аморфное состояние олова, как это было показано электронографически, задерживается до ~200° К.

Данное сообщение посвящено изложению экспериментальных результатов наших исследований влияния примеси алюминия на повышение температуры существования нестабильной сверхпроводящей модификации берилия.

Исследованные пленки получались совместной конденсацией Be и Al на подложку, охлаждаемую либо жидким гелием, либо жидким азотом. Методика получения слоев и исследования их сверхпроводящих характеристик была та же, что и ранее (⁶), за исключением того, что было два отдельных испарителя металлов.

На рис. 1 приведены данные для слоя Be — Al, полученного одновременным испарением Be и Al из независимых испарителей. Толщина слоя ~1200 Å с примерно одинаковым содержанием компонент. Подложка охлаждалась жидким гелием. Свежесконденсированный слой имеет сверхпроводящий переход в интервале 10,5—8,5° К (кривая 1). Отогрев слоя до ~30° К практически не изменяет кривой сверхпроводящего перехода, хотя наблюдается очень незначительное понижение сопротивления слоя (кривая 2). Отогретый до ~100° К слой имеет сверхпроводящий переход в области 10—8° К, т. е. еще при достаточно высокой температуре (кривая 3).

Дальнейший отжиг приводит к последующему понижению T_c , однако и отогретый до комнатной температуры и выдержаный при этом в течение трех суток слой остается сверхпроводящим (кривая 4) в интервале

8—5° К. После выдержки слоя при температуре 450° К в течение двух часов температура сверхпроводящего перехода понизилась до 3,5° К (кривая 5).

Кривые 1—4 (рис. 1) относятся к поведению берилля, а кривая 5, возможно, характеризует уже сверхпроводимость алюминия.

На рис. 2 для сравнения приведена кривая сверхпроводящего перехода для слоя чистого берилля толщиной $<100 \text{ \AA}$ и полученного в очень чистых условиях в этом же приборе. Эта кривая очень близка к кривой рис. 1.

Поведение слоя Be-Al, полученного на подложку, охлаждаемую жидким азотом, приведено на рис. 3. Толщина слоя $\sim 1300 \text{ \AA}$, содержание компонент такое же, как и на рис. 1. Свежесконденсированный слой имеет температуру сверхпроводящего перехода в интервале 8,5—6° К (кривая 1), причем сопротивление падает до нуля. После отогрева до комнатной температуры и выдержки при ней в течение трех суток — сверхпроводящий переход происходит в интервале 7,5—2,5° К (кривая 2). Даже после двухчасового отжига при 400° К сохраняется сверхпроводимость (кривая 3) с $T_c \sim 4,5^\circ\text{K}$ (по началу перехода).

Таким образом, примесь алюминия приводит к устойчивости сверхпроводящей модификации берилля в области температур вплоть до комнатной. При этом, в то время как у чистого берилля сверхпроводящая модификация с $T_c \sim 10,5^\circ\text{K}$ (по началу перехода) сохраняется при отогреве только до $\sim 40^\circ\text{K}$, с примесью алюминия эта область

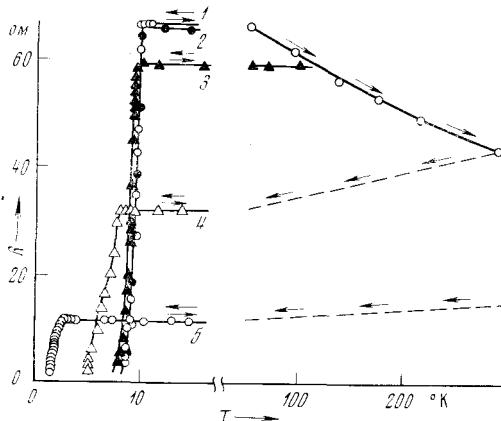


Рис. 1

вости сверхпроводящей модификации берилля в области температур вплоть до комнатной. При этом, в то время как у чистого берилля сверхпроводящая модификация с $T_c \sim 10,5^\circ\text{K}$ (по началу перехода) сохраняется при отогреве только до $\sim 40^\circ\text{K}$, с примесью алюминия эта область

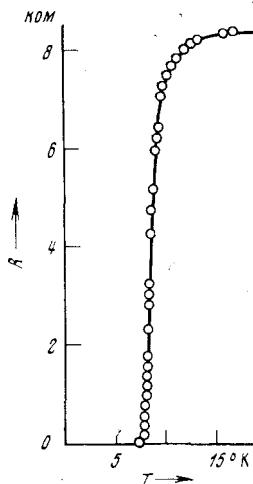


Рис. 2

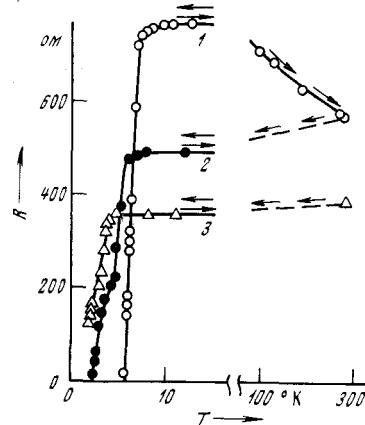


Рис. 3

расширяется до $\sim 120^\circ\text{K}$. Отогрев до комнатной температуры приводит к понижению T_c слоя до $\sim 8^\circ\text{K}$ (по началу перехода).

Когда были получены настоящие результаты, появилось сообщение Н. Е. Алексеевского, В. И. Цебро, Е. И. Филипповича по исследованию фиксации берилля неметаллическими примесями (⁹).

Интересно, что температура сверхпроводящего перехода слоя берилля для всех примесей (металлических и неметаллических) остается примерно одной и той же $\sim 10,5^\circ\text{K}$ (по началу перехода) и не превышает T_c чистого слоя берилля (см. рис. 2).

Как видно из кривых рис. 1, стабилизирующие действия алюминия выше, чем у неметаллических примесей. Действительно, уже отжиг при 77°K берилля с примесью KCl (⁹) понижает T_c до $8,3^\circ\text{K}$, а отогрев до 220°K понижает T_c до $6,5^\circ\text{K}$. Отогрев до комнатной температуры такие слои не выдерживает.

Возвращаясь к слоям Ве с примесями Al, сконденсированных на подложку, охлаждаемую жидким азотом, отметим как хороший сверхпроводящий переход, так и большую устойчивость сверхпроводящей модификации к отогревам. Напомним, что слой чистого берилля, полученный в таких условиях (⁶), имеет только слабый спад сопротивления в области гелиевых температур. По-видимому, и этот спад сопротивления вызван стабилизирующим влиянием примеси остаточного газа из-за худших вакуумных условий в этом случае. Представляется, что влияние примеси Al заключается в стабилизирующем действии мелкодисперсного сверхпроводящего состояния берилля до сравнительно высоких температур, по-видимому, так же как это происходит, например, при стабилизации аморфного олова примесью меди (⁸).

Отсутствие разницы T_c слоев берилля чистых и с примесями, как металлических, так и диэлектрических, свидетельствует об отсутствии специфического усиливающего действия на сверхпроводимость берилля использованных примесей.

Физико-технический институт
Академии наук УССР
Харьков

Поступило
10 I 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ W. Buechel, Zs. Phys., **138**, 436 (1954). ² S. Fujime, Japane J. Appl. Phys., **5**, 59, 754 (1966). ³ W. Buechel, R. Hilsch, Zs. Phys., **138**, 109 (1954). ⁴ Н. В. Заваринский, ДАН, **91**, 787 (1953). ⁵ Б. Г. Лазарев, А. И. Судовцов, Е. Е. Семененко, ЖЭТФ, **37**, 1461 (1959). ⁶ Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семененко, А. И. Судовцов, ЖЭТФ, **40**, 105 (1961). ⁷ N. Barth, Zs. Phys., **142**, 58 (1955). ⁸ W. Rühl, Zs. Phys., **138**, 121 (1954). ⁹ Н. Е. Алексеевский, В. И. Цебро, Е. И. Филиппович, Письма ЖЭТФ, **13**, 247 (1971).