

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  $\text{Bi}$  <sup>(1)</sup>,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Be}$  <sup>(2)</sup>, 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 <sup>(3-5)</sup>. Состояние этих слоев очень нестабильно и нагрев до сравнительно невысоких температур (для  $\text{Bi}$  — 30° К, для  $\text{Ga}$  — 60° К) приводит к резкому переходу к другой, более стабильной, модификации <sup>(3, 4)</sup>.

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

Подобное явление наблюдалось также и на висмуте <sup>(7)</sup>. Так, при совместном испарении  $\text{Bi}$  с  $\text{Cu}$ ,  $\text{LiF}$  и  $\text{Sb}$  «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  $T_k$  чистого неравновесного слоя <sup>(7)</sup>.

Аморфные нестабильные слои  $\text{Sn}$  с  $T_k \sim 7^\circ \text{K}$  получались совместным испарением с  $\text{Cu}$  <sup>(8)</sup>. 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 бериллия.

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

На рис. 1 приведены данные для слоя  $\text{Be} - \text{Al}$ , полученного одновременным испарением  $\text{Be}$  и  $\text{Al}$  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  $T_k$ , однако и отогретый до комнатной температуры и выдержанный 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 бериллия, а кривая 5, возможно, характеризует уже сверхпроводимость алюминия.

На рис. 2 для сравнения приведена кривая сверхпроводящего перехода для слоя чистого бериллия толщиной <100 Å и полученного в очень чистых условиях в этом же приборе. Эта кривая очень близка к кривой рис. 1.

Поведение слоя Ве—Al, полученного на подложку, охлаждаемую жидким азотом, приведено на рис. 3. Толщина слоя ~1300 Å, содержащее

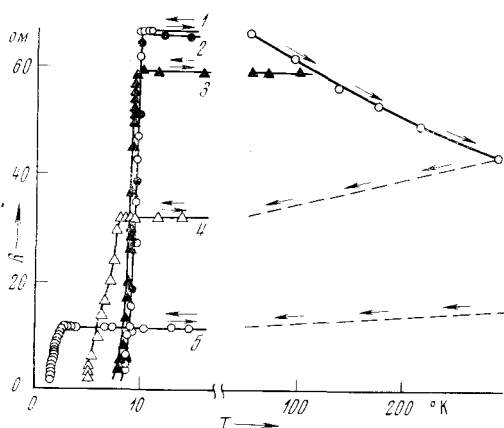


Рис. 1

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  $T_K \sim 4,5^\circ \text{ К}$  (по началу перехода).

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

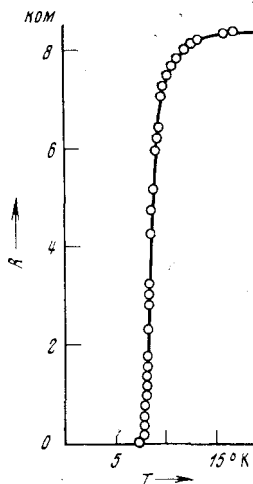


Рис. 2

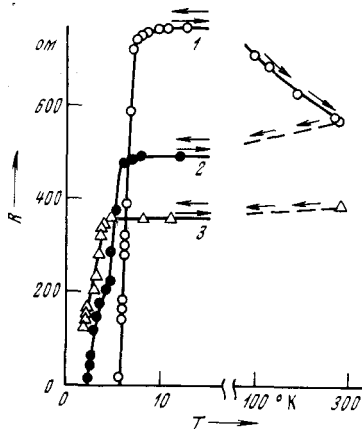


Рис. 3

расширяется до ~120° К. Отогрев до комнатной температуры приводит к понижению  $T_K$  слоя до ~8° К (по началу перехода).

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

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

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

Возвращаясь к слоям  $\text{Be}$  с примесями  $\text{Al}$ , сконденсированных на подложку, охлаждаемую жидким азотом, отметим как хороший сверхпроводящий переход, так и большую устойчивость сверхпроводящей модификации к отогревам. Напомним, что слой чистого бериллия, полученный в таких условиях <sup>(6)</sup>, 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  $\text{Al}$  заключается в стабилизирующем действии мелкодисперсного сверхпроводящего состояния бериллия до сравнительно высоких температур, по-видимому, так же как это происходит, например, при стабилизации аморфного олова примесью меди <sup>(8)</sup>.

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

Физико-технический институт  
Академии наук УССР  
Харьков

Поступило  
10 I 1972

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> W. Buchel, Zs. Phys., **138**, 136 (1954). <sup>2</sup> S. Fujime, Japan J. Appl. Phys., **5**, 59, 754 (1966). <sup>3</sup> W. Buchel, R. Hilsch, Zs. Phys., **138**, 109 (1954). <sup>4</sup> Н. В. Заварицкий, ДАН, **91**, 787 (1953). <sup>5</sup> Б. Г. Лазарев, А. И. Судовцов, Е. Е. Семенов, ЖЭТФ, **37**, 1461 (1959). <sup>6</sup> Б. Г. Лазарев, Е. Е. Семенов, А. И. Судовцов, ЖЭТФ, **40**, 105 (1961). <sup>7</sup> N. Barth, Zs. Phys., **142**, 58 (1955). <sup>8</sup> W. Rühl, Zs. Phys., **138**, 121 (1954). <sup>9</sup> Н. Е. Алексеевский, В. И. Цебро, Е. И. Филиппович, Письма ЖЭТФ, **13**, 247 (1971).