

О ТЕМПЕРАТУРЕ ПЕРЕХОДА В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ НЕПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

А.Ф. Орлов

Известно повышение температуры перехода в сверхпроводящее состояние, T_K , при совместной конденсации на холодную подложку сверхпроводников с поляризуемыми органическими молекулами [1, 2] или с полупроводниками [3]. В работе [2] показано, что в случае конденсации сверхпроводника с органическими добавками повышение T_K может быть обусловлено размерным квантованием электронов в мелких кристаллах сверхпроводящей фазы. Ранее [4, 5] было исследовано также изменение T_K при легировании Al, In и Sn немагнитными добавками в области разбавленных твердых растворов. Изменение T_K при увеличении концентрации примесей x аппроксимировалось зависимостью [5] $\delta T_K = k_1 x + k_2 x \ln x$, где k_1 и k_2 – константы для соответствующей пары материалов. Справедливость этой зависимости была подтверждена [6] анализом, выполненным с позиций теории БКШ.

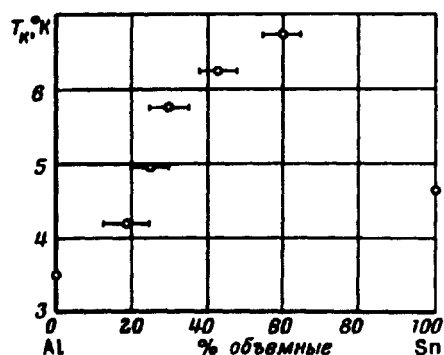
В данной работе исследована возможность повышения T_K при сильном легировании непереходных сверхпроводников немагнитными примесями, т. е. в твердых растворах, не существующих в равновесных условиях и образующихся [7] при низкотемпературной совместной конденсации компонентов. Одновременно мы хотели показать, что для объяснения результатов работы [3], также как и в случае [1, 2], нет необходимости в привлечении нефононных механизмов сверхпроводимости.

Мы исследовали изменение T_K в метастабильных твердых растворах различного состава систем Al – Ag, Al – Sn и In – Bi, полученных совместной конденсацией компонентов на подложку, охлаждаемую жидким гелием. Предельная растворимость при комнатной температуре второго компонента в этих системах составляет соответственно 0,18; 0,005 и 4,0 ат.% [8]. В соответствии с выводами работ [4, 6] в системе Al – Ag при увеличении содержания Ag следует ожидать уменьшения T_K , а в системе Al – Sn при увеличении содержания второго компонента T_K должна повышаться подобно ее повышению в системе Al – Ge, обнаруженному в [3]. Однако в нашем случае исключается возможность дополнительного взаимодействия, связанного с экситонами полупроводника. При легировании In добавками Bi согласно [5] можно было ожидать значительного повышения T_K по сравнению с чистым In.

Конденсация проводилась в отпаянной ампуле, мало отличавшейся от использованной в работе [9]. T_K определялась с помощью малоинерционного датчика [10] в точке двукратного уменьшения электросопротивления пленки от нормального состояния. Предполагаемый состав пленок задавался режимом испарителей. В течение одного экспе-

римента на подложке конденсировалось несколько пленок различного состава общей толщиной несколько сотен ангстрем.

На рисунке представлены результаты исследования T_K пленок системы Al — Sn с метастабильной однофазной структурой. После отжига до комнатной температуры T_K многослойной пленки понизилась от 6,72 до 3,77°K, что соответствует полному распаду твердого раствора. Остаточное сопротивление пленки уменьшилось при этом в 3,8 раза. При конденсации пленки смеси Al с 30% объемными Ag T_K оказалась равна 2,48°K, т. е. меньше, чем у чистого Al. Максимальная величина T_K , обнаруженная нами при конденсации пленок различного состава системы In — Bi, составила 7,95°K. Это превышает значения T_K , наблюдавшиеся как в пленках чистых In и Bi, полученных при низких температурах — соответственно 4,15 и 6,0°K [9], — так и в кристаллической модификации Bi III, существующей при высоких давлениях (7,25°K) [11].



Температура перехода в сверхпроводящее состояние пленок системы Al — Sn, полученных низкотемпературной конденсацией

Знак наблюдаемого изменения T_K во всех трех системах согласуется с выводами работ [6, 12]. Однако экстраполяция данных, полученных на разбавленных твердых растворах Bi в In, позволяла предположить возможность существования в этой системе метастабильных смесей с более высокими значениями T_K , чем были нами обнаружены. Это разногласие обусловлено, по-видимому, большой погрешностью существующей теории в случае применения ее к концентрированным сплавам. В [3] на пленке Al с 10% Ge, осажденной на холодную подложку, было обнаружено $T_K = 6,45^\circ\text{K}$. Экстраполяция данных работы [5] для сплава такого состава, без учета повышения T_K за счет изменения фононного спектра при низкотемпературной конденсации [9], дает значение $T_K = 5,80^\circ\text{K}$, что можно считать хорошим согласием.

Повышение температуры перехода в сверхпроводящее состояние наблюдалось нами также при послойной конденсации тонких пленок Sn на поверхности более толстых пленок смеси Al — Sn или конденсации Bi на поверхности пленки In. В случае осаждения пленки Sn толщиной $\sim 30 \text{ \AA}$ на пленку смеси Al с 20% Sn толщиной $\sim 250 \text{ \AA}$ T_K повысилась от 4,20 до 4,90°K. При увеличении толщины второй пленки эффект повышения T_K уменьшался. Величина этого эффекта во всех случаях существенно превышала изменение T_K , обнаруженное в [13] при конденсации Ge на поверхности пленок Tl и Sn, что может быть

связано, в первую очередь, с большей чистотой поверхности пленок в наших экспериментах. Результаты этих наблюдений также могут быть объяснены с позиций [6], если предположить, что повышение T_K имеет место в тонком слое вблизи поверхности раздела фаз. Для решения этого вопроса интересно исследовать температурную зависимость критического тока в таких системах.

Следует отметить, что, как и в случае приложения электростатического заряда [12], в системе Al – Sn одновременно с повышением T_K при конденсации Sn на пленках смеси наблюдалось аномальное повышение электросопротивления многослойной пленки. Эффект наблюдался при толщине пленок Sn не более 30 – 40 Å, величина его составляла до 14% от сопротивления исходного слоя и не изменялась при отжиге пленок до 40°K, тогда как в этом температурном интервале сопротивление пленок, связанное с дефектами кристаллической структуры, претерпевало существенное уменьшение.

Автор глубоко признателен К.А.Осипову за постоянное внимание к работе и В.А.Кутасову за помощь в изготовлении аппаратуры.

Институт металлургии
им. А.А.Байкова

Поступила в редакцию
22 сентября 1971 г.

Литература

- [1] F.Meunier, J.P.Burger, G.Deutsener, E.Guon. Phys. Lett., A26, 309, 1968; F.R.Gamble, H.M.McConnel. Phys. Lett., A26, 162, 1968.
- [2] Н.Е.Алексеевский, В.И.Щебро, Е.И.Филиппович. Письма в ЖЭТФ, 13, 247, 1971.
- [3] E.Guon, F.Meunier. J.Vac. Sci. Techn., 6, 677, 1969.
- [4] E.A.Lynton, B.Serin, H.Zucker. J. Phys. Chem. Solids, 3, 165, 1957; G.Chanin, E.Lynton, B.Serin. Phys. Rev., 114, 719, 1959.
- [5] D.P.Seraphim, C.Chiou, D.J.Quinn. Acta Met., 9, 861, 1961.
- [6] D.Markowitz, L.P.Kadanoff. Phys. Rev., 131, 563, 1963; D.M.Ginsberg. Phys. Rev., 136, A1167, 1964.
- [7] K.L.Chopra. Thin film phenomena, N.-Y., 1969.
- [8] М.Хансен, К.Андерко. Структуры двойных сплавов, М., 1962.
- [9] Н.В.Заварицкий. ЖЭТФ, 57, 752, 1969.
- [10] Л.П.Межов-Деглин, А.И.Шальников. ПТЭ, №1, 209, 1968.
- [11] Н.Б.Брандт, Н.И. Гинзбург. ЖЭТФ, 39, 1554, 1960.
- [12] R.E.Glover, M.D.Sherill. Phys. Rev. Lett., 5, 248, 1960.
- [13] D.G.Naagle. Phys. Lett., A25, 688, 1967.