

Письма в ЖЭТФ, том 10, стр. 181 - 184

20 августа 1969 г.

ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ТОЛЩИНЫ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА ХОЛОДНООСАЖДЕННЫХ ПЛЕНОК БЕРИЛЛИЯ

Н.Е.Алексеевский, В.И.Цебро

Нами была исследована зависимость критической температуры T_K сверхпроводящего перехода от толщины сконденсированных при температуре жидкого гелия пленок бериллия, сверхпроводимость которых впервые была обнаружена в работах Лазарева, Семененко и Судовцева [1].

Пленки готовились термическим испарением небольших навесок металла (имевшего отношение сопротивлений порядка 200) с молибденовых и вольфрамовых испарителей на поверхность свежерасщепленной слюдяной пластинки (находящейся в тепловом контакте со стеклянным "пальцем" ампулы, погруженной в жидкий гелий).

Толщина пленок определялась по изменению частоты кварцевой пластины, расположенной рядом со слюдяной подложкой на одинаковом расстоянии от испарителя. Калибровка измерителя толщины предварительно производилась на относительно толстых пленках олова, толщина которых определялась по амплитуде мессбауэровского поглощения, аналогично

тому, как это делалось в работе [2]¹⁾. Кварцевый резонатор изготовлялся из пластины кварца размером $10 \times 12 \times 0,4$ мм на которую наносились тонкие серебряные электроды. Пластина закреплялась в упругих держателях-контактах из фосфористой бронзы. Резонатор включался в схему генератора, смонтированного на миниатюрном ламповом двойном триоде, который работал при низких температурах в непосредственной близости от резонатора. Частота генератора замерялась электронносчетным частотомером. При собственной частоте пластины ~ 7 мГц изменение частоты на каждые 100 \AA толщины бериллиевой пленки составляло 180 гц.

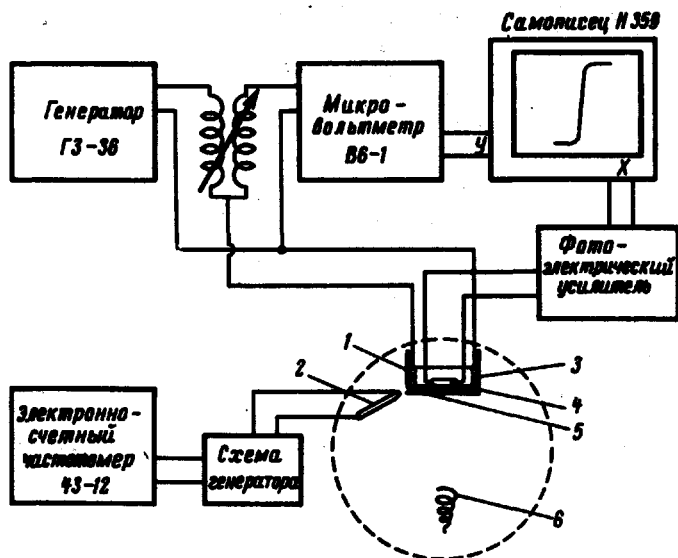


Рис. 1. Блок-схема установки для измерения T_K :
 1 — стеклянный палец, 2 — пластина кварца, 3 — измерительная катушка, 4 — угольный термометр, 5 — слюдяная подложка, 6 — испаритель

Измерение критической температуры производилось по изменению самоиндукции плоской катушки, помещенной непосредственно над пленкой в стеклянном "пальце" ампулы. Катушка включалась в схему моста переменного тока, выход которого через усилитель соединялся с y -координатой двухкоординатного самопишущего прибора (см. рис. 1). Мост питался переменным напряжением с частотой ~ 200 гц. Использование чувствительного усилителя на выходе моста, позволяло работать с очень малым уровнем напряжения на измерительной катушке ($10 + 100$ мкв) и как

¹⁾ При калибровке толщины значение плотности холодноосажденного бериллия принималось равным значению плотности гексагонального α -бериллия, поэтому значения толщины в Å в известной мере являются условными.

показала экспериментальная проверка, не было необходимости снимать зависимость T_K от подводимой мощности и экстраполировать ее на нуль.

В связи с тем, что критические температуры бериллиевых пленок лежат в области $5 \div 8^\circ\text{K}$, кривые перехода снимались при медленном отогреве "пальца" ампулы. Перед заливкой гелия "палец" заполнялся жидким азотом, который затвердевал и служил "тепловым блоком". Температура подложки измерялась угольным термометром, помещенном на дне "пальца". Сигнал с термометра подавался на x координату самописца.

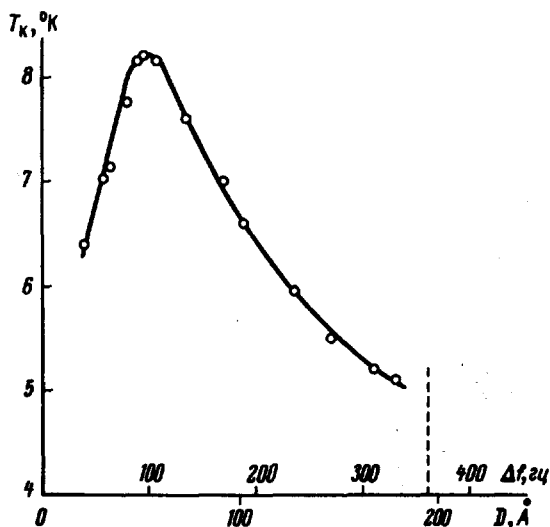


Рис. 2. Зависимость T_K от толщины холодноосажденных пленок Ве

Нами были проведены измерения критических температур холодноосажденных бериллиевых пленок в диапазоне от 25 до 1000Å . Результаты измерений приведены на рис. 2. При толщинах больших $\sim 200 \text{Å}$ пленки не переходили в сверхпроводящее состояние вплоть до $1,3^\circ\text{K}$. Пленки меньшей толщины обнаруживают рост критической температуры с уменьшением толщины примерно по экспоненциальному закону. Максимальную критическую температуру $8,2^\circ\text{K}$ имели пленки толщиной $\sim 60 \text{Å}$. При дальнейшем понижении толщины наблюдалось падение T_K и для пленки толщиной $\sim 25 \text{Å}$ T_K равнялось $6,4^\circ\text{K}$.

Полученная на холодноосажденных пленках бериллия зависимость T_K от толщины внешне напоминает зависимость, полученную на Al – пленках (см., например, [3,4]). Не исключено, что причины приводящие к такой зависимости могут быть одинаковыми. Эксперименты по поглощению монохроматического света [4] говорят о том, что для пленок Al такой причиной может быть размерное квантование, которое, согласно [5], должно приводить к росту T_K с уменьшением толщины. Весьма вероятно, что рост T_K пленок Ве происходит также вследствие размерного квантования.

Уменьшение T_K с толщиной в области кривой левее максимума возможно связано с флуктуациями, которые, как известно, в случае одноатомного двумерного металлического слоя обращают T_K в нуль [6]. Подробно этот вопрос рассмотрен в работе Кресина и Когана. Уменьшение T_K пленок в области очень малых толщин является общим явлением для всех металлических пленок. Так, например, на рис. 3 изображена зависимость T_K от толщины для холодноосажденных пленок олова, промежуточных нами аналогичной методикой. По данным работы [7], такое же поведение обнаруживают пленки Bi и Ga. В обзоре [8], приведена аналогичная кривая для Pb. Отсутствие максимума для свежееосажденных пленок этих металлов может быть связано с тем, что в отличие от Al и

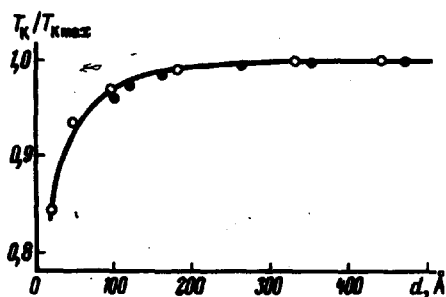


Рис. 3. Зависимость T_K от толщины холодноосажденных пленок Sn.

○ — измерения, в которых толщина определялась кварцевым толщиномером; ● — измерения, в которых толщина определялась по амплитуде мессбауэровского поглощения (см. [2])

Be размерное квантование здесь не имеет места, возможно из-за того, что поверхность таких пленок менее совершенна. Стоит также иметь в виду, что малые значения эффективных масс носителей в Be значительно облегчают проявление размерного квантования.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
9 июля 1969 г.

Литература

- [1] В.Г.Лазарев, Е.Е.Семенов, А.И.Судовцев. ЖЭТФ, 37, 1461, 1959; ЖЭТФ, 40, 105, 1961.
- [2] Н.Е.Алексеевский, А.П.Кирьянов, Ю.А.Самарский, В.И.Цебро. ДАН СССР, 186, 1969.
- [3] M.Strongin, O.F.Kammerer, A.Paskin. Phys. Rev. Lett., 14, 949, 1965.
- [4] Н.Е.Алексеевский, С.И.Веденев. Proceedings of LT-11, vol. 2, 1197, St.Andrews 1968.
- [5] В.З.Кресин, Б.А.Тавгер. ЖЭТФ, 50, 1689, 1966.
- [6] P.Hohenberg. Phys. Rev., 158, 383, 1967.
- [7] D.G.Naagle, R.E.Glover. Phys. Lett., 28A, 611, 1969.
- [8] M.Strongin, O.F.Kammerer. J.Appl. Phys., 39, 2509, 1968.