

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА СЛОИСТЫХ ПЛЕНОК НИОБИЯ

В.И. Дедю, А.Н. Лыков

При экспериментальном исследовании слоистых пленок ниобия обнаружен новый характер зависимости верхнего критического магнитного поля от температуры. Результаты объясняются подавлением джозефсоновской связи между слоями магнитным полем.

Сверхпроводящие слоистые структуры при определенных условиях проявляют ряд интересных особенностей, которые обусловлены переходом от двухмерного поведения к трехмерному [1]. Обычно экспериментально изучаются структуры SN-типа, в которых в качестве прослоек между сверхпроводящими слоями используется нормальный металл [1,2]. В данной работе изучались свойства пленок, состоящих из слоев ниобия, разделенных тонкими окисными прослойками. Взаимодействие сверхпроводящих слоев через окисел значительно слабее, чем через прослойку из нормального металла, что затрудняет размерный переход, поэтому данные структуры представляют интерес для исследования.

Напыление слоев ниобия проводилось с помощью магнетрона в атмосфере спектрально чистого аргона в вакуумной установке с диффузионным насосом. В качестве подложек использовали полированные пластинки из сапфира или кремния при комнатной температуре, скорость осаждения ниобия составляла 25 Å/с. Окисление слоев проводилось напуском воздуха в рабочую камеру установки на 10 минут. Параметры исследовавшихся образцов приведены в табл. 1, где T_c — критическая температура образца, ρ_k и ρ_{10} — удельное сопротивление пленок при комнатной температуре и при 10 К, d — полная толщина пленок.

Т а б л и ц а 1
Характеристики слоистых пленок

Номер образца	Материал подложки	T_c , К	ρ_k/ρ_{10}	ρ_k , мкОм*см	Число слоев	d , Å
1	сапфир	5,8	1,2	94	10	4500
2	сапфир	5,18	1,2	152	20	6800
3	кремний	4,71	1,15	373	10	4500

Был проделан Оже-анализ контрольного образца, который подтвердил наличие периодической структуры. На рис. 1 показано изменение интенсивностей линий ниобия и кислорода в зависимости от времени травления. Постепенное увеличение периода изменения интенсивностей связано, по-видимому, с уменьшением скорости травления. Для определения характера связи между слоями сверхпроводника был приготовлен туннельный контакт Nb — окисл — Nb при тех же режимах осаждения и окисления ниобия. Большая плотность критического тока (при 4,2 К она оказалась равной $\sim 0,1$ А/мм²) и металлический характер проводимости указывают на наличие микрозакоротов между слоями. Измерения критического магнитного поля выполнялись обычным четырехзондовым методом по началу перехода в нормальное состояние.

Были измерены $H_{c2}^{\parallel}(T)$ - и $H_{c2}^{\perp}(T)$ — температурные зависимости критических магнитных полей, параллельных и перпендикулярных слоям. Результаты для образца № 1 приведены на рис. 2. В перпендикулярном магнитном поле экспериментальные точки хорошо ложатся на обычную линейную зависимость $H_{c2}^{\perp}(T) \sim (T_c - T)$. Зависимость $H_{c2}^{\parallel}(T)$ оказалась более интересной. Известно [1], что для слоистых сверхпроводящих пленок SN-типа в случае слабого взаимодействия между слоями $H_{c2}^{\parallel}(T) \sim \sqrt{T_c - T}$. Наши

экспериментальные точки при низких температурах (для данного образца при $T < 5,5$ К) хорошо согласуются с такой зависимостью, но при этом вместо T_c надо подставлять более низкую температуру (сплошная кривая на рис. 2). То есть, кроме T_c в образце имеется и вторая критическая температура (более низкая), получаемая из аппроксимации экспериментальных результатов обычной корневой зависимостью. $H_{c2}^{\perp}(T)$ и $H_{c2}^{\parallel}(T)$ для образца № 2 воспроизводят результаты, полученные на первом образце. Эти зависимости для образца № 3 имеют несколько изломов, которые мы связываем с наличием структурных фаз с разными T_c .

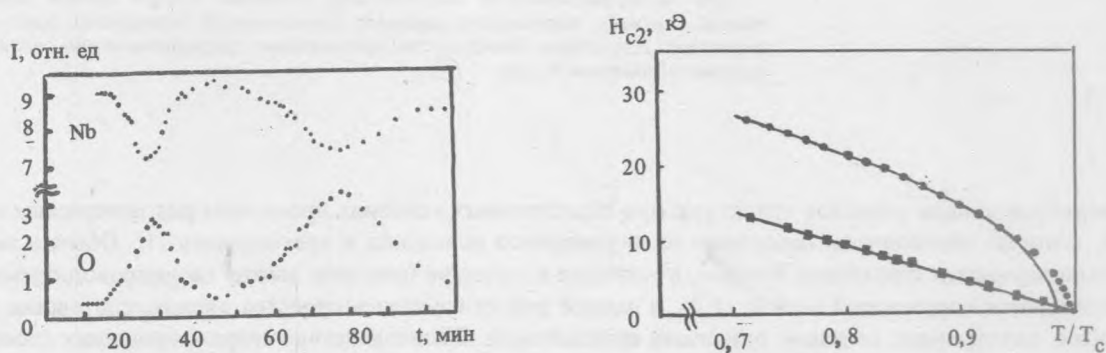


Рис. 1. Интенсивность линий ниобия и кислорода в зависимости от времени травления при Оже-анализе.

Рис. 2. Температурные зависимости параллельного (●) и перпендикулярного (■) критических магнитных полей для образца № 1.

Объяснение характера зависимостей $H_{c2}^{\perp}(T)$ и $H_{c2}^{\parallel}(T)$, показанных на рис. 2, может опираться на следующие соображения. Прежде всего отметим, что однослойные ниобиевые пленки толщиной 400 Å и меньше не обладали сверхпроводимостью. Существование сверхпроводимости в пленках, состоящих из нескольких таких слоев, мы объясняем существованием джозефсоновской связи между слоями. Связь, даже очень слабая, волновых электронных функций соседних слоев полностью подавляет флуктуации фазы, разрушающие сверхпроводимость в чисто двухмерной системе [3]. Толщина отдельных слоев в нашем случае сравнима с длиной когерентности, то есть их поведение близко к двухмерному. Параллельное магнитное поле ослабляет связь между слоями и, следовательно, уменьшает T_c , что и наблюдается в эксперименте.

Авторы благодарны Л.И. Махашвили за помощь в работе и Кучаеву С.В. за проведение Оже-анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beasley M. R. AIP Conf. Proc., № 58, 186 (1980).
2. Vanerjee I. et al. Phys. Rev., B28, 5037 (1983).
3. Дзялошинский И. Е., Кац Е. И. ЖЭТФ, 55, 2378 (1968).

Поступила в редакцию 10 октября 1986 г.