

КРИТИЧЕСКИЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ Nb_3Ge , ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

*Л.Ф.Верещагин, В.И.Новокшенов, В.В.Евдокимова,
Е.П.Хлыбов, В.Л.Введенский*

Измерен начальный участок зависимости верхнего критического магнитного поля H_{c_2} соединений на основе Nb_3Ge , полученных при высоких давлениях и температурах. На основе этих измерений произведена оценка максимального значения критического магнитного поля при нулевой температуре.

Среди сверхпроводящих бинарных соединений наивысшей критической температурой перехода 23,2К обладает пленочный Nb_3Ge [1]. Приготовленный обычным способом массивный Nb_3Ge имеет сравнительно низкое значение температуры перехода от 6 до 7К, однако метод сверхбыстрой закалки позволил Маттгасу получить материал с началом перехода при 17К и шириной перехода в 10° [2]. Сообщение о повышении температуры перехода T_c массивного образца Nb_3Ge при сверхбыстрой закалке до 22К в дальнейшем не подтвердилось [3].

В условиях высоких давлений и температур соединение Nb_3Ge со структурой типа А-15 впервые синтезировано из элементов Легером и Холлом без измерения сверхпроводящих свойств [4]. Повышение температуры сверхпроводящего перехода до 13К обнаружил Блауэр после закалки под давлением плавленного Nb_3Ge [4].

Синтезированное нами из элементов в условиях высоких давлений до 90 кбар и температур до $2000^\circ C$ соединение Nb_3Ge показало значительное повышение T_c ; температура начала сверхпроводящего перехода составляла 22,3К. Заметное увеличение T_c наблюдалось также в случае обработки высокими давлениями и температурами плавленного Nb_3Ge и особенно при добавлении к нему элементарного германия [5]. По данным рентгеновского локального микроанализа состав соединения Nb_3Ge , показавшего максимальную T_c после обработки высокими давлениями, близок к стехиометрическому, в то время как на равновесной диаграмме состояния Nb — Ge область существования соединения Nb_3Ge со структурой А-15 ограничена примерно 18 ат % германия. Дальнейшие исследования показали, что небольшие добавки галлия к соединению Nb_3Ge значительно облегчают получение близкого к стехиометрическому состава Nb_3Ge с достаточно высокой критической температурой сверхпроводящего перехода, понижая необходимые для этого давление и температуру обработки до 40 — 50 кбар и $600 - 800^\circ C$

Представляло интерес измерить начальные участки кривых $H_{c_2}(T)$ верхнего критического магнитного поля у образцов, полученных в условиях высоких давлений. Для измерений были отобраны образцы с наиболее узкими переходами. Измерения проводились с помощью моста взаимной индукции на частоте 33 Гц, амплитуда модулирующего поля не превышала 0,5 э. Магнитное поле до 70 кэ создавалось в сверхпроводящем

соленоиде. Температура образца определялась одновременно германиевым термометром сопротивления с очень малой зависимостью сопротивления от поля и термопарой золото (0,02 ат % Fe) — медь с учетом поправок на влияние магнитного поля. Температура сверхпроводящего перехода определялась по его началу. Для каждого образца получено семейство кривых перехода в сверхпроводящее состояние с разверткой по температуре, которая осуществлялась автоматически с малой скоростью при различных фиксированных значениях магнитного поля H . По экспериментальным точкам H и T_c способом наименьших квадратов определялся начальный наклон зависимости верхнего критического поля от температуры $[dH_{c_2}/dT]_{T_c}$. Измерения верхних критических полей многих соединений ниобия показали, что для этих соединений парамагнетизм Паули нормального состояния подавляется сильным спин-орбитальным рассеянием [7]. В этом случае значение верхнего критического поля $H_{c_2}(0)$ при нулевой температуре может быть рассчитано по формуле, предложенной Хэйком [8]:

$$H_{c_2}(0) = -0,693T_c [dH_{c_2}(T)/dT]_{T_c}.$$

В таблице приведены значения T_c , dH_{c_2}/dT и $H_{c_2}(0)$ для исходного Nb_3Ge , полученного индукционной плавкой во взвешенном состоянии, и ряда образцов, обработанных высокими давлениями. Обработка высокими давлениями и температурами приводит к увеличению температуры сверхпроводящего перехода и верхнего критического поля. Следует отметить, однако, что измеренные значения $H_{c_2}(0)$ ниже чем у типичных сверхпроводников со структурой A-15 с примерно теми же температурами перехода. Не исключено, что это обстоятельство связано со своеобразием состояния образцов после закалки под давлением.

Сверхпроводящие характеристики соединений на основе Nb_3Ge , обработанных высокими давлениями и температурами

Образец	Режим обработки $P_{кбар}, T^{\circ}C$	T_c, K	$[dH_{c_2}/dT]_{T_c},$ $кэК^{-1}$	$H_{c_2}(0), кэ$
1	—	$6,2 \pm 0,1$	13,3	57 ± 3
2	70,1400	$19,4 \pm 0,1$	17,6	235 ± 7
3	90,2000	$15,7 \pm 0,2$	10,5	115 ± 20
4	70,1200	$15,7 \pm 0,2$	16,0	170 ± 10

1. Исходный сплав Nb_3Ge , приготовленный индукционной плавкой во взвешенном состоянии. Последующие образцы подвергались закалке при высоких давлениях, режимы обработки указаны во второй графе таблицы.

2. Исходный сплав, спрессованный порошок.
3. Смесь исходного порошкообразного сплава с элементарным германием в весовом соотношении 3:1.
4. Смесь исходного порошкообразного Nb_3Ge с 5 ат.% добавкой галлия.

Институт физики высоких давлений
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
8 августа 1977 г.

Литература

- [1] J.R.Gavaler, M.A.Janocko, C.K.Jones. Journal Appl. Phys., **43**, 7, 3009, 1974.
 - [2] B.T.Mathias, T.H.Geballe, R.H.Willens, E.Corenzwit, G.T.Hull. Phys. Rev., **139A**, 1501, 1965.
 - [3] Н.Н.Михайлов, И.В.Воронова, О.А.Лаврова, Е.В.Мельников, М.Н.Смирнова. Письма в ЖЭТФ, **19**, 510, 1974.
 - [4] J.M.Leger, H.T.Hall. Journ. Less-Common Metals, **34**, 17, 1974.
 - [5] R.D.Blaugher, IEEE Transactions on Magnetics, **13**, 821, 1977.
 - [6] Л.Ф.Верещагин, Е.М.Савицкий, В.В.Евдокимова, В.И.Новокшенов, В.Г.Петренко. Письма в ЖЭТФ, **24**, 218, 1976.
 - [7] D.Dew-Hughes, Cryogenics, **15**, 435, 1975.
-