

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СПЛАВОВ

С. П. Меркулова, Г. П. Мотулевич, А. А. Кубин

УДК 535.312.62

С помощью обработки токовым импульсом предварительно подготовленных смесей компонент получались пленки сверхпроводящих сплавов V_3Si с $T_K = 17$ К и $16,5$ К и Nb_3Si с $T_K = 19$ К. Рентгеноструктурный анализ показал наличие структур А-15 с постоянными решетки $4,72 \text{ \AA}$ и $5,12 \text{ \AA}$

В последнее время возрос интерес к получению сплавов в экстремальных условиях, так как при этом могут быть получены новые сплавы, обладающие существенно иными свойствами, важными для практических применений.

В данной работе экстремальные условия создавались с помощью специально подобранных импульсов тока, позволяющих осуществлять сплавление смеси компонентов. Предварительно, до обработки токовым импульсом, образцы создавались либо путем прессования порошков, либо совместным вакуумным напылением компонентов на холодную подложку, либо послойным напылением. Образцы помещали в специальную камеру и обрабатывали токовым импульсом. После обработки исследовалась структура поверхности пленки, проводился рентгеноструктурный анализ и измерялся температурный ход сопротивления стандартным четырехзондовым способом. Указанным методом были получены следующие сплавы: V-Si, Nb-Al, V-Si-Nb.

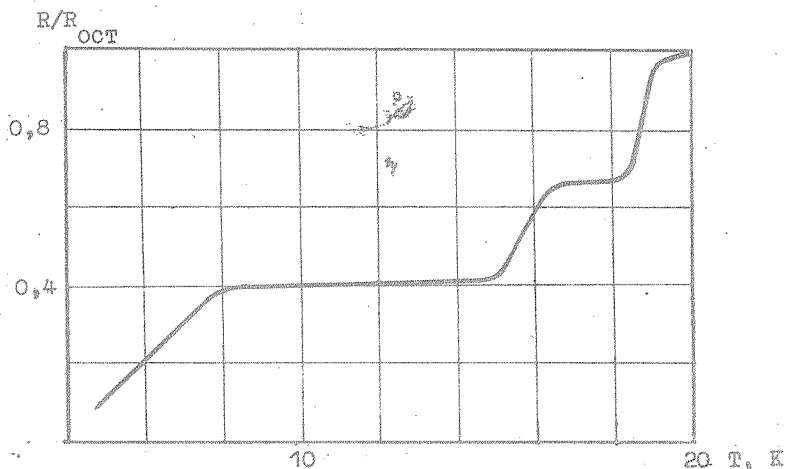
Легче всего получались сплавы V-Si. Лучшие образцы этого сплава в случае, когда состав исходной смеси был близок к стехиометрическому, имели начало перехода в сверхпроводящее состояние 17 К и температурную ширину перехода ≤ 1 К. Пере-

ход был полным. Рентгеноструктурный анализ показал значительное количество фазы со структурой А-15 и периодом решетки $4,72 \text{ \AA}$. Отжиг в течение 10 минут при температуре 700°C значительно улучшал образцы с низким T_K и большой шириной перехода, но практически не влиял на значение T_K высокотемпературных образцов или даже слегка ухудшал их качество.

Полученные нами сплавы Nb-Al, как правило, были многофазными. Лучший образец имел начало перехода в сверхпроводящее состояние $18,1 \text{ K}$ и температурную ширину перехода $\approx 1,2 \text{ K}$. Однако количество высокотемпературной фазы было настолько мало, что не позволило надежно установить наличие фазы А-15 из рентгеноструктурных данных.

Нам удалось также получить сплавы системы V-Si-Nb. Зависимость электросопротивления от температуры для этих пленок обычно имела многоступенчатый характер, что указывает на многофазность образцов после обработки.

Рентгенограммы пленок этой системы, как правило, содержали большое число пиков, что также указывает на многофазность образцов.



Р и с. 1. Кривая резистивного сверхпроводящего перехода системы Nb-V-Si. $R_{\text{ост}}$ - сопротивление перед началом сверхпроводящего перехода

Лучший образец системы V-Si-Nb имел трехступенчатую форму перехода в сверхпроводящее состояние. Начало перехода первой ступени 19 К при ширине 0,8 К (см. рис. 1), начало второй - 16,5 К (при ширине в $1,5^{\circ}$), и начало третьей ступени, обычно очень расплывчатой, около 8 К.

Таким образом фаза, соответствующая первой ступени, имела температуру перехода в сверхпроводящее состояние, превышающую соответствующую температуру для сплава V_3Si . Возможно, что она относится к сплаву Nb_3Si .

Вторая ступень относится, по-видимому, к сплаву V_3Si , третья - к смеси разных фаз, содержащих Nb, V и Si, имеющих структуру, отличную от A-15. Такой вывод подтверждает рентгенограмма этого образца. Она показала наличие двух решеток A-15 с постоянными решетками $a_1 = 5,12 \text{ \AA}$ и $a_2 = 4,72 \text{ \AA}$. Естественно предположить, что a_1 относится к фазе Nb_3Si с $T_K = 19 \text{ К}$, а a_2 - к фазе V_3Si с $T_K = 16,5 \text{ К}$. Помимо указанных фаз рентгенограмма содержала линии, относящиеся к фазам Nb_5Si_3 , V_5Si_3 , $NbSi_2$, а также несколько линий при малых углах скольжения, которые мы не расшифровывали. Большинство линий рентгенограммы имели полуширину $\sim 0,5^{\circ}$.

Полученный результат согласуется с работами /1,2/, где в ударной волне был получен сплав Nb_3Si с $T_K = 19 \text{ К}$ и 18,5 К.

В работе /3/ методом одновременного соиспарения Nb и Si на нагретые подложки с последующей закалкой в жидком азоте или жидком аргоне получались многофазные образцы, содержащие фазу A-15 с постоянной решеткой $5,20 \text{ \AA}$. Однако температура начала сверхпроводящего перехода Nb_3Si была ниже и равнялась 15,5-14 К. Таким образом, вышеописанная методика позволила получить более высокие T_K , чем метод закалки.

Исследования поверхности пленок, полученных в результате обработки токовым импульсом, показали наличие микроскопических кратеров с поперечными размерами вплоть до нескольких десятков микрон. Наличие кратеров обусловлено, на наш взгляд, локальным выделением энергии при кавитационном схлопывании микропузырьков, образующихся при импульсном разогреве среды.

Следует отметить, что внешний вид пленок, полученных в результате обработки токовым импульсом, сильно менялся со време-

нем. Время, за которое происходило заметное изменение внешнего вида разных образцов, было различно и составляло от нескольких секунд до многих месяцев. Образцы, о которых шла речь выше, были "долгоживущие". Вопрос о временной зависимости свойств сплавов, полученных в экстремальных условиях, требует дополнительных исследований.

Поступила в редакцию
24 декабря 1980 г.

Л и т е р а т у р а

1. В. М. Пан, В. П. Алексеевский, А. Г. Попов, Ю. Г. Белецкий, Л. М. Юнко, В. В. Ярош, Письма в ЖЭТФ, 21, 494 (1975).
2. В. М. Пан, А. Г. Попов, В. П. Алексеевский, В. В. Ярош, в сб. "Физико-математический анализ сверхпроводящих сплавов", 1979 г., стр. 147.
3. И. С. Левченко, Г. П. Мотулевич, Ю. Я. Томашпольский, ФТТ, 21, 253 (1979).