

При этом, чем меньше зерно, тем больше снижается температура Кюри и намагниченность насыщения по сравнению со справочными данными (см. рис. 1).

В настоящее время трудно однозначно объяснить наблюдаемый эффект. Возможной причиной является размерный фактор, связанный с уменьшением размера зерна. Однако исследования намагниченности насыщения непосредственно в дисперсных порошках не обнаружили изменения величины  $I_s$  [5]. Другой, более вероятной причиной, может быть чрезвычайно большая протяженность межзеренных границ в СМЗ материалах. Между тем, границы зерен имеют более "рыхлую" искаженную структуру по сравнению с решеткой кристалла [2]. Поэтому для них, по аналогии с аморфным состоянием, можно ожидать значительного снижения величин  $I_s$  и  $T_c$ . Это в свою очередь может привести к снижению этих величин для всего СМЗ материала.

### Л и т е р а т у р а

- [1] Морохов И.Д., Трусов Л.И., Лаповок В.И. Физические явления в ультрадисперсных средах. М.: Наука, 1984. 320 с.
- [2] Кайбышев О.А., Валиев Р.З. Границы зерен и свойства металлов. М.: Металлургия, 1987. 214 с.
- [3] Новиков В.И., Ганелин В.Я., Трусов Л.И. и др. // Металлофизика. 1986. Т. 8. № 2. С. 111-113.
- [4] Зиновьев В.Е. Кинетические свойства металлов при высоких температурах. Справочник. М.: Металлургия, 1984. 200 с.
- [5] Шабанова И.Н., Ермакова А.Е., Трапезников А.В., Шур Я.С. // ФММ. 1974. Т. 38. В. 2. С. 314-318.

Поступило в Редакцию  
4 ноября 1988 г.

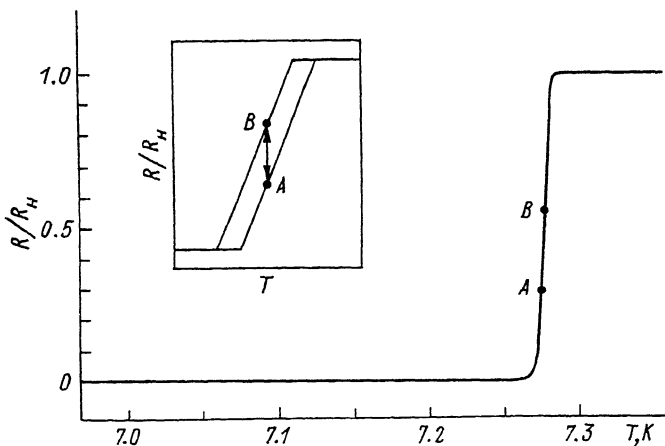
Письма в ЖТФ, том 15, вып. 1  
05.4

12 января 1989 г.

### ВЛИЯНИЕ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭФФЕКТА НА ТЕМПЕРАТУРУ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА

К.В. Дьяконов, Ю.В. Илизавский,  
Э.З. Яркинд

В работах [1-3] экспериментально исследовано влияние одноосной деформации на сверхпроводящее состояние тонких пленок различных металлов. Полученные результаты свидетельствуют о линейном характере зависимости смещения температуры сверхпроводящего перехода  $T_c$  от деформации (вплоть до деформаций  $\sim 10^{-2}$ ) и согласуются с данными по гидростатическому сжатию тех же материалов [4].



Сверхпроводящий переход пленки свинца; на вставке – схематическое изображение смещения перехода при деформации в растянутом по температуре масштабе.

В данной работе для изменения температуры сверхпроводящего перехода использован обратный пьезоэффект.

Эксперимент ставился следующим образом. На пластинку  $Y$ -среза ниобата линия ( $7 \times 5 \times 0.1$ ) мм наносилась с одной стороны пленка алюминия толщиной  $5000 \text{ \AA}$ , а с другой – узкая полоска свинца ( $5 \times 0.04$ ) мм, толщиной  $1000 \text{ \AA}$ . Образец помещался в криостат типа „перевернутый“ сосуд Дьюара, который погружался в гелиевую ванну. Температура внутри криостата регулировалась нагревателем и измерялась германиевым термометром, находящимся в тепловом контакте с образцом. Точность измерения температуры была не хуже  $0.001 \text{ K}$ , а уход температуры за 20 мин не превышал  $0.005 \text{ K}$ . Зависимость сопротивления пленки от температуры регистрировалась двухкоординатным потенциометром с помощью стандартной четырехзондовой методики с транспортным током через пленку  $50 \text{ мкА}$ . Напряжение высоковольтного источника прикладывалось к металлизированным поверхностям ниобата лития, при этом максимальная напряженность поля в нем достигала  $10^7 \text{ В/м}$ .

На рисунке изображена температурная зависимость сопротивления пленки свинца в области сверхпроводящего перехода. Ширина перехода была равна  $\Delta T_c = 0.007 \text{ K}$  при  $T_c = 7.276 \text{ K}$ . Сопротивление пленки при  $300 \text{ K}$  и  $7.3 \text{ K}$  было соответственно  $640$  и  $12 \text{ Ом}$ .

При исследовании влияния обратного пьезоэффекта на сверхпроводящее состояние пленки свинца температура образца стабилизировалась на участке максимальной крутизны перехода в точке А. Включение высоковольтного источника напряжения приводило к деформации пластинки ниобата лития (а следовательно, и полоски свинца)

и к увеличению сопротивления пленки на 2–3 Ом (точка В), выключение напряжения возвращало пленку в исходное состояние. Поскольку при этом температура образца с точностью не хуже 0.001 К не менялась, то изменение сопротивления пленки связано со смещением сверхпроводящего перехода при деформации. Для иллюстрации смещение перехода показано на вставке к рисунку в растянутом по температуре масштабе. Используя значение крутизны перехода, можно определить величину этого смещения. Оно оказалось равным  $(2-3) \cdot 10^{-3}$  К.

Сравним полученный результат с теоретической оценкой. Можно показать, что при использовании  $Y$ -среза ниобата лития единственной действующей компонентой деформации в геометрии опыта будет продольное сжатие–растяжение пленки (в зависимости от направления поля). При поле  $10^7$  В/м величина  $\epsilon_L \approx 2 \cdot 10^{-4}$ . Учитывая, что при продольной деформации толщина пленки изменяется по соотношению Пуассона  $\epsilon_T = -\nu \cdot \epsilon_L$  (для свинца  $\nu = 0.44$  [5]), получаем для изменения объема пленки  $\Delta V / V = \epsilon_L + \epsilon_T \approx 10^{-4}$ .

Используя известное значение  $d \ln T_c / d \ln V = 2.3$  [4], полученное в экспериментах по гидростатическому сжатию свинца, вычисляем ожидаемую величину смещения температуры сверхпроводящего перехода  $\delta T_c$ :

$$\delta T_c = 2.3 \cdot (\Delta V / V) \cdot T_c \approx 2 \cdot 10^{-3} \text{ К.}$$

Это близко к наблюдаемому значению.

Таким образом, полученные в работе результаты демонстрируют возможность изменения сверхпроводящего состояния тонких металлических пленок с помощью обратного пьезоэффекта.

## Л и т е р а т у р а

- [1] N o t a r y s H.A. // Appl. Phys. Lett. 1964. V. 4. N 4. P. 79–80.
- [2] H a l l P.M. // J. Appl. Phys. 1965. V. 36. N 8. P. 2471–2475.
- [3] F r i d a y B., M u n d y J. // J. Appl. Phys. 1969. V. 40. N 5. P. 2162.
- [4] B o u g h t o n R.L., O l s e n J.L., P a l m y C. In: Progress in Low Temperature Physics, ed by C.J. Gorter, Amsterdam, 1970. V. 6. P. 163–203.
- [5] Ш у т и л о в В.А. Основы физики ультразвука. Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. 280 с.