

для одного спина) способствует фиксации октаэдрического положения лиганд. В кристаллах отмечалась также [18] более медленная диффузия d -ионов конфигурации t_{\uparrow}^3 , например Cr^{3+} .

Список литературы

- [1] Киттель Ч. Введение в физику твердого тела: Пер. с англ. М., 1978. 791 с.
- [2] Löwdin P. O. // Adv. Phys. 1956. V. 5. N. 17. P. 1—172.
- [3] Гомбаш П. Статистическая теория атома и ее применение. М., 1951. 398 с.
- [4] Квятковский О. Е., Максимов Е. Г. // УФН. 1988. Т. 154. № 1. С. 3—48.
- [5] Фесенко Е. Г. Семейство перовскита и сегнетоэлектричество. М., 1972. 248 с.
- [6] Коттон Ф., Уилкинсон Д. Ф. Современная неорганическая химия, М., 1969, Т. 3. 592 с.
- [7] Лайнс М., Гласс А. Сегнетоэлектрики и родственные им материалы: Пер. с англ. М., 1981. 736 с.
- [8] Уэллс А. Структурная неорганическая химия. М., 1987. Т. 2. 694 с.
- [9] Смоленский Г. А., Боков В. А., Исупов В. А. и др. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. Л., 1971. 476 с.
- [10] Wilson J. A. // J. Phys. C. 1988. V. 21. N 11. P. 2067—2102.
- [11] Вайнштейн Б. К., Фридкин В. М., Инденбом В. Л. Современная кристаллография. М., 1979. Т. 2. 360 с.
- [12] Grande V. B., Müller-Buschbaum Hk, Schweizer M. // Z. Anorg. Allg. Chem. 1977. V. 428. N 1. P. 120—124.
- [13] Глазков В. П., Иванов А. С., Иродова А. В., Митрофанов Н. Л., и др. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46. Приложение. С. 222—225.
- [14] Torardi C. C., Subramanian M. A., Gopalakrishnan J., Sleight A. W. // Physica C. 1989. V. 158. N 3. P. 465—470.
- [15] Крупичка С. Физика ферритов. М., 1976. Т. 1, 2.
- [16] Басало Ф., Пирсон Р. Механизмы неорганических реакций. М., 1971. 592 с.
- [17] Химия и периодическая система. М., 1982. 320 с.
- [18] Мойжес Б. Я., Сузрун С. Г. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 2. С. 441—445.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
20 февраля 1989 г.
В окончательной редакции
18 августа 1989 г.

УДК 537.312.62

© Физика твердого тела, том 32, в. 1, 1990
Solid State Physics, vol. 32, N 1, 1990

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ДЖОЗЕФСОНОВСКОЙ РЕШЕТКОЙ

*В. Н. Богомолов, В. В. Журавлев, Ю. А. Кумзеров,
В. П. Петрановский, С. Г. Романов, Л. В. Самойлович*

Исследование правильных пространственных решеток из джозефсоновских переходов представляет интерес в связи с возможностями использования их в качестве СВЧ устройств, в том числе СВЧ детекторов. В настоящее время известны одномерные и двумерные наборы одинаковых джозефсоновских переходов и в то же время отсутствуют данные по исследованию трехмерных регулярных джозефсоновских решеток [1].

Такого рода объекты можно создавать, используя матричный метод получения ультрадисперсных металлов [2], который заключается в том, что система малых частиц получается путем заполнения пустот, имеющихся в соответствующих диэлектрических матрицах. Размеры частиц, их конфигурация и геометрия связей между ними полностью задаются геометрической структурой матрицы. В настоящей работе для получения регулярной системы джозефсоновских переходов в качестве матрицы были использованы заготовки для получения синтетических опалов, представляющие собой набор одинаковых плотноупакованных силикатных шаров (ха-

рактирный диаметр около 2500 \AA), образующих решетки (ГПУ или ГЦК) макроскопических размеров. Пустоты, существующие в упаковке шаров, составляют до $\sim 25\%$ объема объекта. Введенный в эти полосы металл (под давлением вводились расплавы Pb, In, Sn, Bi—Pb) образует многосвязную сеть, в узлах которой расположены частицы с характерным размером около 1200 \AA (в октаэдрических полостях), чередующиеся с частицами с характерным размером около 500 \AA (в полостях тетраэдрической конфигурации), а между частицами имеются мостики с размерами около 250 \AA . Таким образом, при использовании сверхпроводящих металлов полученный объект можно рассматривать как высокосимметричную объемную решетку слабых связей, т. е. джозефсоновских контактов. Внешний

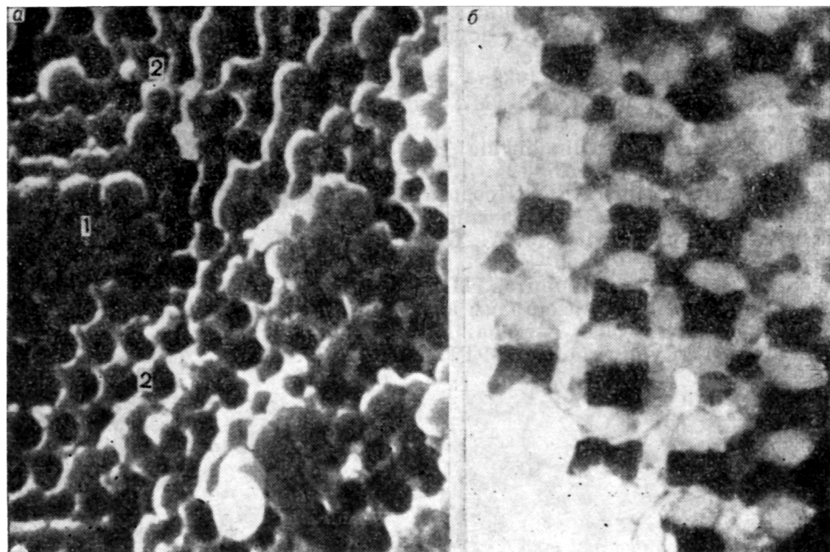


Рис. 1. Трехмерная регулярная система джозефсоновских переходов.

a — скол образца в сканирующем электронном микроскопе, *б* — снимок на просвет. Диаметр электрических шаров 2500 \AA .

вид скола образца в сканирующем электронном микроскопе представлен на рис. 1, *a*; видны как диэлектрические шары (1), так и многосвязная металлическая сеть (2). Снимок аналогичного объекта, полученный на просвет (рис. 1, *б*), дает представление об относительных размерах как частиц, так и мостиков между ними. Плотность мостиков в данной системе достигает $\sim 10^{14} \text{ см}^{-3}$.

Ранее были исследованы сверхпроводящие переходы и особенности вольт-амперных характеристик (ВАХ) таких систем [3]. В данной работе представлены результаты исследования отклика регулярной системы джозефсоновских контактов на внешнее СВЧ излучение. Измерение отклика было проведено на переменном токе частотой 330 Гц в режиме амплитудной модуляции (глубина модуляции $\sim 20 \text{ дБ}$) в диапазоне частот несущей $0.4\text{--}10 \text{ ГГц}$ в коаксиальной линии при температуре от 2.5 до 4.2 К . Никакие специальные меры для согласования образца с СВЧ трактом не предпринимались. Характерные размеры исследованных образцов $1 \times 1.5 \times 3 \text{ мм}$, т. е. в каждом образце было до 10^{12} одинаковых микромостиков. Измерение ВАХ проводилось четырехконтактным методом; сигнал отклика снимался с потенциальных контактов и после синхронного детектирования сопоставлялся с положением рабочей точки на ВАХ образца. Пример отклика для регулярной системы мостиков из сплава Bi—Pb представлен на рис. 2 вместе с ВАХ.

Результаты работы можно свести к следующему.

1. ВАХ имеет вид, характерный для переходов, размытых тепловыми флуктуациями (при 4.2 К тепловые флуктуации приводят к шумовому току ~ 0.3 мкА [1], что близко к величине критического тока одного мостика).

2. Во всей области использованных частот и мощностей излучения (вплоть до мощностей, подавляющих сверхпроводящий переход) на ВАХ не обнаруживается ступенька тока, характерная для реакции одиночных переходов на внешнее облучение.

3. Отклик имеет вид ряда дискретных максимумов, положение которых не связано с видимыми особенностями ВАХ и ее первой производной (разрешающая способность измерения дифференциального сопротивления до 10^{-3}). Такой вид отклика резко отличается от отклика неупорядоченных наборов джозефсоновских переходов [4].

4. Положение максимумов отклика не зависит от частоты СВЧ излучения; с изменением частоты происходит лишь изменение относительной величины максимумов отклика.

Следует отметить, что такого типа отклики не наблюдаются в случае одиночных переходов. Для двумерных наборов контактов в области, соответствующей начальному участку ВАХ, в отклике появляются особенности, положение которых не зависит от частоты [4]. В случае трехмерной регулярной решетки частотно-независимый отклик занимает уже всю область резистивного состояния системы. Возможным механизмом детектирования в данном случае является смещение внешнего СВЧ излучения с собственным излучением системы джозефсоновских контактов на определяемых ее геометрией частотах.

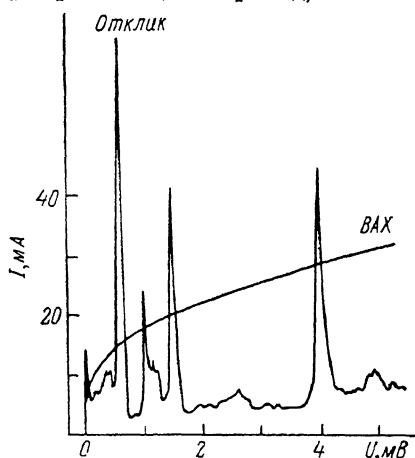


Рис. 2. Отклик трехмерной регулярной системы джозефсоновских переходов на СВЧ излучение. Bi—Pb, 4.2 К, 4 ГГц.

Список литературы

- [1] Лихарев К. К. // Введение в динамику джозефсоновских переходов. М., 1985. 320 с.
[2] Богомолов В. Н. // УФН. 1978. Т. 124. № 1. С. 171—182.
[3] Богомолов В. Н., Журавлев В. В., Задорожний А. И., Колла Е. В., Кумзоров Ю. А. // Письма в ЖЭТФ. 1982. Т. 36. № 8. С. 298—300.
[4] Дмитриев В. М., Соловьев А. Л. // ФНТ. 1981. Т. 7. № 5. С. 575—594.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
9 марта 1989 г.
В окончательной редакции
19 сентября 1989 г.