XXXIII Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. Ч.VI: С.155-156, 2005.
© Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2005.

УДК 537.312.62

М.С.Конончук (6 курс, каф. ПФОТТ), С.А.Немов, д.ф.-м.н., проф.,
Д.В.Шамшур, к.ф.-м.н., с.н.с. ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДУЛЯЦИЯ МАТРИЦЫ ОПАЛА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТА ИНДИЙ-ОПАЛ

ABSTRACT: The possibility of changing primary low-temperature properties of nanocomposite In-Opal by modification geometrical parameters of the system is considered.

Низкоразмерные структуры привлекают внимание исследователей вследствие возможности наблюдения в них размерных эффектов. Существенное уменьшение размеров проводника (сверхпроводника) приводит к изменению основных механизмов рассеяния носителей и, соответственно, увеличению критической температуры T_c [1] и критического магнитного поля H_c [2]. Если размеры сверхпроводящих наночастиц сопоставимы с длиной когерентности ξ, поведение таких структур становится более сложным. В данной работе объектами рассмотрения являются структура и свойства нанокомпозита, представляющего собой регулярную трехмерную решетку наночастиц индия, образованную заполнением подрешетки пустот опала.

Опал представляет собой систему плотно-упакованных силикатных шаров (в гексагональной или кубической решетках), пустоты между которыми составляют 20-25% объема кристалла и образуют решетку, образованную полостями двух видов – тетраэдрическими и октаэдрическими, которые соединены между собой каналами.

Геометрическая модуляция матрицы опала осуществлялась за счет:

- осаждения оксида кремния из раствора полисиликата для достижения значительной глубины геометрической модуляции канала протекания тока, т.е. соотношения между его максимальным и минимальным сечением;
- наслаивания заданного количества монослоев диоксида титана на внутреннюю поверхность опала для прецизионного изменения размеров полостей; метод молекулярного наслаивания оксидов на внутреннюю поверхность силикогеля в применении к опалу позволяет изменять размеры полостей с точностью до толщины монослоя осаждаемого оксида [3].

Введение металла в матрицу пустот, образованную силикатными шарами в синтетическом опале, позволяет образовывать регулярную структуру. В результате образуется пространственная сетка, представляющая собой трехмерную решетку связанных между собой гранул. Любой токоведущий путь в подобной решетке может быть рассмотрен как зигзагообразный канал в виде последовательного чередования больших и малых гранул. Диаметр гранул и степень их изолированности друг от друга может быть изменена в результате нанесения дополнительного слоя диэлектрика на поверхности силикатных шаров. Вследствие равномерного нанесения слоя диэлектрика на внутреннюю поверхность опала отношение диаметров пол остей и каналов меняется. Таким образом, это обстоятельство можно использовать в целях преднамеренного изменения свойств ансамбля сверхпроводниковых структур за счет ослабления межгранулярной связи в матрице. Этого можно добиться нанесением ряда слоев TiO_2 на внутреннюю поверхность опала методом молекулярного наслаивания.

Исследования температурных и магнитополевых зависимостей проводились на установке низких и сверхнизких температур, получаемых путем откачки паров жидкого He^3

(диапазон температур проводимых измерений от 0.6 К до 300 К).

В ходе работы исследовались образцы индий-опал с разным количеством циклов молекулярного наслаивания TiO_2 на внутреннюю поверхность матрицы опала. Прослеживается корреляция параметров сверхпроводящего перехода с размерами нанагранул индия: уменьшение размеров гранул In, соответствующее уменьшению объемной доли индия k_{In} в образце, сопровождается монотонным увеличением T_c и H_c. При этом удельное сопротивление в нормальной фазе увеличивается, а наклон температурной зависимости ρ(T) становится более пологим. Для образцов с k_{In}<16% на зависимостях R(T) и R(H) появляются ступени.

Таким образом, изменение геометрических характеристик матрицы опала позволяет изменять низкотемпературные электрофизические свойства нанокомпозитов сверхпроводник-опал, а метод молекулярного наслаивания является эффективным способом изменения геометрических параметров системы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. S.Matsuo et al, Journ. of Low Temp. Phys., **15**, 481 (1974).
2. В.Л.Гинзбург, ЖЭТФ, **34**, 113, (1958).
3. С.Г.Романов, А.В.Фокин, К.Х.Бабамуратов, Письма в ЖЭТФ, **58**,883 (1993).