



НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ

**1-я НАЦИОНАЛЬНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРИКЛАДНОЙ
СВЕРХПРОВОДИМОСТИ
НКПС-2011**

Москва, Россия

06-08 декабря 2011 г.

УСТРОЙСТВА СВЕРХПРОВОДНИКОВОЙ СПИНТРОНИКИ.

М.Ю. Куприянов

НИИЯФ им. Д.В. Скобелкина, mkupr@pn.sinp.msu.ru

В настоящее время имеется значительный интерес к структурам, состоящим из сверхпроводящего (S) и ферромагнитного (F) слоев. Возможность π -состояний в SFS джозефсоновских переходах из-за осцилляционного характера сверхпроводящих корреляций индуцированных в ферромагнетик была предсказана теоретически, и их существование было убедительно продемонстрировано экспериментально [1] - [3]. Помимо этого, было предсказано, что в джозефсоновских структурах с несколькими ферромагнитными слоями можно реализовать π -состояния даже в случае, когда F-слои настолько тонки, что пространственные осцилляции параметра порядка не могут быть реализованы. Этот эффект обязан своим существованием проскальзыванию фазы на SF границах с конечной прозрачностью. Он был предсказан в [4] для SFIS переходов, в которых два SF-бислоя отделены друг от друга от изолирующим барьером «I». В этом случае фазовые сдвиги $\delta\phi$ имеют место на каждом из SF интерфейсов, причем $\delta\phi$ стремится к $\pi/2$ с увеличением обменного поля. В результате, общий сдвиг фаз на переходе оказывается равным π .

В последнее время большое внимание привлекли структуры, в которых со сверхпроводником связаны два F-слоя (FSF или SFF). Такие объекты могут служить в качестве сверхпроводящих спиновых вентилях, в которых температура перехода контролируется углом α между направлениями намагниченности F-слоев [5]. SFF структуры с полностью прозрачными интерфейсами изучались теоретически в [6], где было показано, что критическая температура в таких трехслойках может быть немонотонной функцией угла α . Это обстоятельство, а также немонотонные зависимости критического тока джозефсоновских SFS структур различных типов и конфигураций могут служить основой для сверхпроводниковых спиновых переключателей, в которых взаимная ориентация намагниченностей отдельных F слоев может контролировать как критическую температуру, так и величину и знак критического тока.

В работе дан обзор современного состояния в области теории, технологии и экспериментального исследования таких структур. Особое внимание будет уделено исследованию влияния прозрачности интерфейсов и триплетных корреляций на эффект близости в SFF и SNF структурах. Будет показано, что проскальзывание фазы на интерфейсах приводит к ряду новых своеобразных явлений, в том числе к аномальной зависимости от α амплитуды медленно спадающей в пространстве триплетной компоненты. В отличие представлений, основанных на анализе симметричных FSF или SFFS структур, амплитуда этой триплетной компоненты достигает максимума не в непосредственной близости от $\alpha = \pi/2$ и может быть даже нулевой для этой конфигурации векторов намагниченности. Мы покажем, как эти новые эффекты проявляются в реализации 0- π перехода в туннельных SFFIS структурах.

Отдельное внимание будет уделено последним результатам, полученным в SNF-NF-FNS структурах: эволюции плотности состояний, влиянию на критический эффект, обусловленных двумерным характером распределения в них плотности сверхтока.

Работа велась при финансовой поддержке гранта РФФИ 11-02-12065-офи-м.

- [1] A.A. Golubov, M. Yu. Kupriyanov, and E. Il'ichev, *Rev. Mod. Phys.*, **76** (2004) 411.
- [2] A.I. Buzdin, *Rev. Mod. Phys.*, **77**, (2005) 935.
- [3] F.S. Bergeret, A. F. Volkov, K. B. Efetov, *Rev. Mod. Phys.*, **77** (2005) 1321.
- [4] A.A. Golubov, M.Yu.Kupriyanov and Ya.V. Fominov, *JETP Letters*, **75** (2002) 190.
- [5] P.V. Leksin, N.N. Garifyanov, I.A. Garifullin, , *et al. Phys. Rev. Lett.*, **106** (2011) 067005.
- [5] Ya.V. Fominov, A.A. Golubov, T.Yu. Karminskaya, *et al.*, *Pis'ma v ZhETF* **91**, (2010) 329.

ДЖОЗЕФСОНОВСКИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ Nb/ α -Si/Nb И Nb/ α -Si/Nb/ α -Si/Nb
С ЛЕГИРОВАННОЙ α -Si ПРОСЛОЙКОЙ И МИКРОСХЕМЫ НА ИХ ОСНОВЕ.

А.Л. Гудков*, М.Ю. Куприянов**, А.И. Козлов*,
А.С. Катков*** И.Я. Краснополин***, А.Н. Самусь

* ЗАО "Компэлст", ФГУП "НИИФП им. Ф.В. Лукина", gudkov@niifp.ru

** НИИЯФ им. Д.В. Скобелкина, mkupr@pn.sinp.msu.ru

*** ВНИИМ им Д.И. Менделеева, A.S.Katkov@vniim.ru ВНИИМС, krasnopolin@vniims.ru

Проведено исследование свойств джозефсоновских гетероструктур Nb/ α -Si/Nb и Nb/ α -Si/Nb/ α -Si/Nb с различной степенью легирования α -Si прослойки W с целью определения механизма транспорта тока в переходах данного типа [1]. Представлены результаты измерений зависимостей критического тока переходов от температуры и их сравнение с теоретическими моделями переходов различных типов (SIS, SINIS, SNS). Представлены

ВАХ Nb/ α -Si/Nb переходов с различной концентрацией W в α -Si прослойке и их вид под воздействием внешней частоты до 75 ГГц (Рис. 1). Проведено сравнение резистивных участков ВАХ с теорией для случая транспорта тока с участием процессов упругого и неупругого резонансного туннелирования через примесные центры. Дано объяснение в изменении формы ВАХ от избытка нормального тока к недостатку тока при уменьшении концентрации W.

В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением концентрации W в α -Si происходит переход от туннельной проводимости к внутреннему шунтированию, возникающему благодаря образованию каналов неупругого резонансного туннелирования для нормальных электронов. Одновременно в прослойке образуются пути прохождения сверхпроводящего тока по квазиодномерным каналам с металлической проводимостью. При этом рост концентрации W сопровождается увеличением числа таких каналов, а не увеличением проводимости отдельно взятого канала.

Учитывая ряд уникальных свойств исследованных джозефсоновских переходов, в том числе связанных с большой длиной волны де Бройля электронов в α -Si прослойке, и занимающих промежуточное положение между переходами SNS типа и SIS типа, а также учитывая тот факт, что транспорт тока осуществляется исключительно

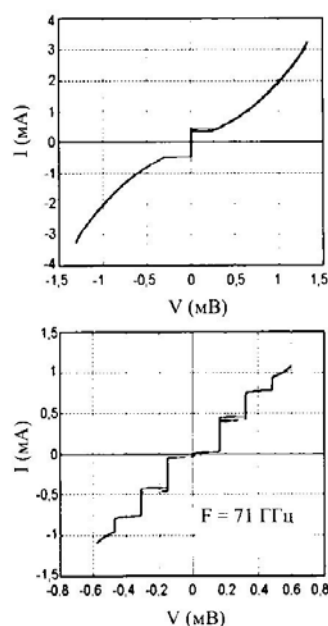


Рис. 1. ВАХ перехода SDS типа.

за счет примесей в полупроводниковой прослойке данный тип переходов по аналогии с переходами SNS типа обозначен джозефсоновскими переходами SDS (superconductor – doped or degenerate semiconductor – superconductor) типа.

Показано, что разработанные джозефсоновские переходы Nb/ α -Si/Nb выгодно отличаются от других типов джозефсоновских переходов. Меняя концентрацию примеси в α -Si прослойке можно получить планарные джозефсоновские переходы с требуемыми характеристиками для микросхем эталона Вольта и других применений. На основе гетероструктуры Nb/ α -Si/Nb/ α -Si/Nb сформированы и исследованы стеки джозефсоновских переходов. Показано влияние толщины промежуточного Nb на характеристики стеков.

[1]. Gudkov A.L., Gogin A.A., Kozlov A.I., Samus A.N. Abstracts of International Conference "Micro- and nanoelectronics – 2009". October 5th-9th, 2009. Moscow – Zvenigorod, Russia. 01-18.