

МОКЕРОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

10-я Юбилейная Международная
научно-практическая конференция
по физике и технологии
наногетероструктурной СВЧ-электроники

15-16 мая 2019 года

СБОРНИК ТРУДОВ

МОСКВА

УДК 621.382(06)+539.2(06)+620.3(06)
ББК 22.36в6
М 74

Мокиеровские чтения. 10-я Юбилейная Международная научно-практическая конференция по физике и технологии наногетероструктурной СВЧ-электроники, 15-16 мая 2019 г.: сборник трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2019. – 204 с.

Юбилейная конференция по физике и технологии гетероструктурной СВЧ-электроники в 2019 году проводится в 10 раз и посвящена памяти выдающегося физика, члена-корреспондента РАН, основателя советской и российской научной школы в области гетероструктурной сверхвысокочастотной (СВЧ) электроники Владимира Григорьевича Мокиерова.

Тематика конференции объединила работы ведущих исследователей из России и стран СНГ по целому ряду научно-технических и технологических задач в области гетероструктурной СВЧ-электроники и смежных областей. Это разделы: фундаментальные аспекты наногетероструктурной СВЧ-электроники; полупроводниковые СВЧ-приборы и устройства: производство, технологии и свойства; перспективные материалы, гетероструктуры и сверхрешетки, двумерные, одномерные и нульмерные структуры; структурные свойства и нанометрология наносистем и гетероструктур; терагерцевая электроника и фотоника; функциональная электроника; оптоэлектроника и радиофотоника.

Материалы докладов подготовлены сотрудниками различных учреждений: институтов РАН, представителями производственных организаций и университетов и отражают современное состояние и пути развития проблем СВЧ-твердотельной электроники на основе наноразмерных гетероструктур и других новых функциональных материалов. Тезисы докладов размещены в тематических секциях в соответствии с программой конференции.

Конференция проводится ежегодно при участии Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Фонда поддержки науки и образования имени В.Г. Мокиерова, Института сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники имени В.Г. Мокиерова РАН.

Сайты конференции: www.mokierov.ru (раздел «Конференции»)
<https://mokierov.mephi.ru/>

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
www.mephi.ru

Фонд поддержки образования и науки имени члена-корреспондента РАН, профессора В.Г. Мокиерова:
www.mokierov.ru

Федеральное государственное автономное научное учреждение
Институт сверхвысокочастотной полупроводниковой электроники
имени В.Г. Мокиерова Российской академии наук
www.isvch.ru

Материалы получены до 1 апреля 2019 г. Сборник трудов издается в авторской редакции

ISBN 978-5-7262-2564-7

© Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», 2019

**КАНАЛИРОВАНИЕ ТРИПЛЕТНЫХ ПАР В ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ
СВЕРХПРОВОДНИК-ФЕРРОМАГНЕТИК**

****С.Л. Прищепа^{1,2}, В.Н. Кушнир³***

¹Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Беларусь, 220013, г. Минск, улица П. Бровки, дом 6, e-mail: prischepa@bsuir.by

²Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ

Россия, 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

³Белорусский государственный университет

Беларусь, 220030, г. Минск, Проспект Независимости, дом 4, e-mail: vnkushnir@gmail.com

**CHANNELING OF TRIPLET PAIRS EFFECTS IN HETEROSTRUCTURES
SUPERCONDUCTOR-FERROMAGNET**

****S.L. Prischepa¹, V.N. Kushnir²***

¹Belarus State University of RadioElectronics

Belarus, 220013 Minsk, P. Brovka street 6, e-mail: prischepa@bsuir.by

²Belarus State University

Belarus, 220030 Minsk, Nezavisimosti prospect 4, e-mail: vnkushnir@gmail.com

We show that the S0 layer can transfer triplet currents with full dumping of the singlet one under the following conditions. (1) The state-function of the superconducting condensate has the node in S0-layer at parallel magnetic moments of ferromagnet layers of Superconductor-Ferromagnet structures. (2) The in-plane mutual rotation of the magnetic moments implies the transition to the state described by eigenfunction without nodes at the some value (θ_{cr}) of angle θ between magnetizations. Then, the left neighborhood of the θ_{cr} value corresponds to the almost full suppression of the singlet component and the most intensive triplet one in the whole S0-layer.

Применение гетероструктур сверхпроводник(S)/ферромагнетик(F) в наноэлектронике и спинтронике обусловлено двумя их свойствами: осцилляционным характером сверхпроводящего параметра порядка, возникновением триплетных его составляющих при неколлинеарных магнитных моментах F-слоев [1]. Осцилляционный характер параметра порядка приводит к возможности реализации спектров состояний сверхпроводимости в многослойных S/F структурах [2, 3]. В окрестностях переходов между состояниями спектра возможны необычные явления, в частности, каналирование в S-слое триплетных составляющих сверхпроводящего конденсата при почти полном подавлении в нем синглетной составляющей. Эффект может наблюдаться в структуре с нечетным числом S/F-бислоев, обладающей плоскостью симметрии в центральном S-слое (S0). Этот слой должен быть тонким настолько, чтобы, при параллельных маг-

нитных моментах F-слоев, сверхпроводящий конденсат находился в «1-состоянии» (с антисимметричной волновой функцией). В таком случае синглетная составляющая параметра порядка оказывается в значительной степени, подавленной в S0-слое. Относительное вращение магнитных моментов в F-слоях, соседних с центральным S-слоем, приводит к росту триплетных компонент и еще большему подавлению синглетной компоненты. Это происходит вплоть до некоторого угла θ_{cr} (угол кроссовера), при котором совершается переход конденсата в «0-состояние» с симметричной синглетной составляющей параметра порядка без узлов. Для значений углов, принадлежащих малой левой окрестности θ_{cr} , синглетная компонента оказывается практически полностью подавленной, а S0 слой заполнен только сверхпроводящими электронными парами с суммарным спином 1. Тогда транспортный ток, направленный вдоль слоев, индуцирует триплетный противоток, который не содержит в слое S0 примеси синглетного тока. На рис. 1 представлен график триплетной компоненты плотности тока, соответствующей проекции спина 1 на ось квантования, J_{t11} , отнесенной к синглетной компоненте J_s , рассчитанный для 5-бислойной S/F структуры, принадлежащей системе Nb/PdNi [3]. Ось OX системы координат направлена ортогонально поверхностям слоев. Магнитные моменты монодоменных F-слоев компланарны плоскости YOZ.

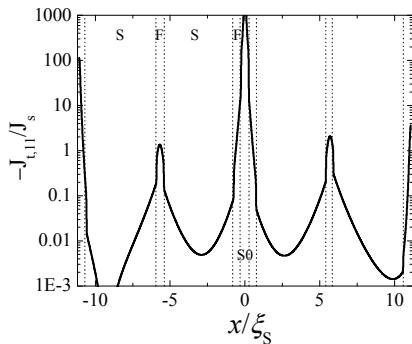


Рис. 1. Отношение плотности триплетной и синглетной компонент продольного критического тока, рассчитанного для 5-бислойной структуры $F/2[S/F]/S_0/2[F/S]/F$ со спиральной конфигурацией магнитных моментов F-слоев с углом $\theta_{cr} = 0$ между ними. Вертикальные линии означают границы между слоями

Литература

1. A.I. Buzdin, Rev. Mod. Phys., **77**, 935 (2005).
2. В.Н. Кушнир, Доклады НАН Беларуси, **52**, 39 (2008).
3. В.Н. Кушнир, М.Ю. Куприянов, Письма в ЖЭТФ, **93**, 539 (2011).