

Отзыв

**научного руководителя о работе аспиранта Пашенькина И. Ю.,
представившего диссертацию на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук, на тему «Эффекты обменного и спин-
орбитального взаимодействия в немагнитных прослойках
ферромагнитных наноструктур» по специальности 1.3.8 – Физика
конденсированного состояния**

Пашенькин Игорь Юрьевич обучался в аспирантуре по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния при Институте физики микроструктур РАН с 2020 по 2024 года. За время обучения И. Ю. Пашенькин в полном объеме выполнил план аспирантской подготовки; проявил способности к работе с научной литературой, овладению изложенным в ней материалом, освоил методы экспериментального исследования магнитных и транспортных свойств магнитных структур, технологические методы изготовления образцов, научился самостоятельно писать научные статьи.

Диссертационная работа И.Ю. Пашенькина посвящена исследованию эффектов обменного и спин-орбитального взаимодействия в многослойных структурах ферромагнетик/немагнитный материал/ферромагнетик. В ходе выполнения работы были получены следующие важные научные результаты.

(1) Впервые экспериментально обнаружен и исследован эффект зависимости обменного взаимодействия между магнитными берегами туннельного магнитного контакта (ТМК) через диэлектрический барьер MgO в от приложенного к барьеру напряжения. Продемонстрирована возможность изменения магнитного состояния ТМК при приложении к нему импульсов напряжения величиной 2 В и длительностью 100 нс. Протекающий при этом ток имеет плотность всего 10^3 - 10^4 А/см², что делает данный механизм управления магнитным состоянием ТМК перспективным для разработки высоко энергетически эффективной магнитной памяти.

(2) Впервые экспериментально обнаружен и исследован внешний аномальный туннельный эффект Холла обусловленный спин-орбитальным взаимодействием туннелирующих в туннельном контакте электронов с внешним электрическим полем приложенным к барьеру. Эффект такого взаимодействия удалось обнаружить благодаря тому, что электрическое поле в барьере может достигать величины 10^7 В/см, что всего на 2 порядка ниже атомарных полей.

(3) Была экспериментально подтверждена возможность теоретически предсказанного ранее эффекта обменного усиления магнетокалорического эффекта в структурах ферромагнетик/парамагнетик/ферромагнетик. Эффект

заключается в наведении ферромагнитного порядка в парамагнитном слое благодаря обменному взаимодействию на границах раздела с ферромагнетиком. Продемонстрировано кратное возрастание магнитокалорической эффективности в системах CoFeB/NiCu/CoFe и CoSm/Fe/Gd/Fe/CoFeB по сравнению с отдельными пленками NiCu и Gd.

Кроме того, необходимо указать, что все экспериментальные образцы были изготовлены Пашенькиным И. Ю., а технология их создания была отработана соискателем непосредственно в ходе работы над диссертацией. При этом технология изготовления туннельных магниторезистивных контактов является уникальной для России.

В процессе выполнения работы И. Ю. Пашенькин проявил себя как грамотный, хорошо подготовленный исследователь. Он в достаточной мере владеет методами экспериментальных исследований и научного анализа, способен вести самостоятельные научные исследования. Он является соавтором 41 научной статьи, из которых 11 опубликованы в журналах Q1. При этом в диссертацию вошло 11 статей (из них 3 в Q1).

Считаю, что диссертация И. Ю. Пашенькина отвечает всем необходимым требованиям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Научный руководитель
д.ф.-м.н., зав. отд. 8150

М. В. Сапожников



Подпись *М. В. Сапожникова*
ЗАВЕРЯЮ:
НАЧАЛЬНИК
ОТДЕЛА КАДРОВ ИФМ РАН
ОСИПЕНКО М. Л. *М. Л. Осипенко*
10.12.2024г.