

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Скирдкова Петра Николаевича «Спин-трансферный диодный эффект в магнитных туннельных переходах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Скирдкова П.Н. посвящена теоретическому исследованию динамики намагниченности в магнитных туннельных переходах (МТП) под действием спиновых токов и разработке на этой основе высокочувствительных спин-трансферных диодов (СТД). Актуальность темы не вызывает сомнений, поскольку спинтроника является одним из наиболее быстро развивающихся направлений физики конденсированного состояния, а СТД представляют собой перспективные элементы для детектирования микроволнового излучения в современных телекоммуникационных системах, устройствах интернета вещей и сенсорике.

Автореферат отражает логику и содержание диссертации, написан грамотно и позволяет составить целостное представление о выполненном исследовании. Судя по автореферату, автор получил ряд новых фундаментальных и прикладных результатов, среди которых особенно выделяются следующие:

Разработка новых подходов к управлению частотными характеристиками СТД. Теоретически обоснована возможность тонкой подстройки резонансной частоты диода в диапазоне 8,5–9,5 ГГц за счет изменения угла закрепления ферромагнитных слоёв с помощью антиферромагнетиков с различными температурами Нееля. Показано, что использование постоянного тока смещения вблизи критического значения позволяет существенно повысить чувствительность устройства (до 1670 мВ/мВт).

Исследование вихревых СТД. Впервые проведен детальный анализ спин-трансферного диодного эффекта в структурах с вихревым распределением намагниченности свободного слоя. С помощью микромагнитного моделирования и аналитической модели на основе уравнения Тили установлено, что такие диоды эффективно работают в субгигагерцовом диапазоне, а их чувствительность может достигать значений, пропорциональных $AP_{in}^{-1/3}$, (где P_{in} — входная мощность), что делает их идеальными кандидатами для детектирования сверхслабых сигналов.

Объяснение механизмов широкополосного выпрямления. Автором теоретически интерпретированы экспериментально наблюдавшиеся эффекты широкополосного выпрямления. Установлено, что они связаны либо с появлением ненулевого угла между намагниченностями слоёв в плоскости плёнки (при приложении внешнего поля под углом), либо с формированием неоднородных С- и S-состояний в свободном слое. Эти результаты важны для понимания физики процессов в реальных наноструктурах и открывают пути создания широкополосных детекторов.

Достижение рекордной чувствительности в пассивных СТД. В работе теоретически предсказана возможность получения чувствительности до 4650 мВ/мВт (после согласования импедансов) в СТД с перпендикулярной магнитной анизотропией за счёт формирования легкоконусного состояния, индуцированного магнитостатическим взаимодействием. Это значение является одним из лучших среди известных и демонстрирует значительный потенциал практического применения разработанных структур.

Научная новизна и достоверность результатов обеспечены использованием современных методов микромагнитного моделирования (программный пакет SpinPM) и построением аналитических моделей, хорошо согласующихся с численными расчётами и экспериментальными данными других научных групп. Основные положения диссертации опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых журналах и прошли апробацию на многочисленных международных конференциях.

В качестве замечания стоит отметить некоторую узость формулировки первого положения, выносимого на защиту, по поводу резонансной частоты спин-трансферного диода. В положении даны ряд конкретных числовых характеристик, однако не приведена толщина слоёв. Кроме того, было бы полезно дать обобщение по поводу оптимальных параметров спин-трансферного диода. Также есть замечание по оформлению автореферата, связанное с наличием некоторого количества опечаток и некоторой перегруженностью текста ссылками на литературу во вводной части. Однако данные замечания не затрагивают существа работы и не влияют на ее высокую положительную оценку.

Заключение

Содержание автореферата свидетельствует о том, что диссертация «Спин-трансферный диодный эффект в магнитных туннельных переходах» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Автор работы, **Скирдков Петр Николаевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Доктор физ.-мат. наук, доцент
Белотелов Владимир Игоревич
кафедра нанофотоники, физический факультет МГУ

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1 стр. 2, Физический факультет МГУ

Телефон: +79267337189
E-mail: belotelov@physics.msu.ru

02.03.2026

Подпись Белотелова Владимира Игоревича удостоверяю:

02.03.2026

Ведущий специалист
по кадрам

Корошевская Ю. М.