

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сафина Ансара Ризаевича «Нелинейные динамические процессы в автоколебательных структурах антиферромагнитной спинтроники», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений»

Эффекты транспорта спинового тока в магнитных гетероструктурах на основе пленок магнитных материалов и пленок тяжелых металлов активно исследуются в связи с перспективами построения на их основе энергоэффективной элементной базы на принципах спинтроники. С этой точки зрения диссертационная работа Ансара Ризаевича Сафина, посвященная развитию теории нелинейных динамических процессов в автоколебательных структурах антиферромагнитной спинтроники, является актуальной.

В работе развит теоретический подход, позволяющий исследовать нелинейные динамические процессы в осцилляторах и детекторах терагерцовых сигналов на основе автоколебательных процессов в структурах спинтроники, содержащих антиферро- и ферри-магнетики. Предложены структуры и их математические модели, позволяющие эффективно управлять параметрами спинтронных осцилляторов и детекторов посредством внешних магнитных и электрических полей, температуры и величины инжектируемого спин-поляризованного тока. Развит подход к анализу ансамблей спинтронных осцилляторов, позволяющий решать задачи взаимной синхронизации, устранения многомодовости. Построена модель нейроморфного поведения спинтронных осцилляторов, возбуждаемых импульсами оптического излучения, а также предложены варианты реализации на их основе простейших логических операций и нейроморфных вычислений. Значительное внимание уделено анализу перспектив разработки различных устройств терагерцовой электроники: генераторам, детекторам, синтезаторам, спектроанализаторам, квантовым вычислителям и нейропроцессорам.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается использованием общепринятых аналитических и численных методов решения дифференциальных уравнений, методов теории колебаний и волн, а также соответствием результатам экспериментов.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах как зарубежных (14 статей), так и в изданиях, рекомендованных ВАК (таких публикаций 22), и были доложены автором на представительных научных форумах. По теме диссертации имеется 4 патента на изобретения.



Автореферат полностью отображает поставленные цели, полученные результаты и содержание диссертационной работы, хорошо оформлен.

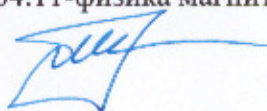
По актуальности и новизне полученных результатов, их фундаментальной и прикладной значимости, объему проведенных исследований и степени их завершенности диссертация отвечает всем требованиям ВАК России к докторским диссертациям, а ее автор, А.Р. Сафин, заслуживает присуждения степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений».

Директор Саратовского филиала ИРЭ

им. В.А. Котельникова РАН,

д.ф.-м. н. по специальности 01.04.11-физика магнитных явлений,

профессор



Юрий Александрович Филимонов

410019 Саратов, ул. Зеленая 38, Тел./факс 88452-272401;

E-mail: [yuri.a.filimonov@gmail.com](mailto:yuri.a.filimonov@gmail.com)

Заведующий лабораторией нелинейной динамики

Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,

д.ф.-м. н. по специальности 05.13.18 -математическое моделирование,

численные методы и комплексы программ,

доцент



Купцов Павел Владимирович

410019 Саратов, ул. Зеленая 38, Тел./факс 88452-391238

E-mail: [kupav@mail.ru](mailto:kupav@mail.ru)

Подпись Ю.А. Филимонова и П.В. Купцова заверяю:

Ученый секретарь Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН,

к.ф.-м.н.

Д.В. Фатеев

28 апреля 2023 г.

