

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»

В последние годы значительное внимание привлечено к исследованию свойств наноразмерных структур на основе наноразмерных многослойных магнитных пленок. К перспективному направлению исследований относится генерирование ГГц и ТГц-колебаний магнитными многослойными наноосцилляторами, получившими название спинтронных осцилляторов. Для таких структур характерны миниатюрные размеры, широкий диапазон перестройки по току и магнитному полю, малые питающие напряжения и токи, а также совместимость с технологическим циклом производства КМОП-структур. Основным недостатком, ограничивающим их практическое внедрение, является крайне низкий уровень выходной мощности генерируемых колебаний. В связи с этим актуальной является задача об объединении спинтронных наноосцилляторов в ансамбли с целью сложения их мощностей при взаимной синхронизации. Эта проблема рассматривается в диссертации Сафина А.Р., имеющей основной целью разработку теории, позволяющей исследовать нелинейные динамические процессы в автоколебательных структурах спинтроники, содержащих антиферро- и ферримагнетики: осцилляторах и детекторах терагерцевых сигналов, характеристиками которых можно управлять посредством внешних воздействий (магнитных и электрических полей, спин-поляризованного тока, температуры), а также разработка сетевого подхода при объединении базовых элементов в большие ансамбли, позволяющего решать задачи взаимной синхронизации, устранения многомодовости, нейроморфных вычислений.

В работе построены и исследованы математические модели перестраиваемых по частоте антиферромагнитных и ферримагнитных осцилляторов, детекторов, эмиттеров и устройств на их основе: синтезаторов, спектроанализаторов и нейропроцессоров. Найдены условия безгистерезисной генерации автоколебаний намагниченности при возбуждении гетероструктуры «антиферромагнетик-тяжелый металл» спин-поляризованным током. Исследована взаимосвязь между направлениями осей анизотропии магнетика, направлением внешнего постоянного магнитного поля и поляризацией источника возбуждения для реализации регенеративного, резонансного детектирования ГГц и ТГц колебаний на основе гетероструктуры «антиферромагнетик-тяжелый металл». Исследована структура детектора в виде гребенчатой структуры АФМ, позволившей увеличить уровень выпрямленного выходного напряжения. Полученные в диссертации результаты представляют интерес, как практически значимый пример феномена синхронизации в ансамблях осцилляторов, привлекающей в последнее время большое внимание в плане общих теоретических построений нелинейной динамики и теории хаоса. Результаты и рекомендации диссертационной работы могут найти применение при проектировании автоколебательных систем, построенных на основе антиферромагнитных наноструктур.

Результаты диссертации достаточно полно представлены публикациями в научных журналах и сборниках, а также неоднократно докладывались на конференциях высокого уровня.

Можно констатировать, что поставленная цель исследования выполнена в полном объеме. Диссертационная работа Сафина А.Р. представляет собой научный труд, в котором получены новые научные результаты и даны практические рекомендации по разработке автоколебательных структур ТГц спинтроники.

Считаю, что диссертация Сафина Ансара Ризаевича является законченным научно-квалификационным исследованием и удовлетворяет требованиям ВАК к докторским диссертациям. Соискатель заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12 — «Физика магнитных явлений».

Заместитель директора по научной работе
ИТПЭ РАН



Мерзликин А.М.
05.06.2023

Подпись А.М. Мерзликина удостоверяю:
Заместитель директора ИТПЭ РАН



Кисель В.Н.

Мерзликин Александр Михайлович
адрес: 197022, Ижорская ул., д.13, с.6
телефон: 8 (915) 194-85-62
e-mail: merzlikin_a@mail.ru, a.m.merzlikin@gmail.com