

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации Азовцева Андрея Валерьевича «Микромагнитное моделирование спиновых явлений, вызванных упругими волнами и импульсами деформаций», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Акустическая спинтроника является актуальной областью физики конденсированного состояния, связанной с изучением возможности применения эффектов деформационной природы для управления спиновым состоянием ферромагнитных материалов. Такое управление открывает возможности для создания новых устройств обработки и передачи информации с низким энергопотреблением по сравнению с классическим микроволновым возбуждением. Диссертационная работа Азовцева А. В. вносит вклад в теоретическое описание этих процессов. Пользуясь подходом микромагнитного моделирования, дополненным с учётом упругих явлений, автор проводит численное исследование воздействия стоячих и бегущих упругих волн, а также импульсов деформаций, на ферромагнитные плёнки и гетероструктуры ферромагнетик/нормальный металл. В работе при этом принимается в расчёт магнитное затухание и возможность большеугловой прецессии намагниченности, а также взаимное влияние деформаций и намагниченности друг на друга, что позволяет адекватно описывать весьма широкий круг физических явлений, связанных с акустическим возбуждением магнитной динамики. В качестве модельных материалов автор использует широко применяемые в спинтронике феррит кобальта (CoFe_2O_4) и галфенол ($\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$).

В работе получен ряд новых и интересных результатов, среди которых можно отметить следующие результаты по магнитоупругой динамике:

1. Выявление существенно нелинейной динамики намагниченности при возбуждении тонкой плёнки $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ стоячими упругими волнами, которая в частном случае возбуждения продольными упругими волнами с частотой ниже частоты ферромагнитного резонанса имеет характер двойной динамики с переменной частотой.
2. Предсказание возбуждения в плёнках $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ и CoFe_2O_4 бегущими упругими волнами вынужденных спиновых волн, распространяющихся с той же длиной волны, частотой и фазовой скоростью, что и инжектируемые упругие волны.
3. Описание акустических явлений, связанных с магнитоупругой обратной связью, в частности, затухание возбуждающей акустической волны в силу её взаимодействия с магнитной подсистемой и генерация за счёт прецессии намагниченности вторичных упругих волн, ранее отсутствовавших в ферромагнетике.
4. Установление характерных длин распространения связанных упругих и спиновых волн в рассматриваемых материалах, а также оптимальных условий для максимизации прецессии намагниченности на границе раздела в гетероструктурах $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}/\text{Au}$ и $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Pt}$.

В работе также рассчитан ток спиновой накачки из динамически деформируемых ферромагнитных плёнок в слой прилежащего нормального металла. Исследован характер этого тока, показано наличие отличных от нуля постоянных компонент, дана оценка величины сопутствующего электрического тока и напряжения, возникающих в нормальном металле в силу обратного спинового эффекта Холла. Помимо воздействия когерентных акустических волн, было также рассмотрено возбуждение магнитной динамики в тонких плёнках $\text{Fe}_{81}\text{Ga}_{19}$ с помощью коротких акустических импульсов. Показано, что такие импульсы вызывают затухающую неоднородную прецессию намагниченности в виде стоячих спиновых волн, исследована их зависимость от формы и длительности возбуждающего

импульса, а также от толщины плёнки и её магнитных граничных условий. Проанализированы спектры возбуждаемых волн, выявлены условия возбуждения мод с частотой свыше 1 ТГц в сравнительно слабых магнитных полях.

В целом, работа сделана на высоком научном уровне, однако не лишена некоторых недостатков. В частности, учитывая сугубо теоретический характер работы, стоило уделить больше внимания самому методу магнитного моделирования, привести более подробную информацию о выборе параметров расчетной сетки и метода решения системы дифференциальных уравнений, проанализировать устойчивость счета.

Указанные недостатки не влияют на общее положительное впечатление от работы. Считаю, что диссертационная работа Азовцева А. В. «Микромагнитное моделирование спиновых явлений, вызванных упругими волнами и импульсами деформаций» полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской Академии наук, а Азовцев А.В заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Белотелов Владимир Игоревич,
заместитель научного директора Международного центра
квантовой оптики и квантовых технологий,
научный руководитель группы «Магнитоплазмоника и
сверхбыстрый магнетизм»,
доктор физико-математических наук, профессор РАН

Почтовый адрес: Россия, : 143025 город Москва,
деревня Сколково, улица Новая,
дом 100, бизнес-центр "Урал".
Электронная почта: v.belotelov@rqc.ru
Телефон: +7 495 280 1291.



В. И. Белотелов

Подпись профессора Белотелова Владимира Игоревича заверяю:

Специалист по кадрам Международного центра
квантовой оптики и квантовых технологий



А.А. Дьяконова