

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Членовой Анны Александровны

на тему: «Магнитные свойства и гигантский магнитный импеданс многослойных пленочных элементов на основе пермаллоя», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений

Актуальность темы. Диссертация Членовой А.А. «Магнитные свойства и гигантский магнитный импеданс многослойных пленочных элементов на основе пермаллоя» посвящена изучению процессов статического и динамического перемагничивания наноструктурированных пленочных систем, востребованного как с точки зрения фундаментальных исследований, так и практических приложений, а также необходимостью создания магнитных высокочувствительных к внешнему полю сенсорных систем. При этом особого внимания заслуживают известные на протяжении нескольких десятилетий тонкие пленки пермаллоя $\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}$, характеризующиеся практически нулевым значением магнитострикции. Несмотря на хорошо развитые технологии их получения, в случае наноструктурированных сред с высокой динамической магнитной проницаемостью существует ряд актуальных нерешенных научных и практических проблем. Одной из актуальнейших задач при этом является понимание особенностей структуры и текстуры, процессов статического и динамического перемагничивания наноструктурированных систем на основе FeNi сплавов типа $[\text{FeNi}/\text{Ti}]_n/\text{Cu}/[\text{Ti}/\text{FeNi}]_m$ (полученных путем осаждения на жесткие и гибкие подложки), применение которых перспективно при изготовлении элементов с гигантским магнитным сопротивлением (ГМИ). Установление связи между особенностями структуры, статическими магнитными свойствами, особенностями магнитной анизотропии и магнитоимпедансным эффектом в многослойных пленочных элементах на основе пермаллоя, безусловно, заслуживает внимания.

Разработка и исследование функциональных сенсорных элементов с заданными характеристиками при эффективном использовании анизотропии формы и магнитоэлектрического взаимодействия, регулируемых геометрией магнитных слоев и прослоек, а также количеством слоев в многослойных пленочных структурах безусловно, являются актуальной задачей физики магнитных явлений.

Содержание работы

Диссертация Членовой А.А. состоит из введения, пяти глав, описания основных результатов, списка литературы, содержащего 138 ссылок. Общий объем диссертации составляет 191 страница, включая 45 рисунков, 9 таблиц.

Во введении обоснована актуальность и новизна работы, сформулированы задачи исследования и выносимые на защиту положения, указан личный вклад автора, объем и структура диссертации.

Первая глава посвящена обзору литературы по теме диссертации, включающего анализ ультратонких магнитных пленок как объекта с высоким магнитоимпедансным эффектом.

Во второй главе описаны методики получения и исследования структурных и магнитных свойств однослойных и многослойных тонкопленочных систем, используемых при выполнении данной работе.

Третья глава посвящена результатам исследования многослойных тонкопленочных элементов на основе FeNi сплава в высокочастотном и сверхвысокочастотном диапазоне магнитных полей, а также при повышении температуры внешней среды.

В четвертой главе проанализированы особенности кинетики процесса конденсации углерода на поверхности Ni и FeNi пленок. Доказана возможность изменения параметров магнитоимпеданса многослойных элементов после процесса низкотемпературной конденсации углерода на их поверхности.

В пятой главе приводятся обнаруженные особенности магнитоимпедансного эффекта многослойных тонкопленочных элементов с различным

количеством магнитных слоев в условиях статических нагрузок до 40 Па. Предложен прототип магнито-импедансного био сенсора.

Научная новизна и практическая значимость исследований.

В диссертации А.А. Членовой представлены новые имеющие практическую и научную значимость экспериментальные результаты исследований магнитных свойств и магнитного импеданса, **впервые** наблюдаемые для многослойных тонкопленочных элементов на основе пермаллоя. В частности,

- **установлены** основные закономерности формирования гистерезисных свойств и магнитного импеданса в наноструктурированных магнитных элементах.

- **обнаружено**, что уменьшение железа в магнитных FeNi слоях от 19 до 11% сопровождается снижением величины магнитного импеданса.

- **найденно**, что в многослойных элементах с увеличением температуры от 25 до 50° наблюдается рост магнитоимпеданса $\Delta Z/Z$, обусловленный релаксацией упругих напряжений и ростом динамической магнитной проницаемости.

- **оценены** качественно и количественно особенности магнитоимпеданса в наноструктурированных элементах.

Наиболее заслуживающие внимания результатами являются следующие.

- Значения магнитного импеданса в наноструктурированных элементах $[\text{Cu}/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}]_n/\text{Cu}/[\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}/\text{Cu}]_m$ и $[\text{Ti}/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}]_n/\text{Cu}/[\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}/\text{Ti}]_m$ в форме полосок можно варьировать за счет изменения толщины и количества магнитных слоев.

- Уменьшение содержания Fe в магнитных слоях Fe-Ni от 19 до 11 % сопровождается снижением импеданса $\Delta Z/Z$ в элементах с симметричной структурой на подложках из стекла и циклоолефинового сополимера.

- Причиной изменения магнитного импеданса наноструктурированных элементов при нагреве до 50 °С является термоинициированная релаксация

неоднородных упругих напряжений и связанное с этим повышение динамической магнитной проницаемости.

- Для пленочных наноструктурированных элементов с разным составом магнитных субслоев наблюдается корреляция между изменениями максимальной величины магнитного импеданса и величины поля ферромагнитного резонанса.

- Экспериментально доказана возможность использования пленочных элементов $[\text{Cu}/\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}]_n/\text{Cu}/[\text{Fe}_{20}\text{Ni}_{80}/\text{Cu}]_n$ в качестве магнитоимпедансных биосенсоров.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Обоснованность и достоверность полученных результатов в диссертационной работе А.А. Членовой обеспечивается мотивированным использованием современных уникальных экспериментальных методов получения и исследования наноструктурированных элементов на основе FeNi сплава и магнитоимпеданса $\Delta Z/Z$.

Результаты работы докладывались и обсуждались на многочисленных конференциях и научных семинарах, опубликованы в 15 статьях, индексируемых в международных базах данных WoS, Scopus и входящие в список ВАК, а также в 39 тезисах докладов.

Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Результаты диссертационных исследований А.А. Членовой могут быть использованы при реализации дальнейших фундаментальных и прикладных исследований магнитоимпедансных свойств элементов в более узком интервале толщин магнитных пермалловых слоев, включая структуры с разными толщинами магнитных слоев. Это может способствовать дальнейшему расширению рабочего диапазона датчиков магнитных полей.

В целом диссертация Членовой А.А. является законченным исследованием, способствующим решению актуальных задач по разработке магнитоимпедансных биосенсоров на основе пермаллоя. Диссертация написана хорошим литературным языком.

По диссертационной работе Членовой А.А. **имеются замечания.**

1. Членовой А.А. получен большой объем экспериментальных результатов с использованием уникального современного оборудования. Однако при чтении описания полученных данных в некоторых случаях возникали трудности, обусловленные тем, что обычно описывается методика измерений, приводятся результаты измерений, а затем обсуждаются полученные данные. Диссертант же иногда в начале словесно описывает результат, а потом приводит графические данные.

2. В работе присутствует ряд стилистических неточностей: «В отношении многослойных пленочных структур...», «На основе анализа...», «Особые ожидания в отношении пленочных элементов » и другие.

3. В разделе 3.4 указано, что магнитоимпедансные свойства были получены для многослойной структуры на основе сплава $Fe_{13}Ni_{77}$ как с прослойками меди, так и тантала. В разделе 3.3 сравнительный анализ характеристик тонких пленок на буферных слоях приведен для сплава Fe_20Ni_{80} . В связи с этим возникает вопрос о корреляции между структурой и магнитными свойствами для элементов на основе разных сплавов, и, соответственно, природе наблюдаемого различия?

4. Для тестирования прототипа магнитного биосенсора используются гели и феррогели, которые называются "биомиметиками". В какой степени такая замена правомерна?

Приведенные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую оценку диссертационного исследования Членовой А.А.

Общее заключение. Основные результаты диссертации опубликованы в 15 статьях индексируемых в международных базах данных WoS, Scopus и входящие в список ВАК, в 39 тезисах докладов, а также научных статьях в рецензированных журналах, включенных ВАК в перечень ведущих периодических изданий.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на нескольких конференциях и научных семинарах.

Автореферат и опубликованные работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

Уровень решаемых задач соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 01.04.11 - «Физика магнитных явлений».

Диссертация Членовой А.А. «Магнитные свойства и гигантский магнитоимпеданс многослойных пленочных элементов на основе пермаллоя» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую всем критериям и требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Членова Анна Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 - «Физика магнитных явлений».

Отзыв составил:

Официальный оппонент

ШАЛЫГИНА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА



« 04» декабря 2020 г.

Доктор физико-математических наук (специальность 01.04.11 – физика магнитных явлений), профессор

Главный научный сотрудник физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

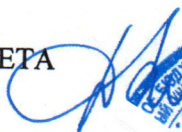
Почтовый адрес: 119, ГСП-1, Москва Ленинские горы, МГУ имени М.В.Ломоносова, Дом 1, строение 2, Физический факультет.

E-mail: Shalygina.ee@gmail.com

«05» декабря 2020 г.

ДЕКАН ФИЗИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА



ПРОФЕССОР Н.Н. СЫСОВЕВ