

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Соловьева Платона Николаевича «МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НАКЛОННО-ОСАЖДЕННЫХ И НАПЫЛЕННЫХ НА ТЕКСТУРИРОВАННЫЕ ПОДЛОЖКИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПЕРМАЛЛОЯ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений

Диссертационная работа П.Н. Соловьева *"Магнитные свойства наклонно-осажденных и напыленных на текстурированные подложки тонких пленок пермаллоя"* выполнена в лаборатории Электродинамики и СВЧ Электроники Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН ФИЦ Красноярского научного центра за период его обучения в очной аспирантуре.

Известно, что магнитные пленки имеют сравнительно большие неоднородности характеристик по площади, которые обусловлены несовершенством технологии их получения. Эти неоднородности существенно уменьшают магнитную восприимчивость и являются главным источником магнитных шумов, ограничивающих предельные возможности устройств на тонких пленках, в частности датчиков слабых магнитных полей. Поэтому изучение природы магнитных неоднородностей, исследование возможностей их уменьшения, а также возможностей получения пленок с высокой магнитной восприимчивостью является важной и актуальной задачей современной физики магнитных явлений. Решению именно этих задач и посвящена диссертация П.Н. Соловьева.

При выполнении работы соискателем была освоена методика измерения спектров ферромагнитного резонанса (ФМР) локальных участков тонких пленок на сканирующем спектрометре ФМР, разработанным и изготовленным в Институте физики СО РАН. Им проведен численный расчет процессов осаждения тонких пленок с использованием метода Монте-Карло, расчет собственных частот колебаний намагниченности и основных характеристик пленочных систем на основе феноменологической теории и микромагнитного моделирования, экспериментально обнаружены и объяснены новые эффекты на исследованных образцах. Необходимо отметить трудолюбие, аккуратность и высокую тщательность проявленную соискателем при выполнении работы. Особо следует отметить творческий подход Соловьева П.Н. при решении поставленных перед ним задач. Им, в частности, были получены следующие результаты, включенные в диссертацию:

1. Установлено, что наличие микрорельефа (системы параллельных канавок с периодом 5 – 80 мкм), сформированного на поверхности подложек тонких пленок NiFe, приводит к значительному уширению линии ферромагнитного резонанса и возникновению максимумов резонансного поля при небольшом отклонении ($\sim 5^\circ$) внешнего планарного поля развертки от направления, ортогонального канавкам.

2. Микромагнитным анализом модели тонкой пленки пермаллоя с периодическими канавками на поверхностях показано, что наблюдаемые в эксперименте эффекты связаны с возбуждением двух нормальных мод колебаний намагниченности. Установлено, что для определенного (близкого к экспериментальному) направления поля развертки относительно канавок, амплитуды и резонансные поля этих мод принимают такие значения, что резонансное поле и ширина линии интегральной кривой поглощения достигают максимума.

3. Численным моделированием доказано, что основным механизмом, отвечающим за зависимость одноосной магнитной анизотропии пленок пермаллоя от угла их осаждения и за перестройку равновесной конфигурации намагниченности, является изменение магнитостатической энергии, связанное с эволюцией столбчатой микроструктуры пленок.

4. Методом локального ФМР исследовано влияние наклонного осаждения на природу магнитных неоднородностей, а также их распределение по поверхности осаждаемых тонких пленок пермаллоя. Установлено, что даже небольшое отклонение луча атомов от нормали к подложке ($\sim 1^\circ$ – 3°) оказывает сильное влияние на основные магнитные характеристики

тонких пленок: эффективную намагниченность насыщения, магнитную одноосную анизотропию, ширину линии ФМР.

5. Обнаружены эффекты компенсации одноосной магнитной анизотропии, а также формирование анизотропии четвертого и шестого порядков в тонкой пермаллоевой пленке, полученной напылением при наклонном падении молекулярного луча в присутствии магнитного поля. Показано, что наблюдаемые эффекты связаны с существованием в таких образцах двух обменно-взаимодействующих слоев с различными параметрами одноосной магнитной анизотропии.

Проделанная соискателем работа характеризует П.Н. Соловьева как высококвалифицированного специалиста в области физики магнитных явлений и, в частности, физики тонкопленочного состояния магнитных материалов. Он отлично владеет экспериментальной техникой исследования тонких магнитных пленок методом ферромагнитного резонанса, хорошо освоил численные методы анализа пленочных структур, является талантливым программистом.

Результаты проведенных исследований докладывались лично Платоном Соловьевым на Всероссийских и Международных конференциях.

Материалы диссертационной работы изложены в 15 печатных изданиях, в том числе в 6 статьях в рецензируемых изданиях и журналах списка ВАК и в 9 статьях в сборниках трудов Всероссийских и международных конференций. Им создана и зарегистрирована в Российском реестре одна программа для ЭВМ.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

В целом работа П.Н. Соловьева удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а он вполне заслуживает степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Научный руководитель:

заведующий лабораторией электродинамики
и сверхвысокочастотной электроники ИФ СО РАН,
доктор технических наук, профессор

Подпись Беляева Б.А. удостоверяю:

Ученый секретарь ИФ СО РАН, к.ф.-м.н.

«15» 12 2016 года



Беляев Б. А.

Попков С. И.