

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Козлова Ильи Владимировича на тему «Разработка методов формирования и контроля структурно-фазовых состояний аморфных микропроводов для применений в магнитных сенсорах на основе эффекта гигантского магнитоимпеданса», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

1.3.8 – Физика конденсированного состояния

Работа Козлова Ильи Владимировича посвящена исследованию влияния эволюции структурно-фазового состояния микропроводов из аморфных сплавов системы Co-Fe-Cr-Si-B на их магнитные и электрические свойства, а также на формирование термически стабильного состояния сплава, в котором структура и физические свойства существенно не меняются в коммерческом диапазоне температур.

В автореферате ясно обозначены актуальность темы, поставленная цель и решаемые задачи, сформулирована научная новизна, отмечена практическая значимость полученных научных результатов, дано представление о структуре работы и указаны положения, выносимые на защиту.

В работе И. В. Козлова показано влияние эволюции аморфного состояния микропроводов на их электромагнитные характеристики: отклик индуктивной компоненты тензора магнитного импеданса, коэрцитивную силу, поле анизотропии и константу магнитострикции. Максимальная релаксация и формирование определенной кластерной структуры в аморфных сплавах приводят к переводу микропроводов в новое структурно-фазовое состояние. В результате повышается термическая стабильность и сохраняется высокая чувствительность микропроводов к магнитному полю. Такой подход позволил получить перспективные образцы термически стабильного микропровода состава $\text{Co}_{69}\text{Fe}_4\text{Cr}_4\text{Si}_{12}\text{B}_{11}$, с высокими временной и температурной стабильностями, оптимизированным структурно-фазовым состоянием и высоким значением ГМИ-эффекта, пригодные для использования в ГМИ-сенсорах при регистрации вариаций магнитного поля Земли. Практические результаты исследований заключаются в разработке рабочего прототипа ГМИ-сенсора магнитных полей, с увеличенным до уровня 375 % ГМИ-эффектом. Сенсор характеризуется хорошей термической устойчивостью физических свойств, имеет пониженный уровень шума, порядка 35 пТл / $\sqrt{\text{Гц}}$ на частоте 1 Гц и надежен при непрерывной работе на протяжении более чем 500 часов.

Козловым И. В. предложена модель эволюции аморфного состояния, протекающей в VI стадий и сопровождающейся образованием: кластеров двух типов (низкотемпературных и высокотемпературных) на I и II стадиях; зародышей кристаллических фаз $\alpha\text{-Co}$ (ГПУ) и Co_2Si (ОЦК) на III стадии, которая переходит в IV стадию с поверхностной кристаллизацией и формированием поликристаллического слоя на поверхности аморфной металлической сердцевины, при этом образуются кристаллические фазы на дефектных областях; двух кристаллических фаз в объеме $\alpha\text{-Co}$ (ГПУ) и Co_2Si (ОЦК) на V стадии, причем по принципу совместной индукции с чередованием слоев, а фаза Co_2Si (ОЦК) претерпевает полное полиморфное превращение в Co_2Si (ОР) из-за возникающих в материале напряжений высокого порядка; на VI стадии детектируются пять фаз $\alpha\text{-}$

Co (ГПУ), Co_2Si (ОР), Co_{23}B_6 (ГЦК метастабильная τ -фаза) и Co_4V (ОР) претерпевающая полиморфное превращение в Co_2V (ТГ).

Достоверность научных результатов И. В. Козлова подтверждается использованием в работе специализированных установок для исследования структурно-фазового состояния вещества, методов электронной микроскопии высокого разрешения и атомно-зондовой томографии, их согласованностью с расчетными моделями, а также применением аттестованных средств исследования физических свойств материалов, позволяющих установить механизмы зарождения и роста кристаллических фаз.

По теме диссертации И. В. Козловым опубликована 21 научная работа: 5 статей в журналах зарубежных изданий категории Q1 (журналы из перечня ВАК РФ и индексируемые в базах данных Web of Science и Scopus), 2 работы в журналах прочих категорий, 12 тезисов докладов на Всероссийских и международных конференциях и семинарах и 2 свидетельства о регистрации ноу-хау.

В работе И. В. Козлова содержится достаточное количество экспериментальных результатов и выводов, подтверждающих соответствие теоретическим предпосылкам. Работа написана ясным и понятным языком, однако, в ряде случаев, автору не удалось избежать ошибок в расстановке знаков препинания, орфографических ошибок, встречаются неточности формулировок, иногда отсутствуют ссылки на использованную литературу.

Указанные недостатки несколько не снижают общее положительное впечатление от научной работы Козлова И. В. Судя по автореферату, диссертация Козлова И. В. полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 Физика конденсированного состояния, а автор диссертации безусловно заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Я, Стяжкин Валерий Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий лабораторией
ФГБУН Института Земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), к.ф.-м.н,

В.А. Стяжкин

108840, г.Москва, г.Троицк, Калужское шоссе д. 4
Тел.: 8-916-8227672, E-mail: sva@izmiran.ru

