

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Занаевой Эржены Нимаевны на тему «Разработка функциональных материалов на основе аморфных сплавов систем Fe-B-P-Si-Mo-Cu и (Fe,Ni)-B-P-Si-C», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» и состоявшейся в НИТУ «МИСиС» 22.12.2021 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» 11.10.2021 г., протокол № 32.

Диссертация выполнена на кафедре металловедения цветных металлов в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (НИТУ «МИСиС»).

Научный руководитель: Чурюмов Александр Юрьевич - к.т.н., доцент кафедры металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС».

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ «МИСиС» (протокол № 32 от 11.10.2021 г.) в составе:

- 1) Глезер Александр Маркович, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник кафедры физического материаловедения НИТУ «МИСиС» - председатель комиссии;
- 2) Ховайло Владимир Васильевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ «МИСиС»;
- 3) Панина Лариса Владимировна, д.ф.-м.н., профессор кафедры технологии материалов электроники НИТУ «МИСиС»;
- 4) Аронин Александр Семенович, д.ф.-м.н., профессор, заведующий лабораторией структурных исследований Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук;
- 5) Гундеров Дмитрий Валерьевич, д.ф.-м.н., профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории физики твердого тела Института физики молекул и кристаллов - обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИФМК УФИЦ РАН).

В качестве ведущей организации утверждено Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны составы сплавов на основе систем Fe-B-P-Si-Mo-Cu и (Fe,Ni)-B-P-Si-C с аморфной и нанокристаллической структурой, обладающие повышенными

магнитомягкими свойствами. Легирование молибденом и медью сплавов системы Fe-B-P-Si позволяет достигнуть значений намагниченности насыщения сплавов 1,4 Тл и коэрцитивной силы сплавов менее 5 А/м в аморфном состоянии, а благодаря формированию в аморфной матрице нанокристаллических зерен α -Fe со средним размером 10 нм сплав $\text{Fe}_{84}\text{B}_8\text{P}_{3,5}\text{Si}_{1,5}\text{Mo}_2\text{Cu}_1$ обладает $H_c - 2,5$ А/м, $M_s - 1,76$ Тл. Сплавы состава $(\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_x)_{79}\text{P}_5\text{B}_{12}\text{Si}_3\text{C}_1$ с $x = 0,5$ и $0,6$ в термообработанном состоянии характеризуются высокими значениями магнитной проницаемости ~ 10000 при максимальной частоте 1 МГц, намагниченности насыщения 0,95 и 0,74 Тл, коэрцитивной силой 0,6 и 1,1 А/м, соответственно, имеют перспективу для применения в электронных устройствах, работающих в высокочастотном диапазоне.

Фундаментальная значимость исследования обоснована тем, что:

- установлены зависимости параметров микроструктуры и магнитных свойств от состава и термической обработки аморфных материалов на основе системы Fe-B-P-Si-Mo-Cu;
- определен механизм влияния молибдена на выделение нанокристаллических зёрен твердого раствора на основе железа с ОЦК структурой из аморфной матрицы;
- установлены закономерности фазовых превращений при кристаллизации аморфных сплавов системы (Fe,Ni)-B-P-Si-C;
- проанализированы закономерности кинетики кристаллизации и изменения фазового состава аморфных сплавов системы (Fe,Ni)-B-P-Si-C в условиях изотермического отжига и изохронного нагрева.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработан магнитомягкий материал с исходной аморфной структурой состава $\text{Fe}_{82-85}\text{B}_{8-10}\text{P}_{3-5}\text{Si}_{1-4}\text{Mo}_{1-2}\text{Cu}_{0-1}$, в результате отжига которого в интервале между пиками кристаллизации (530 – 560)°С формируется нанокристаллическая структура с размером зерна 10-20 нм и достигается намагниченность насыщения 1,8 Тл при сохранении низкого значения коэрцитивной силы в диапазоне 2-15 А/м. (Патент на изобретение RU2018145590 от 26.09.2019).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что работа была проведена с использованием современных методик исследования, аттестованных измерительных установок и приборов. Продемонстрирована согласованность результатов, полученных различными методами. Публикации в высокорейтинговых рецензируемых журналах также позволяют утверждать о достоверности полученных результатов.

Диссертационная работа была выполнена в рамках проектов: «Разработка аморфных и нанокристаллических сплавов на основе железа для использования в качестве магнитных, конструкционных и антирадиационных материалов и покрытий» грант НИТУ «МИСиС» № К1-2015-026, «Применение методов термомеханической обработки для пластификации высокопрочных аморфных сплавов/металлических стекол» Грант НИТУ «МИСиС» № К2-2017-089, «Разработка аморфных магнитомягких сплавов на основе системы Fe-Ni с низкой коэрцитивной силой и высокой магнитной проницаемостью» Грант НИТУ «МИСиС» № К2-2019-002, «Разработка аморфных магнитомягких сплавов на основе железа с пониженным содержанием металлоидов» Грант НИТУ "МИСиС" № К2-2020-032; Договор 11025ГУ/2016 от 13.02.2017 г. о предоставлении персонального гранта Фонда содействия развитию малых форм

предприятий в научно–технической сфере для реализации научного проекта «Разработка функциональных энергоэффективных материалов на основе железа» (У.М.Н.И.К.).

Личный вклад соискателя заключается в том, что результаты, составившие основу диссертации, получены лично автором или при его непосредственном участии. Автор лично проводил эксперименты, занимался обработкой результатов большинства экспериментов, подготовкой научных статей, докладов конференций и формулировкой основных положений диссертационной работы.

Материалы диссертации опубликованы в 15 печатных работах, из них 7 - в изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК РФ (6 работ в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science/Scopus).

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук НИТУ «МИСиС» соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Занаевой Э.Н. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ «МИСиС», так как в ней на основании выполненных автором исследований получены закономерности формирования структуры и свойств аморфных и нанокристаллических сплавов на основе железа и разработаны новые составы функциональных материалов, которые позволят расширить номенклатуру применяемых отечественных электротехнических материалов и повысить уровень энергосбережения.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Занаевой Эржене Нимаевне ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 - «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



Глезер Александр Маркович

22.12.2021