

## Федеральная целевая программа

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы»

### Индустрия наносистем

## Тема: РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАГНИТОТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЗОСОДЕРЖАЩИХ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ ГРУППЫ ЖЕЛЕЗА

Соглашение 14.579.21.0038  
на период 2014 - 2016 гг.

Руководитель проекта: директор ЗАО «ААИ» **А.Ю. Пластинин**

Получатель субсидии: **ЗАО «ААИ»**

#### Цели и задачи проекта

*Цель:*

**Разработка композиций и лабораторной технологии получения наноструктурированных магнитотвердых материалов на основе интерметаллических соединений редкоземельных металлов (РЗМ) с переходными металлами группы железа, обладающих остаточной намагниченностью ( $B_r$ ) не менее 1,20 Тл и коэрцитивной силой ( $H_{ci}$ ) более 720 кА/м.**

*Задачи:*

1. Проведение в материалах на основе сплавов интерметаллических соединений редкоземельных металлов (РЗМ) с переходными металлами группы Fe систематического исследования влияния различных параметров процессов гидрирования и (или) азотирования на структуру и магнитные свойства синтезируемых МТМ.
2. Развитие существующей феноменологической модели процесса синтеза МТМ на основе гидридов и (или) нитридов сплавов систем Sm-Fe и Nd-Fe-B, а также разработка научных основ лабораторной технологии получения наноструктурированных МТМ на основе гидридов и (или) нитридов для постоянных магнитов с улучшенными характеристиками.
3. Разработка лабораторной технологии получения высококоэрцитивных наноструктурированных МТМ на основе гидридов и (или) нитридов сплавов систем Sm-Fe и Nd-Fe-B, обладающих остаточной намагниченностью ( $B_r$ ) не менее 1,20 Тл и коэрцитивной силой ( $H_{ci}$ ) более 720 кА/м.
4. Разработка эскизной конструкторской документации и изготовление макета лабораторной термогазобарической установки (ЛТГБУ) для гидрирования и азотирования сплавов РЗМ с переходными металлами группы железа.

#### Ожидаемые результаты проекта

1. Оптимальные композиции и оптимальные режимы реализации наноструктурированных магнитотвердых материалов (МТМ) на основе гидридов и (или) нитридов интерметаллических соединений редкоземельных металлов с переходными металлами группы железа с требуемым уровнем характеристик.
2. Проекты лабораторного регламента (i) на процесс получения с использованием процессов гидрирования или гидрирования и азотирования высококоэрцитивных наноструктурированных МТМ на основе сплавов систем Nd-Fe-B; (ii) на процесс получения с использованием процессов азотирования или гидрирования и азотирования высококоэрцитивных наноструктурированных МТМ на основе сплавов систем Sm-Fe.
3. Эскизная конструкторская документация и макет лабораторной термогазобарической установки для гидрирования и азотирования сплавов РЗМ с переходными металлами группы железа (ЛТГБУ).

#### Перспективы практического использования

Новые композиционные постоянные магниты на основе разработанных МТМ предназначены для использования в продукции электронной, радиоэлектронной, радиотехнической промышленности, электротехники, приборостроения, медицины и медицинской техники, для создания новых конструкций электрических и электромеханических машин, бытовой техники.

#### Результаты исследовательской работы, полученные в 2016 г.

1. проведены эксперименты с процессами (гидрирования, гидрирования-дегидрирования, HDDR-процесс), реализуемыми в соответствии с проектом лабораторного технологического регламента получения высококоэрцитивных наноструктурированных и/или наноконпозиционных МТМ на основе сплавов систем Sm-Fe и Nd-Fe-B с использованием процессов гидрирования и (или) азотирования;
2. получены исследовательские образцы высококоэрцитивных наноструктурированных МТМ на основе гидридов и (или) нитридов сплавов систем Sm-Fe и Nd-Fe-B, в том числе, получены материалы, описаны методы получения и исследования образцов гетероструктур с различным количеством пар слоев  $\alpha$ -Fe и  $Sm_2Fe_{17}$ , синтезированных методом магнетронного распыления с использованием мишеней из  $\alpha$ -Fe и  $Sm_2Fe_{17}$ , для проведения дополнительных исследований, – указанные образцы не имеют аналогов в мире, их синтез и результаты исследований являются уникальными;
3. проведены комплексные исследования с использованием передовых методик, в том числе разработанным лабораторным методикам, характеристик экспериментальных образцов;
4. разработаны лабораторные технологические регламенты получения высококоэрцитивных наноструктурированных МТМ на основе сплавов Sm-Fe и Nd-Fe-B; в соответствии с этими регламентами изготовлены экспериментальные образцы, проведены приемочные испытания в соответствии с Программой и методиками испытаний (ПМИ);
5. проведены работы по монтажу и наладке ЛТГБУ; проведены испытания ЛТГБУ, в соответствии с разработанной ПМИ;
6. проведены обобщение и оценка полученных результатов, в том числе, анализ исследовательских испытаний образцов, полученных по лабораторным технологическим регламентам получения высококоэрцитивных наноструктурированных МТМ на основе сплавов Sm-Fe и Nd-Fe-B; результатов, полученных при испытании ЛТГБУ.
7. Проведена технико-экономическая оценка рыночного потенциала полученных результатов; разработаны технические требования и предложения по разработке производству и эксплуатации продукции; разработан проект ТЗ для проведения ОТР.
8. разработаны проекты учебно-методических материалов и программы внедрения результатов работ в образовательных процесс МГУ им. М.В. Ломоносова и НИТУ «МИСиС».



Фотография ЛТГБУ



Фотография блока управления

#### Партнеры проекта

Индустриальный партнер: **ООО «НПО Глобал Магнетик»**

Соисполнители:

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова**  
**Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»**