

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ
НАНОПРОВОЛОК В ТОНКОПЛЕНОЧНОМ СЛОЕ ОКСИДА
АЛЮМИНИЯ ПОЛУЧЕННЫХ В РАЗНЫХ РЕЖИМАХ
ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЯ**

Верясова А.А.¹, Дрягина А.Е.¹, Горьковенко А.Н.¹, Кулеш Н.А.¹,
Васьковский В.О.^{1,2}

¹) Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н.
Ельцина, Екатеринбург, Россия

²) Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: alenaver75@gmail.com

**COMPARATIVE STUDY OF MAGNETIC NANOWIRES IN THIN
ALUMINA FILMS SYNTHESISED BY DIFFERENT
ELECTRODEPOSITION METHODS**

Veryasova A.A.¹, Driagina A.E.¹, Gorkovenko A.N.¹, Kulesh N.A.¹,
Vas'kovskiy V.O.^{1,2}

¹) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²) Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg,
Russia

This work considers magnetic properties and morphology of magnetic metallic nanowires in thin-film alumina matrix obtained by electrodeposition in alternating current and direct current modes. Magnetic hysteresis properties are studied and interpreted.

Магнитные нанопроволоки обладают уникальным набором свойств, обусловленных особенностями морфологии, и относятся к перспективному классу магнитных наноматериалов, представляющих интерес для целого ряда областей применения: среды для записи информации, сенсоры, устройства спинтроники, микроволновая техника и т.д. [1]. Сочетание протяженной формы с ферромагнитными свойствами открывает широкие возможности по использованию магнитных нанопроволок в качестве наполнителей для разнообразных полимеров и гелей. Одной из ключевых проблем практического применения нанопроволок является разработка универсальных методов изготовления и синтеза нанопроволок. В частности, интерес представляет получение массивов нанопроволок с использованием электроосаждения в режиме постоянного тока, что обеспечивает наилучший контроль их состава. В настоящей работе нами рассмотрены альтернативные пути создания массивов нанопроводов в тонкопленочном пористом слое с возможностью подведения электрических контактов с обеих торцевых поверхностей. В частности, рассмотрены различия в морфологии и магнитных свойствах нанопроводов, синтезированных в режимах постоянного и переменного тока.

В качестве основы для создания шаблонов выступали пленки Al либо Al/Ti, полученные методом ионного распыления толщиной 2 мкм [2]. Пленки были анодированы в растворе щавелевой кислоты, в результате чего был получен пористый шаблон. После получения пористых шаблонов в них путем электролитического осаждения был осажден магнитный материал. Для пленок Al осаждение происходило в режиме переменного тока (АС-режим), для пленок Al/Ti – в режиме переменного тока (DC-режим). Длина полученных нанопроволок составила около 1,5 мкм, диаметр – около 60 нм.

Структурные свойства образцов исследовались на электронном микроскопе Tescan Mira3 LMU. Для аттестации магнитных свойств были проведены измерения на вибрационном магнитометре Lake Shore. Измерение проводились в двух направлениях: параллельно и перпендикулярно оси массива нанопроволок.

В качестве примера на рисунке продемонстрированы петли гистерезиса для образцов, полученных электроосаждением в различных режимах. Полученные в обоих режимах нанопроволоки обладают выраженной магнитной одноосной анизотропией в направлении, параллельном оси массива нанопроволок. Нанопроволоки, полученные в АС-режиме имеют более высокую коэрцитивную силу и ярко выраженную анизотропию.

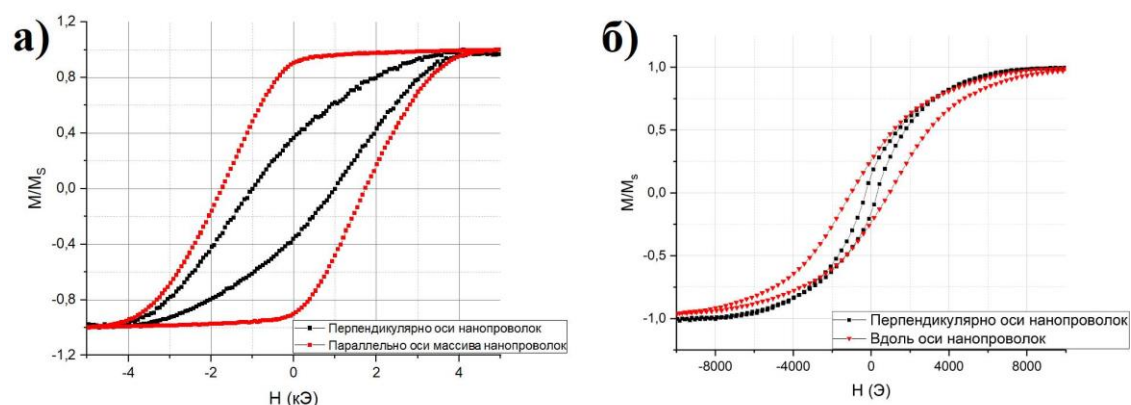


Рис. 1. Петли гистерезиса, измеренных в направлении вдоль (красная линия и точки) или перпендикулярно (черная линия и точки) оси нанопроволок Co, полученных с использованием электроосаждения в АС-режиме (а) и DC-режиме (б).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования РФ, тема НИР FEUZ 2023-0020.

1. Fernández-Roldán J. A. Micromagnetism of cylindrical nanowires with compositional and geometric modulations. – 2019.
2. Driagina A. et al. Synthesis and magnetic properties of Co nanowires/PVDF composites //IEEE Magnetics Letters. – 2021.