

УДК 621.389

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ОСТРОВКОВЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ДАТЧИКОВ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Агафонов Игорь Викторович<sup>(1)</sup>, Кирьянов Сергей Владимирович<sup>(2)</sup>

*Бакалавр 3 курса (1), аспирант 1 года (2)*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: С.В. Сидорова,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Современное развитие микро- и наноэлектроники неразрывно связано с миниатюризацией элементной базы и повышением чувствительности сенсорных устройств. Датчики магнитного поля на основе магниторезистивных эффектов широко применяются в системах автоматизации, навигации, медицинской диагностики и хранения данных. Одним из перспективных направлений повышения эффективности таких датчиков является использование островковых тонких пленок (ОТП) металлов, которые обладают уникальными особенностями в области электропроводности и магнетизма.

Ключевым фактором, определяющим функциональные характеристики датчиков магнитного поля, является геометрия ОТП. Переход от сплошного слоя к островковой структуре обоснован появлением в последней размерных эффектов, которые существенно меняют магнитное состояние системы, повышая ее чувствительность. Важнейшими характеристиками ОТП являются размеры отдельных островков, их форма, а также расстояние между соседними островками.

Целью работы является определение характерных размеров островковых структур и анализ их влияния на функциональные свойства датчика магнитного поля.

Существует несколько принципов, по которым могут функционировать датчики магнитных полей. В зависимости от используемого эффекта датчики магнитного поля подразделяются на несколько типов. Рассмотрим датчики на основе спин-туннельного магнитосопротивления (СТМР), так как они обладают рядом преимуществ, таких как термостойкость, устойчивость к перегрузкам, низкое энергопотребление и компактность [1,2].

Конструкция СТМР-датчика базируется на магнитном туннельном переходе, который состоит из двух ферромагнитных слоев и диэлектрической прослойки между ними. Протекание тока через диэлектрический слой осуществляется за счет туннельного эффекта. Величина туннельного тока определяется взаимной ориентацией намагниченности ферромагнитных слоев. При параллельной ориентации сопротивление структуры минимально, тогда как антипараллельная ориентация приводит к его увеличению [3].

В качестве туннельного барьера в структурах магнитного туннельного перехода наиболее часто применяются диэлектрические слои MgO и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, поскольку они обеспечивают условия для реализации спин-зависимого туннелирования; при этом MgO обычно используют в структурах с высоким значением туннельного магнитосопротивления, а Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> также остаётся распространённым барьерным материалом [4].

Для островковых ферромагнитных слоев в настоящей работе по результатам анализа материалов в качестве магнитножесткого слоя был выбран Co, а в качестве магнитномягкого – сплав FeNi. Выбор Co обусловлен его высокой магнитной анизотропией и возможностью повышения коэрцитивной силы при размерах островков, близких к критическому диаметру однодоменности, который для кобальтовых частиц оценивается величиной порядка 35 нм.

Для слоя FeNi, напротив, важна не максимальная коэрцитивная сила, а способность к более легкому перемагничиванию во внешнем магнитном поле. Поэтому латеральный размер островков FeNi целесообразно выбирать выше критического диаметра однодоменности первого рода, ориентировочно в 2 раза больше, то есть порядка 60–70 нм, что позволяет уйти от области максимума коэрцитивной силы при сохранении магнитной стабильности слоя. В результате для проектируемой островковой СТМР-структуры в качестве ориентировочных размеров были приняты островки Co порядка 35 нм и островки FeNi порядка 70 нм.

На основании анализа свойств материалов и оценок критических размеров определены подходящие параметры островковых магнитно-жесткого и магнитно-мягкого слоев. Полученные результаты могут служить основой для дальнейшего моделирования и экспериментальной реализации СТМР-датчиков на основе ОТП.

#### **Литература**

1. *Баранова В.Е.* Измерение слабого магнитного поля на основе феррозондового датчика: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.11.01 / Баранова Виталия Евгеньевна; [Место защиты: Нац. исслед. Том. политехн. ун-т]. — Томск, 2015. – 18 с.
2. *Шерстнев И.А.* Электронный транспорт и магнитная структура систем nanoостровов из ферромагнитных материалов: автореферат дис. ... кандидата физико-математических наук: 01.04.07 / Шерстнев Игорь Алексеевич; [Место защиты: Физ. ин-т им. П.Н. Лебедева РАН]. – Москва, 2014. – 23 с.
3. *Gibbons J.* Measurements of spin torques due to reorientable anomalous Hall spin currents: PhD diss., Cornell University, 2018, 124 p.
4. *Сидорова С.В.* и др. Исследование свойств металлических островковых тонких пленок для применения в изделиях наноэлектроники // XIX научно-техническая конференция с участием зарубежных специалистов «Вакуумная наука и техника»: Сборник трудов. – М.: Электровакуумные технологии, 2022. – С. 239–251.