

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 539.216.1:546.682`546.86

Сочнева
Елена Викторовна

Композитные пленочные системы на основе регулярных диэлектрических матриц с ферромагнитными наночастицами

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 Нанотехнологии и наноматериалы (в электронике)

Научный руководитель
Горох Г. Г.
кандидат технических наук

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ

Введение различных соединений в поры диэлектрических матриц позволяет получить новый класс материалов и функциональных покрытий с полезными для практического применения свойствами – высокой электрической проводимостью, низким коэффициентом трения, высокими прочностными характеристиками, высокой твердостью, низкой хрупкостью, высокой коррозионной стойкостью. Использование самоорганизующихся пленок АОА в качестве шаблонов с размерами, соизмеримыми с внедряемыми наночастицами, вплоть до единиц и десятков нанометров, позволяет создавать на их основе новый класс приборов микро- и наноэлектроники с улучшенными характеристиками.

Использование пористого АОА в качестве низкопрофильной (с низким коэффициентом отношения длины поры к ее диаметру) диэлектрической матрицы с расположенными перпендикулярно поверхности регулярными цилиндрическими порами для осаждения в них ферромагнитных наночастиц позволит создать композитную структуру с заданным размером и поверхностным регулярным распределением нанозерен и добиться упорядочивания ферромагнитных зерен или наночастиц.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований

Тема диссертационной работы соответствует подразделу 6.7 «Нанотехнологии, наноструктуры и наноматериалы в электронике, оптике, оптоэлектронике» приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011 – 2015 гг., утверждённых Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 апреля 2010г., № 585. Работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы заключается в разработке и исследовании физико-химических методов формирования композитных пленочных систем на основе пористых матриц из анодированного алюминия, заполненных ферромагнитными наночастицами, и исследовании электрофизических свойств полученных наноструктур.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Разработать методы формирования упорядоченных сквозных и низкопрофильных матриц анодного оксида алюминия.
2. Определить оптимальные условия формирования ферромагнитных наноструктур различными методами.
3. Провести исследования полученных структур.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты, выводы получены соискателем самостоятельно. Эксперименты по электрохимическому анодированию алюминия и осаждению нанопроводов выполнены самостоятельно. Все опытные данные получены во время непосредственной работы соискателя.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на 21-й Всероссийской межвузовской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Микроэлектроника и информатика-2014» (Москва), 8-й Международной конференции «Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах» (ФНС-2014, Минск) и 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (2015).

Опубликованность результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликовано 13 работ, в том числе 2 статьи в сборниках материалов конференций.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В главе 1 рассмотрены современные представления о методах создания композитных структур на основе пористых материалов. Проведен анализ состояния науки и техники в области методов создания композитных пленочных систем с помощью пористых матриц, определены преимущества и недостатки рассматриваемых методов. С учетом обобщенных результатов анализа и существующего технологического оборудования, определены цели работы и сформулированы задачи, решение которых позволило достичь поставленных целей.

В главе 2 представлена информация об использованных методиках и процессах формирования регулярных низкопрофильных матриц анодного оксида алюминия (АОА) и композитных систем на их основе. Определены исходные материалы, технологическое оборудование и методики проведения физико-химических процессов самоорганизации пористых оксидов алюминия, заполнения магнитными материалами различными физико-химическими методами, а также описаны методики исследования структуры, состава и свойств композитных систем.

Глава 3 посвящена формированию и исследованию нанопористых матриц и композитных ферромагнитных систем на основе анодного оксида алюминия. Подготовлены экспериментальные образцы модифицированных матриц АОА со сквозной пористостью, а также низкопрофильных матриц с заданным и управляемым структурированием. Проведено анодирование слоев алюминия для получения наноструктурированных матриц с заданными геометрическими параметрами в растворах различных кислот. Отработаны методики направленной модификации пористых матриц АОА путем химического селективного растворения анодного оксида, предназначенных для дальнейшего заполнения магнитными материалами и получения на их основе функциональных композитных пленок. Подготовлены образцы для сканирующей электронной микроскопии и проведены исследования структуры пористых матриц.

В главе 4 описано исследование композитных ферромагнитных систем на основе анодного оксида алюминия и ферромолибдата стронция (ФМС). Сформированы композитные пленки ФМС, нанесенные в вакууме на плоские подложки и на пористые матрицы АОА, а также исследованы наноструктуры ФМС, полученные золь-гель методом. Исследованы структуры, состава и магнитные свойства композитных пленочных систем.

Отработаны и оптимизированы условия синтеза, определяемые, в случае ионно-плазменного напыления, температурой подложки (T_n), скоростью нанесения пленки (v_n) и условиями дополнительной термической обработки.

Представлены результаты рентгеноструктурного и микроструктурного анализов пленок полученных при разных условиях синтеза. Исследовано распределение ФМС по поверхности матриц АОА и влияние высокотемпературного отжига на перекристаллизацию и уплотнение напыленных пленок. Синтезирован ФМС золь-гель методом при температуре $T=850$ С и в менее жестких условиях. При анализе микроструктуры различных образцов видно, что, с увеличением температуры синтеза растет размер ферромагнитных зерен, а также с увеличением p_{Hv} наноструктурах наблюдается стремление к агломерации зерен ФМС.

Библиотека БГУИР

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ состояния в области создания и применения композитных пленочных систем на основе регулярных диэлектрических матриц.

2. Отработаны методики формирования модифицированных матриц АОА с прецизионно контролируруемыми размерами ячеисто-пористой структуры, предназначенные для заполнения ферромагнитными материалами разными физико-химическими методами.

3. Исследованы различные методики формирования магнитных наноструктур.

- Сформированы массивы никелевых нанопроводов, получаемых путем электрохимического осаждения никеля в ПАОА.

- Отработаны методики нанесения тонких пленок металлооксидного соединения $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$, полученных ионно-плазменным методом, и создана композитная система из напыленных пленок ФМС разной толщины на нанопористые матрицы с заданным размерным и поверхностным распределением нанозерен.

- Синтезированы наночастицы ФМС со сверхструктурным упорядочением катионов Fe^{3+} и Mo^{5+} в порах матрицы АОА золь-гель методом из стехиометрической смеси реагентов.

4. Приведены результаты исследований структуры, состава и магнитных свойств полученных композитных пленок.

Таким образом, разработанные методики синтеза наноструктурированных пленок и наноструктур $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_{6-\delta}$ с помощью нанопористой матрицы АОА в различных условиях открывают возможности на нано- и микроуровне контролируемо управлять спиновым состоянием катионов железа, молибдена в пленочных наноструктурах двойных перовскитов с требуемыми физико-химическими свойствами для микроэлектронных магнитоуправляемых устройств.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

- [1] Горох, Г.Г. Синтез нанопроводов InSb в модифицированных матрицах анодного оксида алюминия / Г.Г. Горох [и др.] // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2012) : Матер. 22-й Междунар. Крымск. конф., в 2 т. – Севастополь, 2012. – Т.2. – С. 655–658.
- [2] Лозовенко, А.А. Формирование и исследование массивов нанопроводов антимонида индия в пористом оксиде алюминия / А.А. Лозовенко, А.И. Захлебаева, Е.В. Сочнева // Микроэлектроника и информатика-2013 : Тезисы докл. 20-й Всерос. межвуз. науч.-технич. конф. студ. и аспирантов. – Москва, 2013. – С. 54.
- [3] Горох, Г.Г. Формирование нанонитей InSb в пористых матрицах анодного оксида алюминия / Г.Г. Горох [и др.] // Фуллерены и наноструктуры в конденсированных средах : сб. научн. ст. – Минск, 2013. – С. 377–387.
- [4] Горох, Г.Г. Темплейтный метод формирования квантовых нанопроводов InSb с большим аспектным отношением / Г.Г. Горох [и др.] // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: КрыМиКо'2013 : Матер. 23-й Междунар. Крым. конф. в 2 т. – Севастополь, 2013. – С. 820–823.
- [5] Захлебаева, А.И. Электрохимический синтез и рентгенофазовый анализ антимонида индия / А.И. Захлебаева, Е.В. Сочнева // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2013 : Материалы 9-й Междунар. молодежн. науч.-технич. конф. – Севастополь, 2013. – С. 145.
- [6] Захлебаева, А.И. Электрохимическое осаждение антимонида индия и его идентификация / А.И. Захлебаева, О.М. Комар, Е.В. Сочнева // Физика конденсированного состояния : материалы XXI Междунар. науч.-практич. конф. аспирантов, магистрантов и студентов. – Гродно, 2013. – С. 73–75.
- [7] Лозовенко, А.А. Электрические характеристики массивов квантовых нитевидных структур антимонида индия / А.А. Лозовенко [и др.] // Микроэлектроника и информатика-2014 : Тезисы докл. 21-й Всерос. межвуз. науч.-технич. конф. студ. и аспирантов. – Москва, 2014. – С. 42.
- [8] Лозовенко, А.А. Формирование квантовых нитевидных структур с помощью нанопористых темплейтов из анодного оксида алюминия / А.А. Лозовенко, Е.В. Сочнева, Г.Г. Горох // Сборник статей по материалам третьей международной молодежной научной школы-семинара – Петрозаводск, 2014. – С. 142.
- [9] Горох, Г.Г. Электрофизические свойства массивов квантовых нанопроводов из InSb / Г.Г. Горох [и др.] // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: КрыМиКо'2014 : Матер. 24-й Междунар. Крым. конф. в 2 т. – Севастополь, 2014. – С. 791–792.

- [10] Лозовенко, А.А. Особенности формирования наноструктурированных ферромагнитных пленок на пористых матрицах / А.А. Лозовенко, Е.В. Сочнева // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : Сб. матер. 18-го Междунар. молодежн. Форума. – Харьков, 2014. – С. 19–20.
- [11] Лозовенко, А.А. Вольт-амперные характеристики массивов нитевидных наноструктур антимонида индия / А.А. Лозовенко, Е.В. Сочнева, Г.Г. Горох // Наноструктурные материалы–2014: Беларусь–Россия–Украина (НАНО-2014) : Материалы IV Междунар. науч. конф. – Минск, 2014. – С. 110.
- [12] Горох, Г.Г. Газовые сенсоры на подложках из нанопористого оксида алюминия / Г.Г. Горох [и др.] // Материалы междунар. науч.-практ. конф., приуроч. к 50-летию МРТИ-БГУИР : в 2 ч. – Минск, 2014. – Ч.2. – С. 67–68.
- [13] Горох, Г.Г. Пленки ферромолибдата стронция в матрицах анодного оксида алюминия: получение и свойства / Г.Г. Горох [и др.] // Наноструктуры в конденсированных средах : сб. науч. ст. – Минск, 2014. – С. 122–131.