

фракций 20 мкм и 30 мкм схожи с аналогичными характеристиками торфянистой скрытоподзолистой почвы, чернозема обыкновенного, луговой почвы и т.п.

Путем комбинирования в определенной пропорции ШОВГ, характеризующегося размером фракций 5 мкм, с ШОВГ, характеризующегося размером фракций 20 мкм либо 30 мкм, возможно создавать покрытия с определенными оптическими свойствами для маскирования объектов, размещающихся на различных фонах (почвы, грунты, растительность определенной стадии цветения и т.д.).

## **ТОНКИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

А.И. ВОРОБЬЕВА, Е.А. УТКИНА

Рассматривается процесс получения матрицы вертикально ориентированных никелевых наностолбиков с использованием шаблона из тонкого пористого оксида алюминия (ПОА). Исследуется влияние режимов осаждения на упорядоченность и топологические параметры наностолбиков. Обсуждается влияние процесса утонения барьерного слоя на дне пор ПОА на зарождение и рост упорядоченных металлических наностолбиков. Установлено, что вблизи фронта барьерного слоя поры заполняются практически на 100 %. Скорость заполнения пор металлом различается из-за образования пузырьков водорода на поверхности оксида во время осаждения, флуктуаций толщины барьерного слоя, и степени упорядоченности пористого оксида алюминия. Если скорость осаждения выше, чем скорость переноса ионов через поры, концентрация ионов металла на дне пор уменьшается. Соответственно, выделение водорода становится доминирующим процессом, подавляя однородное осаждение и уменьшая коэффициент заполнения пор и выход по току. Однородность заполнения зависит в первую очередь от скорости электрохимического осаждения.

Топографию поверхности и поперечных сколов образцов исследовали с помощью растровых электронных микроскопов Philips XL 30 S FEG и Hitachi S-4800 и атомно-силовых микроскопов Nanotop NT-206 («Микротестмашинь», Беларусь) и Solver P47H (NT-MDT Co., Зеленоград, Россия). Представленный метод также может быть применим для других материалов Fe, Co, и NiFe-сплавов, которые интересны как ферромагнитные материалы для высокоплотной магнитной памяти. Кроме того, после селективного травления пористого оксида алюминия (матрицы) образуются вертикально ориентированные однонаправленные столбики монодисперсных металлических нанонитей. Такие тонкие магнитные и наноккомпозитные пленки на основе ферромагнетиков являются основой для создания ряда новых функциональных материалов. Они находят широкое применение в вычислительной технике и автоматике, в оптоэлектронике и высокочастотной технике, при изготовлении элементов и компонентов для систем защиты информации. На базе магнитных пленок возникла новая отрасль науки и техники - магнитная микроэлектроника.

## **ЭКРАНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ В ДИАПАЗОНЕ СВЧ**

АХМЕД АЛИ АБДУЛЛАХ АЛЬ-ДИЛАМИ, И.А. ВРУБЛЕВСКИЙ,  
К.В. ЧЕРНЯКОВА, Г.А. ПУХИР

Современное развитие радиотехнических устройств и электронных приборов приводит к возрастанию уровня проникновения электромагнитного излучения (ЭМИ) в пространство окружающее человека и ухудшению экологической обстановки. При этом наблюдается тенденция как расширения полосы в область всё более высоких частот, так и увеличение интенсивности излучения. Поэтому задача поиска новых высокоэффективных

композиционных материалов для электромагнитных экранов и разработки систем защиты от ЭМИ является актуальной задачей.

В данной работе изучалось прохождение ЭМИ через композиционный материал на основе наноструктурированного углеродсодержащего анодного оксида алюминия в частотном диапазоне 8,0...12,0 ГГц. Мембраны наноструктурированного углеродсодержащего анодного оксида алюминия получали путем сквозного анодирования Al фольги толщиной 100 мкм в 3%-м водном растворе гликолевой кислоты при плотности тока 45 мА/см<sup>2</sup>. В процессе анодирования электролит интенсивно перемешивался и его температура поддерживалась постоянной при 10±0,5°C с помощью криостата Julabo FT901. Толщина мембран после анодирования измерялась с помощью микрометра и была равна 165 мкм. Для разложения углеродсодержащих остатков электролита в анодном оксиде алюминия и их карбонизации использовался отжиг мембран на воздухе при температуре 700...900° в течение 2 ч. После отжига мембраны анодного оксида алюминия приобретали характерную насыщенную черную окраску. Измерение электродинамических характеристик показало, что мембраны отожженные при 800 и 900°C имели минимальное значение коэффициента отражения -7,0 дБ в диапазоне частот 9,0...9,5 ГГц. Наибольшее значение коэффициента поглощения, порядка 12 дБ, показал образец мембраны отожженный при 800°C.

Полученные результаты экранирующих характеристик позволяют рассматривать мембраны наноструктурированного углеродсодержащего анодного оксида алюминия, сформированные в водном растворе гликолевой кислоты, как перспективный материал для создания композиционных экранов электромагнитного излучения СВЧ-диапазона.

## **УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ СВЕТОДИОДНЫЙ МОДУЛЬ НА ПЛАТЕ ИЗ АНОДИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ**

А.К. ТУЧКОВСКИЙ, И.А. ВРУБЛЕВСКИЙ, К.В. ЧЕРНЯКОВА

Светодиодные светильники яркими светодиодами обеспечивают равномерную освещенность и высокое качество света, что значительно улучшает восприятие объектов и позволяет повысить безопасность области освещения. В конструкциях светодиодов направленность излучения формируются силиконовыми линзами. Поэтому светильники со светодиодами не требуют создания систем отражения, что приводит к повышению эффективности источника за счет сокращения потерь света и освещения только той части площади объекта, которая должна быть освещена.

В работе представлены результаты разработки универсального энергосберегающего светодиодного модуля, который выполнен на плате из анодированного алюминия размером 25×3,5 см. Анодный оксид алюминия толщиной 30 мкм сформирован электрохимическим окислением алюминия. Система межсоединений выполнена из меди толщиной 25 мкм. На плате установлены 24 ярких белых светодиода мощностью 0,18 Вт. Световая отдача универсального светодиодного модуля равна 480 лм (при токе 60 мА/светодиод). Разработанный модуль может быть использован в конструкциях светильников для паркингов, общественных мест, уличного и промышленного освещения.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ СКАНИРУЮЩИХ СИСТЕМ**

Е.А. ЛИТВИНОВ, В.В. ПОЛЯКОВСКИЙ, Д.Г. БЕГУН, Н.И. КЕКИШ, Е.А. ТИТКО

Для компьютерного моделирования исполнительных реконфигурируемых исполнительных механизмов сканирующих систем с числом степеней свободы до шести включительно в настоящем исследовании разработаны математическая модель, алгоритмы, программы и соответствующие пользовательские интерфейсы в среде MATLAB/Simulink,