

адаптации уже существующих физико-математических моделей для применения их в стандартных средствах проектирования изделий микро- и наноэлектроники при переходе к новым проектным нормам, конструктивным решениям и материалам.

#### **Литература**

1. International Technology Roadmap for Semiconductors: 2013 (ITRS) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.itrs.net/reports.html>.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ЭМИ**

В.А. Столер, Д.В. Столер

В последнее время все чаще при решении разнообразных задач используется трёхмерная графика — раздел компьютерной графики, рассматривающий совокупность приемов и инструментов, предназначенных для моделирования сложных объектов, например, защитных экранов ЭМИ и создания их реалистичных физических образов.

Компьютерных программ, позволяющих моделировать объекты виртуальной реальности с использованием трехмерной графики достаточно много. Среди наиболее известных можно назвать такие программные продукты как 3D Studio Max, Maxon Cinema 4D, Maya, ZBrush, Lightwave 3D, Creo Parametric.

Использование трёхмерных технологий является предпочтительным из-за реалистичности трёхмерных изображений и возможности создания на их основе физических объектов любой формы и сложности — как одного из важнейших факторов, оправдывающих их выбор на пути проектирования новых изделий. Для получения трёхмерного реалистичного изображения (образа) требуются определенные шаги: моделирование, рендеринг (визуализация), преобразование в специальный формат, вывод полученного изображения на принтере.

Для создания физических объектов перспективной в настоящее время можно назвать трехмерную технологию печати с использованием 3D принтеров. Предлагается использовать технологию послойного (100–500 мкм) изготовления с помощью принтера CubeX изделий сложной формы в виде матриц с набором гранных поверхностей в виде тетраэдров, октаэдров, икосаэдров для последующего создания на их основе многослойных композиционных защитных экранов ЭМИ. Максимальная площадка для печатания имеет размеры 27×27×27 см. Время получения изделий — от 2 до 15 ч.

Необходимо отметить, что уже сейчас трехмерные технологии с применением 3D принтеров становятся неотъемлемым атрибутом нашей жизни, когда изделия изготавливаются не на предприятиях, а «печатаются» почти в домашних условиях.

### **МАЛОГАБАРИТНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭКРАНОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА**

А.А. Старовойтов, А.А. Тамело

Терагерцовое излучение занимает в шкале электромагнитных волн диапазон между инфракрасным излучением и радиочастотами гигагерцового диапазона, используемого в мобильной связи. До сих пор терагерцовое излучение не находило широкого применения.

Потребности развития беспроводной связи заставили ученых обратить внимание на этот диапазон спектра. В настоящее время проводятся работы по применению терагерцовых частот аналогичным технологиям на основе Bluetooth и для систем локальной беспроводной связи. В этой связи необходимо для защиты таких систем разработка экранов и источника электромагнитного излучения для их испытаний.

В докладе рассматриваются вопросы создания малогабаритной установки для испытания экранов электромагнитного излучения терагерцового диапазона. Приводится описание структурной схемы на основе уникальной элементной базы. Рассмотрены вопросы

повышения стабильности и увеличения выходной мощности. Даны результаты испытаний экранов терагерцового излучения.

## **МАГНИТНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ В ПОРИСТОМ АНОДНОМ ОКСИДЕ АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПАМЯТИ**

Е.А. Уткина, А.И. Воробьева, Д.Л. Шиманович

Магнитные наноконпозиты, содержащие ферромагнитные включения, вызывают большой интерес. В наноструктурированных материалах магнитная структура, статическое и динамическое магнитное поведение контролируются межзерненным обменным взаимодействием, что позволяет создавать приборы нового поколения с лучшими характеристиками и новыми функциональными возможностями [1, 2]. Этот новый класс магнитных наноконпозитов весьма перспективен при создании устройств магнитной памяти с плотностью записи до Тбит/см<sup>2</sup>. Исследования механизма электроосаждения магнитных материалов (Ni, Fe, Co) в пористую матрицу анодного оксида алюминия в различных режимах позволили разработать метод их равномерного осаждения в наноканалы пористого оксида алюминия и в свободную пористую мембрану на основе оксида алюминия.

Экспериментальные исследования показали, что на начальном этапе DC-осаждения около 100% пор заполняются никелем, а наблюдаемые флуктуации в скорости роста наностолбиков зависят от флуктуаций толщины барьерного слоя, и степени совершенства матрицы из оксида. С увеличением потенциала и времени осаждения выделение водорода становится доминирующим процессом, подавляя однородное осаждение и уменьшая коэффициент заполнения пор. СЭМ анализ показал формирование наноконпозитов пористый оксид алюминия/никель с характеристическими размерами 15–25 нм на начальной стадии AC осаждения. Сплошные нанонити никеля формировались по всей глубине пор через 10 минут осаждения. При этом никель может осаждаться вдоль поверхности пор снизу вверх в виде трубок, или столбиков, а также дискретно в виде частиц, оседающих одновременно на всей поверхности стенок пор от дна до поверхности.

Проведены также исследования температурных зависимостей удельной намагниченности полученного композитного материала в диапазоне температур 77 – 700К в режимах нагревания и охлаждения образцов. Установлено, что для нанокристаллитов никеля значение удельной намагниченности при охлаждении составляет  $40 \text{ A м}^2 \text{ кг}^{-1}$ , а при нагревании  $45 \text{ A м}^2 \text{ кг}^{-1}$ .

### **Литература**

1. D. Chiba, G. Yamada, T. Koyama, K. Ueda, H. Tanigawa, S. Fukami et.al. Ferromagnetic microwires enabled multifunctional composite materials // Progr. in Mater. Sci. – 2013. – V. 58. – PP. 183–259
2. G. D. Sulka, A. Brzózka, L. Zaraska, M. Jaskuła Through-hole membranes of nanoporous alumina formed by anodizing in oxalic acid and their applications in fabrication of nanowire arrays // Electrochimica Acta/ - 2010. – V. 55. – PP. 4368–4376

## **ТЕРМИЧЕСКАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ С ЗАТВОРОМ ШОТТКИ**

А.Е. Челябин

Твердотельная сверхвысокочастотная (СВЧ) электронная компонентная база активно востребована для разработки и производства систем беспроводной связи, включающей широкий спектр аппаратуры. В последние годы наблюдается бурный всплеск активности в области разработки мощных полевых транзисторов на широкозонных материалах, особенно на гетероструктурах на основе нитрида галлия.

Выходные характеристики полевых транзисторов определяются многими факторами: электрофизическими параметрами структуры, особенностями вольт – амперных характеристик в режимах, близких к предельно допустимым для этих приборов. Поэтому