

ширина варьировалась от 1 до 4 мм с шагом 1 мм. При выполнении измерения образцы размещали на специальном столике, после чего к их середине прикладывали механическую нагрузку. Вес нагрузки варьировался от 0,01 до 0,05 граммов с шагом 0,01 грамм. Стрела прогиба фиксировалась при помощи микроинтерферометра. Полученные при измерении значения величины прогиба, использовались при расчёте модуля Юнга.

В результате расчётов модуля Юнга свободных плёнок анодного оксида алюминия, полученных путём анодирования в растворе на основе щавелевой кислоты, было установлено, что он находится в пределах от 26 до 30 ГПа.

#### **Литература**

1. Мухуров Н.И. Аллюмооксидные микро- и наноструктуры для микроэлектромеханических систем. Минск, 2004.
2. Сокол В.А., Короткевич А.В., Погудо Е.Л., Плешкин В.А. // Изв. Белорусской академии. 2003. № 1/4. С. 42.
3. Биран С.А., Короткевич Д.А., Короткевич А.В. // 25-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Севастополь, 2015. С. 741–742.

### **КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ПЕРЛИТА И ТИТАНОМАГНЕТИТА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ПО КАНАЛУ ПОБОЧНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

О.В. Бойправ, Аль-Мамури Аббас Али Абдулхуссейн

Для защиты информации от утечки по каналу побочного электромагнитного излучения (ЭМИ) могут быть использованы конструкции электромагнитных экранов, выполняемые на основе композиционных материалов, обеспечивающих уменьшение энергии и радиуса контролируемой зоны (РКЗ) такого излучения. Недостаток большинства этих материалов заключается в их высокой стоимости. В [1] для исключения указанного недостатка предложено для изготовления конструкций электромагнитных экранов применять композиционные материалы с наполнителем на основе порошкообразного перлита. Требуемые параметры ослабления ЭМИ в рабочем диапазоне частот для таких конструкций могут быть обеспечены путем добавления в них дополнительных компонентов.

В настоящей работе проведены исследования влияния композиционных материалов с наполнителем на основе порошкообразных перлита и титаномагнетита на величину РКЗ ЭМИ в диапазоне частот 0,01...2000 МГц. На практике значения РКЗ необходимо учитывать при выборе помещения для расположения средств вычислительной техники, а также при их перемещении в пределах помещения. Исследования выполнялись с применением инструментальной и расчетной методик, представленных соответственно в [2, 3].

На основе полученных результатов установлено, что использование исследованных материалов для экранирования ЭМИ диапазона частот 0,01...2000 МГц обеспечивает уменьшение в 1,1...54,8 раз РКЗ такого излучения. В наибольшей степени величина указанного параметра снижается в диапазоне частот 20...2000 МГц. В свою очередь, применение для экранирования ЭМИ композиционных материалов с наполнителем из порошкообразного перлита, способствует уменьшению в 1,1...13,5 раз РКЗ такого излучения. В наибольшей степени величина указанного параметра снижается в диапазоне частот 80...2000 МГц.

Таким образом, добавление порошкообразного титаномагнетита в композиционные материалы с наполнителем на основе порошкообразного перлита приводит уменьшению в 4 раза РКЗ ЭМИ, экранированного посредством таких материалов.

Полученные результаты позволяют рекомендовать использование композиционных материалов на основе порошкообразных перлита и титаномагнетита для разработки конструкций электромагнитных экранов, способствующих защите информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники, от утечки по каналу побочного ЭМИ.

#### **Литература**

1. Бойправ О.В., Борботько Т.В., Лыньков Л.М. // Изв. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2014. № 4. С. 9–13.
2. ГОСТ 30373-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Оборудование для испытаний. Камеры экранированные. Классы, основные параметры, технические требования и методы испытаний»

З. Быков С.В., Трушин В.А. Защита информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений. Новосибирск, 2008.

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ МДП-ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ КВАЗИДВУМЕРНЫХ КРИСТАЛЛОВ**

А.М. Боровик

При создании логических ИМС перспективными являются направления, связанные с применением МДП-транзисторов, использующих в качестве канала нанощнуры, Ge (*p*-канал) и соединения элементов III-V групп (*n*-канал), графен и углеродные нанотрубки, квазидвумерные кристаллы (*MoS*<sub>2</sub>, *WS*<sub>2</sub>, *NbSe*<sub>2</sub>, *BN* и др.). Кроме того, актуальными являются исследования туннельных полевых транзисторов (*TFET*), а также приборных и схемотехнических решений, не относящихся к типу КМОП. Однако параметры, описывающие физические свойства графена, дихалькогенидов переходных металлов и других квазидвумерных кристаллов, не интегрированы в стандартные библиотеки программных комплексов приборно-технологического моделирования, в том числе компании *Silvaco*. Суть предлагаемого подхода для моделирования таких структур состоит в задании значений для необходимого набора параметров, описывающих электрофизические свойства материалов и процессы переноса носителей заряда. Минимальный требуемый набор параметров для материалов МДП-структур включает ширину запрещенной зоны, плотность состояний для электронов и дырок, диэлектрическую проницаемость, подвижность для электронов и дырок. Необходимые параметры могут быть получены на основе результатов экспериментальных измерений и моделирования из первых принципов. С использованием представленного подхода, а также классических и квантово-механических моделей, получены электрические характеристики транзисторов, каналом которых являются слои графена и дихалькогенидов переходных металлов. Сравнение полученных электрических характеристик с результатами экспериментальных измерений свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования методов адаптации моделей и калибровки их параметров.

### **ОЦЕНКА С ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТЬЮ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛАКОМПЕНСАЦИЕЙ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ В КАНАЛАХ УТЕЧКИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

И.Б. Бураченко, В.К. Железняк

Оценка защищенности речевой информации в каналах утечки (КУИ) в условиях значительной неравномерности АЧХ и шумов высокого уровня сложным измерительным сигналом (ИС) с большой базой в пределах каждой *k*-й полосы равной разборчивости речевого сигнала (РС), повысила чувствительность обработки на 27 дБ при значительном повышении оперативности представления результатов. Под базой ИС понимается величина равная произведению его девиации частоты на длительность. Последовательное *n*-кратное синхронное накопление спектральных составляющих сложного ИС с большой базой с использованием прямого и обратного быстрого преобразования Фурье и его взаимокорреляционная частотно-временная обработка позволили установить новые качества оценки защищенности РС в КУИ, что повысило помехоустойчивость и чувствительность при оптимизации параметров, определяемых базой сложного ИС в каждой из *k*-полос равной разборчивости РС. Однако, даже небольшое случайное запаздывание длительностью 10–200 мс, обусловленное прохождением ИС через среду распространения и задержками аппаратуры, значительно увеличивает погрешность оценки его параметров в КУИ. Высокая точность оценки параметров сложного ИС с большой базой в КУИ на фоне шумов высокого уровня достигнута за счет представления его в аналитическом виде преобразованием Гильберта и взаимокорреляционной частотно-временной обработки при компенсации с минимальной среднеквадратичной погрешностью его временного запаздывания и частотного сдвига. Это значительно повысило чувствительность и точность оценки.

Показано преимущество при оценке защищенности РС в КУИ сложного ИС с большой базой в сравнении с гармоническим ИС.