

структурные свойства. Расчеты проводились в программном комплексе VASP, который реализует метод теории функционала электронной плотности [1]. Данные моделирования показали, что наличие вакансии приводит к образованию трех оборванных связей, две из которых, благодаря гибкости фосфорена, соединяются друг с другом, а третья может иметь положительный, отрицательный и нейтральный заряд. Энергия образования нейтральной вакансии составила 1,88 эВ. Расчет электронной структуры нейтральной вакансии показал, что фосфорен теряет свою прямозонную природу за счет появления разрешенных состояний в запрещенной зоне.

### **Литература**

1. Kresse, G. VASP the guide: tutorial / G. Kresse. –Vienna, 2003.

## **МНОГОСЛОЙНЫЕ ПЛЕНОЧНЫЕ ЭКРАНЫ НА ОСНОВЕ СПЛАВОВ NiFe ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВНЕШНИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ**

А.А. Солобай, С.С. Грабчиков, А.В. Труханов

Над решением проблемы защиты изделий электронной и радиоэлектронной техники от воздействия различного типа внешних электромагнитных полей работают ведущие специалисты многих стран мира [1–3]. Известно, что наиболее эффективным способом защиты является экранирование. Была исследована эффективность экранирования переменных электромагнитных и магнитостатических полей многослойными пленочными структурами на основе сплавов NiFe, полученных методом электролитического осаждения, с целью разработки высокоэффективной защиты корпусов приборов и аппаратуры широкого спектра назначения. Было отмечено, что с ростом толщины экранов эффективность возрастает, что связано с увеличением площади экрана и, соответственно, снижением магнитного сопротивления, а пик максимума эффективности смещается в область более высоких магнитных полей. Для сопоставления полученных результатов с характеристиками промышленных материалов были измерены полевые зависимости экранов, изготовленных из промышленной аморфной ленты 84KXCP и электролитического сплава Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>. Обнаружено, что магнитная проницаемость аморфной ленты высока только в ограниченном диапазоне, а затем резко падает, в отличие от магнитных электролитически осажденных пленок, которые эффективны в более высоких полях, начиная с 200 А/м. Сделан вывод, что при подборе изготовлении экранов для магнитостатической защиты следует учитывать как основные магнитные характеристики, так и роль неоднородности магнитного поля в объеме материала экрана, и связанную с этим нелинейность магнитной проницаемости.

### **Литература**

1. Апполонский, С.М. / Расчеты электромагнитных полей / С.М. Апполонский, А.Н. Горский. – М.: Маршрут, 2006. – 992 с.
2. Gabower J.F. Electromagnetic interference shields for electronic devices: pat. USA № 7358447.
3. Кечиев, Л.Н. Экранирование технических средств и экранирующие системы / Л.Н. Кечиев, Б.Б. Акбашев, П.В. Степанов. – М.: Группа ИТД, 2010. – 470 с.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ДИЗАЙН НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ПРОТОТИПОВ AUTODESK ALIAS**

В.А. Столер

Известно, что успех любого изделия определяется его качеством, стоимостью и брендом. Вместе с тем, в настоящее время тенденции таковы, что, более важную роль играет скорость создания модели изделия и его дизайна – они являются главным преимуществом продукта. В докладе описываются особенности создания моделей различных изделий, в том числе защитных экранов ЭМИ, используя их цифровые прототипы и дизайн, разработанные на основе программы Autodesk Alias – популярной программы компании Autodesk (США).

Так как моделирование и дизайн определяют сколько времени и ресурсов придется потратить для создания изделия, то применение Alias делает ее незаменимой графической программой с возможностью получения математических моделей. Прогрессивная технология

цифровых прототипов Autodesk предоставляет конструкторам возможность проанализировать изделие еще на этапе его проектирования, и таким образом сократить общую стоимость разработки. Это позволяет активно экспериментировать с эскизами, трехмерными моделями редактируя их, сохраняя при этом историю изменений и сам процесс продвижения от начального эскиза до модели конечного продукта, создавая в то же время несколько вариантов его дизайна. В Alias есть возможность создавая эскизы, совмещать их с моделью, выбирая лучший вариант. Наличие в программе функций деформации и изменения геометрии позволяет управлять формой модели изделия, применяя такие инструменты, как Lattice Rig – создание произвольных форм используя так называемую решетку, Bend – управление деформацией, Conform – управление геометрией. Autodesk Alias позволяет работать с чертежами, созданных в других программах компании Autodesk, например AutoCAD и Inventor, для их дальнейшей доработки. Модели образцов изделий можно распечатать на 3D принтере, используя FDM технологию [1].

### **Литература**

1. Столер В.А. // Технические средства защиты информации: тез. докл. XIV Белорусско-российской НТК. Минск, 25–26 мая 2016 г. С. 70.

## **ОСОБЕННОСТИ АВТОЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ КРЕМНИЕВЫХ ОСТРИЙНЫХ КАТОДОВ**

А.Г. Трафименко

В настоящее время активно исследуются наноструктуры, содержащие вакуумные промежутки. Такие наноструктуры перспективны для создания нового поколения твердотельных приборов обработки информации в силу имеющихся очевидных преимуществ, таких как высокая скорость электронов, минимизация процессов их рассеяния, снижение рассеиваемой мощности. Особую привлекательность вакуумной наноэлектронике придает тот факт, что они могут быть изготовлены на основе существующей кремниевой технологии. Одной из важнейших задач вакуумной наноэлектроники является исследование процессов автоэлектронной эмиссии для ряда перспективных материалов, в том числе кремния.

В данной работе рассматриваются результаты расчетов туннельной прозрачности и тока автоэлектронной эмиссии кремниевого острейного катода методом фазовых функций. Суть метода состоит в том, что вычисляется не сама волновая функция, а только ее изменение в потенциале, что существенно упрощает расчеты без потери точности. Простота метода состоит в решении обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка (уравнения Риккати). Физический смысл фазовой функции заключается в том, что она является фазой рассеяния на соответствующей части потенциального рельефа.

Модель поверхностного потенциального рельефа учитывает наличие силы зеркального отображения, плотности поверхностных состояний, центров рассеяния носителей заряда, состава поверхности (наличия чужеродных включений, понижающих потенциальный барьер).

Анализируются результаты расчетов туннельной прозрачности поверхностного барьера кремния и тока автоэлектронной эмиссии при изменении прикладываемого внешнего электрического поля в зависимости от потенциального рельефа поверхности кремния и ее геометрии. Показано, что такие особенности потенциального рельефа поверхности кремния, как потенциальные ямы, приводят к существенному росту туннельной прозрачности и тока эмиссии.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННЫХ ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ ФЕРРИТОВ**

А.В. Труханов, С.С. Грабчиков, А.А. Солобай, С.В. Труханов

Требования современной техники в области увеличения скоростей и объемов передачи информации могут быть удовлетворены путем перехода с сантиметрового диапазона длин волн в миллиметровый диапазон (30–100 ГГц). Также при этом остро стоит вопрос об обеспечении внутрисистемной и межсистемной электромагнитной совместимости блоков