

Сопроводительный текст к презентации

Слайд 2:

Тема работы: Антидинатронные покрытия на основе полимерных композитов с углеродными нанотрубками. В рамках доклада будут рассмотрены такие явления как радиационные эффекты в космосе, радиационная электропроводность полимеров, углеродные нанотрубки, их ионное облучение и будут подведены итоги работы.

Слайд 3:

Обеспечение надежной эксплуатации космических аппаратов в космосе сопряжено с решением целого комплекса научно-технических вопросов, связанных с особенностями внешней обстановки в открытом космосе. Основные факторы этой: это глубокий вакуум, невесомость, мощные потоки теплового, ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца, высокоэнергичные электроны и ядра химических элементов галактических космических лучей, частицы солнечных космических лучей и радиационных поясов Земли, частицы микрометеоритов и космического мусора.

Воздействие ионизирующих излучений на электротехнические материалы сопровождается деградацией их физико-химических и электрофизических характеристик. Повреждающий эффект определяется энергией, поглощаемой облучаемым материалом (в расчете на единицу массы), т. е. поглощенной дозой.

Применение полимерных материалов, созданных с помощью 3D-печати, набирает все большую популярность в аэрокосмической отрасли. Преимущества 3D-печати заключаются в возможности создания форм, недоступных для производственного исполнения, математическом моделировании заданных характеристик. Преимущество напечатанных 3D-конструкций в том, что они легче, прочнее и обладают более эргономичной формой, по сравнению с другими методами производства, например литьем. Наиболее интересным материалом для изучения являются полимеры. Они

дают возможность создавать твердые трехмерные объекты, обладающие различными физико-математическими свойствами, а также обеспечивают простоту внедрения добавок.

Но воздействие ионизирующих излучений в космосе на полимерные диэлектрики приводит к образованию заряженных частиц в объеме материала.

Для уменьшения этого эффекта могут быть использованы специальные антидинаatronные покрытия. В качестве такого покрытия хорошо подходят обладающие низкими коэффициентами вторичной электронной эмиссии углеродные плёнки.

Слайд 4:

Таким образом, данная работа направлена на изучение возможности использования полимера с УНТ в качестве антидинаatronного покрытия. Для этого, методом пиролитического осаждения были выращены УНТ и замешаны в полимер. В работе изучаются зарядовые характеристики полимерных композитов с УНТ.

Слайд 5:

Для прогнозирования обратимых изменений электрофизических свойств полимерных диэлектриков в полях ионизирующих излучений используется модель Роуза – Фаулера – Вайсберга (РФВ)

Согласно модели РФВ ионизирующее излучение создает пары свободных зарядов (т. е. зарядов, движущихся под действием только внешнего электрического поля), из которых подвижными являются только электроны. Образовавшиеся дырки не принимают участия в переносе электрического тока и служат центрами рекомбинации. Первоначально электроны возникают в подвижном состоянии с микроскопической подвижностью μ_0 , но их движение происходит в присутствии многочисленных ловушек, глубина которых

распределена в широком энергетическом интервале по экспоненциальному закону.

Первое уравнение в системе (1) описывает изменение полной концентрации электронов в результате их генерации ионизирующим излучением и последующей убыли за счет бимолекулярной рекомбинации. При этом учитывается, что в условиях квазинейтральности полные концентрации электронов и дырок равны друг другу.

Два последних уравнения системы (1) описывают стохастические процессы захвата квазисвободных электронов на ловушки и последующего их термического освобождения, только с участием зоны переноса. Прямой обмен электронов между ними не рассматривается.

Отсутствие пространственной зависимости в модели отражает тот факт, что рассматриваемое явление относится к неограниченной среде, в которой существует постоянное и однородное электрическое поле, причем само облучение однородно по объему, постоянно по интенсивности и не сопровождается ослаблением излучения по глубине полимера (объемные заряды, искажающие приложенное электрическое поле, отсутствуют). Образец полимера как во время облучения, так и после его окончания остается электрически нейтральным.

Облучение полимеров приводит к образованию в них свободных радикалов, являющихся глубокими ловушками как для электронов, так и для дырок. В первом приближении можно принять, что накопление радикалов пропорционально дозе излучения, термическое освобождение захваченных ими электронов отсутствует, а константа скорости захвата по-прежнему равна k_c . С учетом генерации свободных радикалов (радиационных ловушек) система уравнений (1) модифицируется.

Слайд 6:

Углеродная нанотрубка — это аллотропная модификация углерода, представляющая собой полую цилиндрическую структуру диаметром от десятых до нескольких десятков нанометров и длиной от одного микрометра до нескольких сантиметров. Многослойные УНТ состоят из нескольких слоев свернутых графеновых листов, вложенных друг в друга. Так как такие трубки могут быть образованы большим числом слоев, они значительно превосходят по размерам однослойные УНТ, поэтому эффекты размерного квантования для них являются гораздо менее выраженными. В связи с этим, электронные свойства многослойных УНТ с большим набором слоев близки к свойствам графита.

Важной особенностью УНТ является их высокое аспектное отношение. К тому же, свернутые в цилиндр атомные слои являются более механически устойчивыми, по сравнению с кристаллом графита. Таким образом, данный материал очень перспективен для автоэмиссионных приложений. В литературе было продемонстрировано, что однослойные и многослойные УНТ демонстрируют автоэмиссионный ток в условиях высокого вакуума при комнатной температуре. В последующих работах были также проведены исследования автоэмиссионных свойств УНТ. В исследованиях было показано, что катоды на основе УНТ обладают низкими пороговыми полями эмиссии порядка 1 В/мкм при плотности тока 0,1 мА/см², что превосходит параметры автоэмиссионных катодов, полученных из других материалов.

Слайд 7:

Ионное облучение — очень важная методика для модификации свойств, поскольку весь процесс полностью контролируется, или для имплантации различных примесей в кристаллическую решетку материала. Известно, что УНТ являются перспективным материалом для создания композитов, в частности в качестве арматуры для различных полимеров, функционализированные нанотрубки способны гораздо прочнее связываться

с композитным материалом, что делает его гораздо прочнее. Также дефекты в структуре УНТ выступают в качестве точечных катализаторов для химических реакций.

Помимо улучшения механических свойств и электропроводности, УНТ обладают малым коэффициентом вторичной электронной эмиссии (ВЭЭ). Под действием динатронного эффекта в вакуумных электроприборах может возникать нежелательный ток вторичной электронной эмиссии. Для уменьшения этого эффекта используются специальные антидинатронные покрытия. В качестве такого покрытия хорошо подходят обладающие низкими коэффициентами ВЭЭ углеродные плёнки.

При облучении с энергией 5 кэВ, полимер без углеродных нанотрубок быстро заряжается, даже при сравнительно небольших плотностях тока. При этом, как следует из закона сохранения заряда, ток вторичной электронной эмиссии (ВЭЭ) быстро достигает значения $I_{\sigma} = I_0 - I_{L+D} \approx 100$ пА, что является обычным в процессе зарядки диэлектриков случаем. И, следовательно, результирующий коэффициент ВЭЭ $\sigma \approx 1$, а это приводит к сильно выраженному динатронному эффекту.

При добавлении УНТ к полимеру зарядки не происходит: спектр вторичных электронов ведет себя аналогичным образом как на металлических образцах – смещения спектра нет. При этом регистрируется близкий к 90% от тока падающего пучка ток с подложки I_{L+D} . Оставшаяся часть электронов – отраженные электроны и вторичные электроны.

Слайд 8:

В результате выполнения работы было исследовано, как замешивание углеродных нанотрубок в полимер влияет на динатронные свойства таких композитов.

Использование полимерных композитов с УНТ в электронных спектрометрах позволит убрать вторичную электронную эмиссию из обкладок спектрометра

и как следствие улучшается соотношение полезного сигнала к фону таких оборудований. Также антидинаatronные покрытия могут применяться в различных коллекторах электронов, цилиндрах Фарадея и других устройствах, регистрирующих ионный или электронный токи. Например, для коллектора вторичных электронов после микроканальных пластинок.