

Проект РФФИ № 16-29-05276

«Создание магнито-полимерных покрытий с регулируемой смачиваемостью»

Проект направлен на создание восприимчивых высокогидрофобных и супергидрофобных покрытий на основе так называемых магнитоактивных эластомерных композиций, структурой и свойствами которых можно управлять с помощью внешних магнитных полей.

Управление смачиваемостью поверхности и, в частности, достижение эффекта супергидрофобности связано с формированием иерархического рельефа на поверхности. Проект направлен на создание восприимчивых высокогидрофобных и супергидрофобных покрытий на основе так называемых магнитоактивных эластомерных композиций, структурой и свойствами которых можно управлять с помощью внешних магнитных полей.

Разработано два теоретических подхода для изучения поведения структуры магнитного наполнителя в тонком слое магнито-полимерного покрытия при наличии внешнего магнитного поля. В рамках первого подхода разработана крупнозернистая модель для моделирования системы методом молекулярной динамики: магнитные частицы представлены в виде мягких сфер, несущих точечные диполи, они соединены упругими пружинами, представляющими полимерную матрицу. Проведен анализ распределения магнитных частиц, упругих напряжений, а также шероховатости поверхности для разных концентраций магнитных частиц, упругости полимерной матрицы и величины внешнего магнитного поля. По результатам сформулированы рекомендации по изготовлению покрытий с контролируемо перестраиваемой топологией поверхности. В рамках второго подхода разработана мезоскопическая модель для расчёта и численного анализа рельефа, возникающего на поверхности слоя эластомера с анизометричными частицами в присутствии магнитного поля в одночастичном приближении. Создан программный комплекс, реализующий предлагаемое решение. Получены картины рельефа для репрезентативных элементов слоя и зависимости характеристик рельефа от геометрических параметров частиц наполнителя, их распределения в образце и от величины внешнего магнитного поля. Показано, что наполнитель, обладающий геометрической и магнитной анизотропией, позволяет получить заметный отклик материала на магнитное поле при малых концентрациях наполнителя.

Синтезированы магнито-полимерные покрытия разного состава. В качестве полимерного связующего получены силиконовые полимерные матрицы разной структуры и упругости, в качестве магнитного наполнителя использован широкий круг магнитных материалов разной формы и размера (сферическое карбонильное железо, гамма-оксид железа, пластинчатое железо, сплав FeNdB, а также их смеси с железом и графитом). Разработаны оригинальные методики модификации поверхности магнитных частиц, получения низкомолекулярных матриц без использования низкомолекулярного пластификатора, а также методы нанесения и отверждения покрытий. Получены как изотропные покрытия, так и структурированные при поэтапном синтезе в магнитном поле 80 мТл, направленном перпендикулярно поверхности покрытия. Содержание магнитного наполнителя в полимерной матрице варьировалось в интервале 10-83 масс %.

Исследованы реологические и магнитоэлектрические свойства полученных магнито-полимерных композитов. Впервые обнаружен значительный (на 1000%) рост диэлектрической проницаемости материала во внешнем магнитном поле до 600 мТл, разработана теоретическая модель, описывающая этот эффект. Измерения зависимостей модуля накопления и модуля потерь материала разного состава от величины магнитного поля позволили выявить взаимосвязь степени чувствительности к магнитному полю структуры поверхности и краевого угла смачивания с вязкоупругими свойствами матрицы.

Наиболее значимый результат – возрастание краевого угла смачивания капель воды от 120 до 163 град при приложении магнитного поля 500 мТл. Методом ТГА показана высокая термостабильность материалов. Изучение радиопоглощающих свойств полученных материалов показало, что они могут быть использованы в качестве контролируемых внешними магнитными полями радиозащитных или поляризационных покрытий.