**физическАЯ моделЬ обработки ПОЛИМЕРОВ в ВЧ-плазме пониженного давления**

В.С. Желтухин, И.А. Бородаев

Казанский национальный исследовательский технологический университет им. А.Н. Туполева, г. Казань, Россия

Стремительно развивающаяся отрасль нанотехнологий предъявляет с каждым годом все более высокие требования к свойствам органических материалов, что делает задачу придания им качественно новых свойств актуальной. Одним из наиболее эффективных способов модификации наноструктур материалов является их обработка в струе плазмы высокочастотного (ВЧ) разряда пониженного давления (1,33 – 133 Па) [1].

Струя ВЧ-плазмы пониженного давления является не потоком распадающейся плазмы, а несамостоятельным разрядом комбинированного или емкостного типов, в зависимости от способа возбуждения разряда - индуктивного или емкостного. Любое тело, помещенное в ВЧ-плазму пониженного давления, независимо от его проводящих свойств и наличия или отсутствия заземления, становится дополнительным электродом, а в его окрестности образуется слой положительного заряда (СПЗ), аналогичный приэлектродным слоям ВЧ-емкостного разряда.

В результате выпрямления ВЧ электрического поля на нелинейном сопротивлении СПЗ тело относительно плазмы заряжается отрицательно и приобретает потенциал



где *I*0 — модифицированная функция Бесселя нулевого порядка, *Ea* — амплитуда гармонических колебаний напряженности электрического поля на слое пространственного заряда, *φ* — плавающий потенциал тела в плазме постоянного тока, *dsh* — толщина слоя положительного заряда. В аргоновой ВЧ плазме при *Te* ~ 1 – 4 эВ постоянный потенциал тела, приобретаемый за счет выпрямления высокочастотного электромагнитного поля достигает 100 В, что подтверждается данными экспериментальных исследований.

Проходя сквозь слой положительного заряда и ускоряясь в его электрическом поле, положительные ионы приобретают энергию от 10 до 100 эВ. При столкновении с поверхностью ионы передают приобретенную кинетическую энергию и потенциальную энергию рекомбинации атомам приповерхностного слоя твердого тела. При этом более 90% энергии бомбардирующего иона трансформируется в тепловые колебания атомов материала.

Пороговая энергия распыления атомов в приповерхностном слое для большинства материалов лежит в диапазоне 13 – 33 эВ. Поэтому энергии, переданной ионами плазмообразующего газа атомам тела, достаточно для распыления адсорбированных частиц и атомов материала с поверхности, локального оплавления микровыступов, удаления примесных дефектов, разупорядочения структуры приповерхностных слоев и развития в них дефектов. Это приводит к очистке поверхности, залечиванию микропор и микротрещин, ликвидации рельефного и трещиноватого слоев, перераспределению остаточных напряжений в приповерхностных слоях, в результате чего изменяются физические свойств поверхности, такие как микротвердость, шероховатость, прочностные показатели.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-41-02672), Минобрнауки РФ (госзадание № 2196 от 01.02.2014).

Литература

1. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Кашапов Н.Ф. // Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях: Теория и практика применения. - Казань: Изд-во Казан. технол. ун-та, 2000.