

И. Ш. Абдуллин, В. С. Желтухин, Г. Р. Рахматуллина (Казань, КГТЛУ, КГУ). **Моделирование электрического пробоя нанопор в высокомолекулярном материале при высокочастотной плазменной обработке.**

Высокочастотная (ВЧ) плазма пониженного давления (13,3–133 Па) применяется для обработки различных материалов, в том числе натуральной кожи [1]. Этот высокомолекулярный материал характеризуется многоуровневой капиллярно-пористой структурой, включающей нано-, микро- и макропоры. При этом наблюдается эффект объемной обработки материала, механизмом которого может быть электрический пробой нанопор. Целью работы, представленной данным сообщением, является проверка этой гипотезы с помощью математического моделирования.

На поверхность образцов КППМ в ВЧ плазме пониженного давления поступают постоянный поток ионов плазмообразующего газа и импульсно-периодический поток электронов, создающие переменную плотность поверхностного электрического заряда. При этом за счет разности потенциалов противоположных поверхностей внутри капиллярно-пористого материала возникает высокочастотное электрическое поле E амплитудной напряженностью $\sim 10^4$ – 10^5 В/м [2].

Разработана трехмерная математическая модель движения заряженных частиц (ионов и электронов) в нанопоре/капилляре под воздействием электрического поля, создаваемого связанными зарядами на внутренней поверхности пор, которые возникают вследствие поляризации материала в поле E . Рассматривались поры диаметром от 10 до 100 нм длиной 50–500 нм.

Результаты численных расчетов показали, что при плотности электрического заряда $\sim 10^{-9}$ – 10^{-10} Кл/м² внутри нанопоры напряженность электрического поля непосредственно у стенок нанопоры достигает значений $\sim 10^{12}$ В/м. Расчеты траекторий заряженных частиц в нанопоре и их энергий показал, что за время $\sim 10^{-14}$ – 10^{-13} с электроны могут набрать энергию до 20 эВ, ионы — до 8 эВ. В результате передачи поверхностным атомам кинетической энергии заряженных частиц возникает каскад процессов вторичной эмиссии. Ионы и электроны рекомбинируют на внутренней поверхности нанопор с выделением энергии ионизации (15,76 эВ для ионов Ar^+). Передача кинетической и потенциальной энергии заряженных частиц атомам материала на внутренней поверхности нанопор может быть причиной объемной модификации ее свойств.

Таким образом, с помощью численного моделирования показано, что одним из механизмов объемной модификации высокомолекулярных капиллярно-пористых материалов является электрический пробой в нанопорах и нанокапиллярах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 10-01-00728а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллин И. Ш., Абуталипова Л. Н., Желтухин В. С., Красина И. В.* Высокочастотная плазменная обработка в динамическом вакууме капиллярно-пористых материалов. Теория и практика применения. Казань: Изд-во КГУ, 2004, 348 с.
2. *Абдуллин И. Ш., Сунгатуллин А. М., Рахматуллина Г. Р., Желтухин В. С.* Взаимодействие ВЧ плазмы пониженного давления с капиллярно-пористыми материалами. — Кожев.-обув. пром-ть, 2009, № 1, с. 40–45.