Кинетические закономерности травления полипропиленовой плёнки в плазме аргона

С.А. Шибаев, Д.В. Кадников, С.А. Смирнов

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия, sas@isuct.ru

Одним из интересных приложений плазмы аргона является ее использование для модификации поверхности различных полимерных материалов без существенного травления самого полимера. Основными активными частицами тлеющего разряда пониженного давления в аргоне являются кванты УФ-излучения, положительные ионы и метастабильные атомы аргона. При плазмохимическом травлении полимерных материалов наблюдается выделение газообразных продуктов - молекул CO2, CO, H2O и H2. С увеличением количества полимера в реакторе, количество таких газообразных продуктов гетерогенных реакций и изменение граничных условий для активных частиц плазмы может привести к существенному изменению физических параметров плазмы, а следовательно скоростей генерации активных частиц и скорости целевого процесса плазмохимической обработки [1].

Целью настоящей работы было исследование кинетики травления плёнки полипропилена (ПП) в широком диапазоне внешних параметров плазмы аргона.

Разряд постоянного тока возбуждали в цилиндрическом проточном стеклянном реакторе из стекла диаметром 3 см в диапазоне давлений 50-300 Па и токов разряда 20-110 мА. Скорость потока газа меняли в интервале 10-80 см/с при нормальных условиях. Образцы пленок полипропилена размещали в виде нескольких цилиндров на термостатируемой стенке реактора в области положительного столба. Температуру плёнки измеряли остеклованной термопарой медь-константан. Длину общей образующей нескольких полимерных цилиндров изменяли в пределах от 4 до 12 см. При этом положение крайнего образца оставалось неизменным, а доля внутренней поверхности реактора, закрытая полимером, увеличивалась от 10.8 до 32.4 %. Состав стабильных продуктов в газовой фазе определяли методом масс-спектрометрии. При всех параметрах разряда и степени загрузки реактора газообразными продуктами плазменного воздействия являлись молекулы CO2, CO, H2O и H2. Скорость убыли массы образцов определяли путем контрольного взвешивания образцов на аналитических весах. Скорость травления практически линейно растет с увеличением тока разряда, при прочих неизменных условиях. Увеличение скорости потока газа сопровождается ростом скорости убыли массы вплоть до скорости потока 80 см/с. При росте температуры полимерной плёнки от 290 К до 340 К скорость травления увеличивается с 1,1×10-9 до 4,6×10-8 г·см-2·с-1. Скорость убыли массы плёнки увеличивается с ростом степени загрузки реактора полипропиленом. При всех внешних параметрах горения разряда скорости убыли массы различных образцов полимерной плёнки зависели от расположения относительно начала положительного столба разряда (ввода потока газа). Плёнки расположенные “ниже” по течению потока газа травятся быстрее на 10-30%. Налицо влияние газообразных продуктов гетерогенных процессов на кинетику химических взаимодействий активных частиц плазмы с полимерным материалом. Анализ механизма такого влияния требует построения математической модели разряда в аргоне включающей продукты деструкции полимера в газовой фазе.

Литература

1. Смирнов С.А., Титов В.А., Рыбкин В.В. Влияние гетерогенных физико-химических процессов на параметры низкотемпературной плазмы // Российский химический журнал 2013, Т. LVII, № 3. С. 52 – 59.