Влияние газообразных продуктов плазмоокислительной деструкции полиэтиленовой плёнки на параметры плазмы воздуха

Д.В. Кадников, С.А. Смирнов

Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия, dkadnikov@rocketmail.com

Свойства плазмы пониженного давления, граничащей с химически реагирующей поверхностью, зависят от степени загрузки реактора обрабатываемым материалом. Учет такой зависимости необходим как для понимания механизмов плазмохимических реакций, так и для прогнозирования параметров работы промышленных реакторов. При плазмохимическом травлении полимерных материалов наблюдается уменьшение удельной скорости плазмохимической деструкции с увеличением количества полимера в реакторе, связанное с появлением газообразных продуктов гетерогенных реакций и изменением граничных условий для активных частиц. В результате меняются физические параметры плазмы, скорости генерации активных частиц и, как следствие, скорость целевого процесса.

Целью настоящей работы было исследование кинетики травления плёнки полиэтилена (ПЭ) и влияния её плазмоокислительной деструкции на параметры плазмы воздуха.

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 15-80 см/с при нормальных условиях. Образцы промышленных пленок полиэтилена высокого давления (ГОСТ 10354-82) толщиной 110 мкм размещали в виде нескольких цилиндров на термостатируемой стенке реактора в области положительного столба. Длину общей образующей нескольких полимерных цилиндров изменяли в пределах от 1.5 до 13.5 см. При этом положение крайнего образца оставалось неизменным, а доля внутренней поверхности реактора, закрытая полимером, увеличивалась от 4.3 до 38 %. 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, в то время, как из газовой фазы расходовался лишь кислород. Скорость убыли массы образцов определяли путем контрольного взвешивания образцов на аналитических весах. Скорость травления растет с увеличением тока разряда, при прочих неизменных условиях. Увеличение скорости потока газа сопровождается ростом скорости убыли массы. Температуру поверхности пленки измеряли остеклованной термопарой медь-константан. При росте температуры полимерной плёнки от 281 до 338 К скорость травления увеличивается с 4,8 ×10-8 до
1,18×10-7 г·см-2·с-1. Скорость убыли массы плёнки уменьшается на 40% с ростом степени загрузки реактора полиэтиленом в указанном диапазоне.

Из электрофизических параметров плазмы в зависимости от загрузки измерялись: напряженность продольного электрического поля, которая изменялась в пределах от 11,37 до 20,47 В/см; вращательная температура N2(C3u) менялась в диапазоне от 380 до 530 К; эффективная колебательная температура N2(C3u) лежала в диапазоне от 3800 до 5400 К; приведенная напряженность электрического поля в плазме воздуха, реагирующей с ПЭ уменьшается от 1,2·10-15 до 4.7·10-16 В·см2.

Представленные данные показывают, что при условиях, характерных для плазменного модифицирования пленочных материалов и тканей, не учитывать влияние гетерогенных процессов на свойства плазмы и, следовательно, на кинетику химических взаимодействий нельзя в принципе.