Кинетические закономерности травления поликарбоната в неравновесной плазме кислорода

А.А. Овцын, С.А. Смирнов

ФГБОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново, Россия, moose2004@inbox.ru

Низкотемпературная плазма пониженного давления в кислороде широко используется в различных приложениях, связанных с модификацией поверхности полимерных материалов. Свойства такого разряда, граничившего с химически реагирующей поверхностью, зависят от степени загрузки реактора полимерным материалом [1]. Это связано с влиянием потока продуктов плазмоокислительной деструкции в газовую фазу на внутренние параметры плазмы и кинетические закономерности травления полимерных материалов. В данной работе представлены результаты исследований кинетики травления поликарбоната в неравновесной плазме кислорода и влияния продуктов плазмоокислительной деструкции на параметры плазмы.

Эксперименты проводились в цилиндрическом реакторе из стекла радиусом 1.5 см. Тлеющий разряд постоянного тока возбуждали в потоке кислорода в диапазоне давлений 50-300 Па, токов разряда 20-110 мА и линейных скоростей потока газа от 10 до 80 см/с. Образцы поликарбоната марки Lexane 9030 толщиной 1 мм размещали по образующей на термостатируемой стенке реактора в зоне положительного столба. Доля поверхности реактора, занятой полимером достигала 30%. Состав стабильных продуктов в газовой фазе определяли методом масс-спектрометрии. Измерения показали, при всех параметрах разряда газообразные продукты плазменного воздействия одни и те же. Это молекулы СО2, СО, Н2О и Н2, а из газовой фазы расходуется только кислород. Скорость убыли массы образцов определяли с помощью периодического взвешивания на аналитических весах. Скорость травления растет с увеличением тока разряда, при прочих неизменных условиях и при увеличении давления возрастает в 4 раза, при постоянном токе и температуре. Увеличение скорости потока газа сопровождается ростом скорости убыли массы. При росте температуры от 298 К до 356 К скорость травления увеличивается с 6,4·10-8 до 4,9·10-7 г·см-2·с-1. Температурные зависимости скоростей убыли массы позволили рассчитать эффективную энергию активации: 3,66 кДж/моль. С ростом степени загрузки реактора в пределах погрешности измерения энергии активации практически не изменяется.

Из электрофизических параметров плазмы измерялись: напряженность продольного электрического поля E, интенсивности излучения линий атомарного кислорода и водорода, интенсивность излучения полосы перехода О2(b1Σg+, V'=0→X3Σg-,V=0). По абсолютной интенсивности этой полосы находилась концентрация синглетного кислорода О2(b1Σg+) , а по ее неразрешенной структуре – вращательная температура, которая отождествлялась с температурой газа.

При малом давлении в 50 Па и увеличении загрузки напряженность поля падает более чем на 50%, а в области высоких давлений изменяется незначительно, примерно на 10-15%. Таким же образом изменяется интенсивность излучения атомарного кислорода (3p3P→3s3S, нм) при изменении загрузки, причем при малых давлениях интенсивность является наибольшей. Интенсивность излучения линии Hα (λ=656 нм) в области малых давлений от 50 – 100 Па возрастает значительно с увеличением загрузки, а в области высоких давлений увеличивается незначительно на 10 -20%.

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.