некоторые плазмохимические приложения разрядов с жидкими неметаллическими электродами

В.А. Титов

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново, Россия, titov25@gmail.com

Газовые разряды, возбуждаемые между твердыми и жидкими (вода или растворы электролитов) электродами, а также в парогазовых пузырьках в объеме жидкостей, привлекают внимание исследователей как генераторы неравновесной плазмы для различных приложений. В докладе на основе литературных данных и собственных экспериментальных результатов рассматриваются физические характеристики отдельных типов разрядов и некоторые процессы, протекающие в газовой и в жидкой фазах.

Наиболее подробно исследованы свойства разрядов постоянного тока с одним или двумя жидкими электродами. При относительно низком токе (1 – 100 мА) разряд обладает структурой и свойствами, типичными для тлеющего разряда атмосферного давления с металлическими электродами. Однако имеется ряд важных отличий, среди которых можно отметить: (а) высокие значения катодного падения потенциала (~500 – 700 В), зависящие от состава раствора-катода; (б) изменение состава плазмы в результате переноса частиц растворителя и растворенных веществ в плазму; (в) зависимость характеристик плазмы от состава раствора-катода; (г) образование химически активных частиц не только в зоне плазмы, но и в растворе, который используется в качестве электрода. Таким образом, состав и свойства плазмы оказываются тесно связанными с составом и свойствами жидкости.

Коэффициенты переноса компонентов раствора (количество частиц растворителя и растворенного вещества, переходящих в газовую фазу, в расчете на один падающий на катод ион) составляют для растворителя (воды) 50 – 500 частиц/ион, а для растворенного вещества 10-3 – 1 частиц/ион в зависимости от состава жидкости и энергии ионов (катодного падения потенциала). В спектрах излучения плазмы наблюдаются не только линии и полосы, связанные не только с исходными компонентами газа, но и с продуктами переноса компонентов жидкого катода. Эксперименты и расчеты показывают, что появление в газовой фазе продуктов переноса влияет на баланс заряженных частиц и, как следствие, на напряженность поля, поддерживающего плазму, на заселенности электронных и колебательных уровней компонентов плазмы, вид функции распределения электронов по энергиям и коэффициенты скоростей процессов с их участием. При мольной доле атомов щелочных металлов в плазме ~10-5 частота их ионизации соизмерима с частотой ионизации основных исходных компонентов газа. Кинетическое моделирование процессов в плазме позволяет оценить концентрации в газовой фазе радикалов О, ОН, НО2, молекул Н2О2 и О3, которые представляют интерес с точки зрения биомедицинских приложений.

Действие газовых разрядов на воду и растворы электролитов приводит к генерации активных частиц в жидкой фазе: Н, О, ОН, НО2, Н2О2 и др. Кроме того, возможен переход части активных частиц из плазмы в жидкость.

Среди перспективных направлений применения разрядов, контактирующих с жидкостями, можно выделить следующие: а) спектральный анализ состава воды и растворов неорганических соединений; б) разрушение органических загрязнителей в воде; в) биомедицинские приложения (инактивация болезнетворных микроорганизмов, стерилизация материалов и изделий; г) модифицирование полимерных материалов; д) инициирование процессов полимеризации в растворах; е) получение нано- и микроструктур на основе углерода, металлов и их оксидов. В докладе рассматриваются примеры, иллюстрирующие перечисленные направления.