

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМОХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ УГЛЕРОДА

Гатауллина А.Р., Луценко Ю.Ю., Мирзоев С.Р.

Научный руководитель: Луценко Ю.Ю., д.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: AL279Na2@yandex.ru

В работе рассмотрен метод разделения изотопов углерода в плазме высокочастотного факельного разряда, горящего в среде аргона. Данный метод основан на избирательном протекании химических реакций с участием радикалов при наложении на плазму разряда постоянного магнитного поля. При этом избирательность протекания химических реакций появляется за счёт соответствующей ориентации в магнитном поле спина химических соединений. Однако наряду с указанным механизмом сепарации изотопов, в плазме разряда могут идти также и другие процессы разделения, в частности, определяемые термодиффузией. Для того чтобы оценить влияние этих процессов необходимо провести измерения температуры плазмы разряда. Знание температурных характеристик плазмохимического реактора также позволяет провести оптимизацию его конструкции и режимов его работы.

В настоящей работе проведены измерения осевого распределения газовой и электронной температур высокочастотного факельного разряда, горящего в аргоне. Так как влияние материала графитового электрода на характеристики аргоновой плазмы несущественно, в нашем случае для определения характеристик разряда использовался не графитовый, а медный электрод. Диаметр кварцевой камеры плазмохимического реактора составлял 32 мм. Частота электромагнитного поля – 37 МГц. Мощность разряда варьировалась от 0,5 до 1 кВт. Расход плазмообразующего газа составлял 0,3 м³/час.

Измерения электронной температуры проводились методом Орнштейна по линиям меди. Использовались линии 5106 Å, 5153 Å и 5218 Å. Энергии и относительные вероятности переходов, соответствующих данным линиям были взяты из работы. Излучение от исследуемого объёма разряда посредством линзы проецировалось на щель спектрографа Shamrock – 303i. Спектр выводился непосредственно на экран компьютера. Ширина щели спектрографа составляла 0,3 мм. Для того чтобы отсечь излучение от других частей разряда использовалась диафрагма шириной 5 мм.

Для оценки газовой температуры аргоновой плазмы в плазмообразующий газ добавлялся воздух в концентрации не более 5%. При этом в спектре разряда появлялась полоса гидроксидов 3064 Å. Измерение газовой температуры проводилось по относительной интенсивности вращательных переходов данной молекулярной полосы. Использовались линии колебательной ветви Q₁. Выбирались линии свободные от наложения других линий – Q₁₄, Q₁₆, Q₁₉, Q₁₀.

В результате проведённых измерений было установлено, что величина электронной температуры вдоль зоны каналирования разряда меняется от 7900К до 8700К. Величина газовой температуры при этом варьируется от 1700К до 2100К. Максимум газовой температуры при этом находится на расстоянии приблизительно составляющем одну треть длины канала разряда от электрода. Локализация максимума электронной температуры по отношению к максимуму газовой температуры несколько смещена в сторону электрода.

На основе результатов проведённых измерений и результатов, приведённых в работе был проведён расчёт осевого распределения величины удельной электропроводности плазмы разряда. Усреднённая по длине канала разряда величина удельной электропроводности позволила провести оценку степени затухания электромагнитного поля в плазме разряда. Также был проведён расчёт величины удельного энерговыделения в плазме разряда.

На основе измерений газовой температуры в канале разряда и измерений температуры стенки разрядной камеры был рассчитан коэффициент разделения изотопов углерода посредством термодиффузии. Показано, что его величина не позволяет получить степень разделения изотопов углерода, описанную в работе. Следовательно, термодиффузионный механизм разделения не является доминирующим при разделении изотопов углерода в плазме с наложенным магнитным полем.