

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ РАЗРЯДА С ЭФФЕКТОМ ПОЛОГО КАТОДА ПРИ НИЗКОМ ВАКУУМЕ

А.И. БОЖКО, С.В. БОРДУСОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
bordusov@bsuir.by*

Ключевая особенность обработки в импульсной плазме заключается в том, что высокая мощность (десятки киловатт) в импульсе приводит к практически полной диссоциации рабочего газа. В то же время обрабатываемое изделие большую часть времени (в промежутках между короткими импульсами ~220 мкс, следующих с частотой 100-1000 Гц) находится в послесвечении плазмы, распадающейся во времени. Средняя мощность низкая и не приводит к разогреву изделия. Осаждение и травление может проводиться при комнатной температуре изделий, т.е. можно обрабатывать структуры, не допускающие нагрева.

Ключевые слова: полый катод, низкий вакуум, плазма, модулятор, плазмообразование.

Достоинства обработки в импульсной плазме, кроме низкой температуры обрабатываемых изделий, состоит в том, что между импульсами может произойти полная смена газа в реакторе. Таким образом, обеднения газа активными частицами не происходит. Для каждого импульса может быть выбрана свой газ-реагент, что дает дополнительные возможности при нанесении пленок. Для реализации смены газа между импульсами их частота должна быть не более 100 Гц, так как используемые средства откачки и быстродействующие затворы не позволяют быстрее проводить замену газа.

В [1] показано, что высокие скорости нанесения пленок могут быть получены при использовании струи распадающейся плазмы, истекающей по направлению к подложке. В электроде выполнено отверстие диаметром 1-5 мм, через которое подают газ в реактор. Генерируемая в отверстии интенсивная плазма струей направляется к обрабатываемому изделию. Вдоль оси распространения струи достигаются высокие скорости осаждения пленок.

Так же под действием ионной бомбардировки происходит распыление материала катода. Известно, что распыление происходит тем интенсивнее, чем выше энергия падающих на поверхность ионов и чем больше их количество [2]. Характер распыления катода в тлеющем разряде можно определить, зная распределение общего тока по катоду. В общем случае ток распределяется по поверхности полого катода неравномерно, вследствие чего материал катода распыляется неравномерно, благодаря чему атомы диффундируют из областей сильного распыления в области слабого распыления. При длительном горении разряда этот процесс приводит к заметному изменению формы полости, увеличивая расстояние а между противоположными участками катода. Поскольку величина а определяет эффективность разряда с полым катодом, происходящие изменения формы полости вызывают изменения в механизме разряда, что приводит к изменению распределения тока по катоду.

Целью данной работы являлось изучение электрических режимов формирования импульсного разряда при низком вакууме. Эксперименты проводились с использованием в качестве источника электрической энергии для возбуждения разряда импульсного модулятора, структурная схема которого представлена на рис. 1.

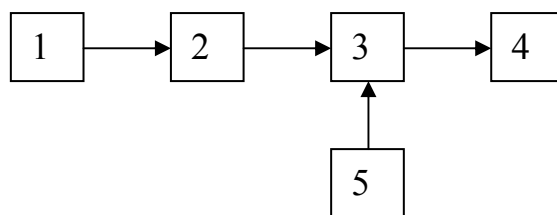


Рис. 1. Структурная схема импульсного модулятора: 1 – генератор управляющих импульсов; 2 – буферный усилитель; 3 – силовой ключ; 4 – нагрузка; 5– источник питания

Модулятор предназначен для формирования высоковольтных прямоугольных электрических импульсов отрицательной полярности.

Форма и параметры импульсов электрического сигнала на катоде определялись визуально с использованием осциллографа, подключаемого к разрядной системе.

Экспериментально установлено, что в зависимости от величины давления плазмообразующего газа возможны различные режимы поддержания импульсного разряда, отличающиеся формой и величиной рабочего импульса напряжения на катоде (рис.2).

Представленная на рис. 2, *а* форма импульса напряжения на электроде-катоде трубчатой формы характерна для низкого вакуума и соответствует режиму нормально-го тлеющего разряда. Форма импульсов напряжения, представленная на рис. 2, *б* соответствует переходному режиму от нормального тлеющего разряда к режиму разряда с полым катодом, а представленная на рис. 2, *в* – режиму разряда с полым катодом.

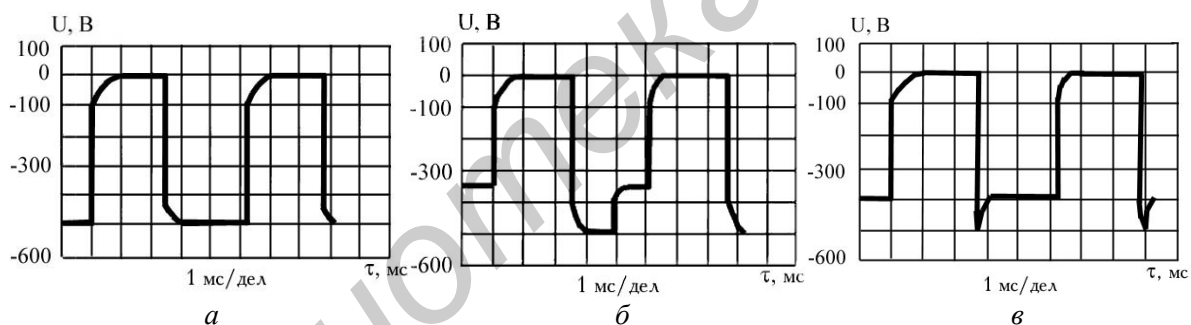


Рис. 2. Форма импульса напряжения на электроде-катоде в различных режимах поддержания разряда: *а* – тлеющий разряд; *б* – переходной; *в* – разряд с полым катодом

Каждый режим разряда характеризуется определенной величиной рассеиваемой в разряде мощности. Величина давления плазмообразующего газа, соответствующего переходному режиму разряда, зависит от сорта газа, конструктивных особенностей электрода-катода и не зависит от величины подаваемого на электрод напряжения.

Проведенными исследованиями также установлены характерные особенности поведения переднего и заднего фронтов рабочего электрического импульса при различных режимах плазмообразования.

Список литературы

1. Кузнецов В.И. // Обзоры по электронной технике. Сер. 3. Микроэлектроника. 1992. № 2 (1668). С. 105.
2. Москалев Б.И. Разряд с полым катодом. М., 1969.