

Исследование процессов движения эмиссионного потока при магнетронном распылении в переменном магнитном поле

Ковалевская А. В., Жук А. Е., Жук К. А.
Белорусский национальный технический университет

Принцип действия магнетронных распылительных систем, основанный на локализации плазмы тлеющего разряда в скрещенных магнитном и электрическом полях, позволяет осуществлять распыление ионами плазмобразующего газа различных материалов от тугоплавкого графита до полупроводникового кремния. Применение в МРС электромагнитной системы позволяет осуществлять зажигание при низких напряжениях за счет использования схемы автоматической стабилизации процесса напыления. Аномальный тлеющий разряд формирует «магнитные ловушки» в зоне пересечения магнитного и электрического поля, в которых электроны движутся по циклоиде. Многократное столкновение их с атомами рабочего газа (аргона или азота) повышает степень ионизации и плотность ионного тока, стабилизирует аномальный тлеющий разряд, что приводит к ионной бомбардировке поверхности катода. Скорость распыления материала мишени – катода ($5 - 50 \text{ нм} \cdot \text{с}^{-1}$) определяется свойствами распыляемых материалов и условиями охлаждения катода. Характер движения частиц в плазме изменяется в зависимости от отношения напряженности электрического поля разряда к давлению рабочего газа, которое в условиях низких давлений и высокой напряженности для МРС определяется соотношением: $E/p \geq 10^5 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{Па}^{-1}$. При этом рабочее давление изменяется в пределах $0,1 \dots 10 \text{ Па}$. В непосредственной близости от катода образуется область темного катодного пространства, в которой положительные ионы рабочего газа движутся нормально к поверхности катода, ускоряясь под действием электрического поля. Ширина этой области пропорциональна отношению $2 U_k / E_k$, где U_k - катодное падение потенциала в тлеющем разряде ($U_k = 50 - 80 \text{ В}$), E_k - напряженность электрического поля у поверхности катода ($E_k > 10^5 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$).

Расчеты показали, что ширина темного катодного пространства для МТС с постоянным магнитом составляет $1 - 4 \text{ мм}$. Установлено, что изменение относительной напряженности электрического поля E / E_0 зависит от радиуса мишени и при малой индукции ($B_m < 0,05 \text{ Тл}$) напряженность поля практически постоянна по всему разрядному промежутку и эффективность аномального тлеющего разряда в МРС низка. Наибольшая относительная плотность электронов n / n_0 находится в области скрещенных полей E и B .