

УДК 621.793.182

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА ГИСТЕРЕЗИСА В ПРОЦЕССЕ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО НАНЕСЕНИЯ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

Егор Николаевич Фёдоров

Студент 4 курса,

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Р.А. Каракулов,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

Цель работы: оценка влияния мощности разряда на характер петли гистерезиса в процессах реактивного магнетронного распыления нитрида алюминия для установки «VSE-PVD-DESK-PRO».

Задачи работы:

1. Калибровка накатателей рабочего и реактивного газов;
2. Получение эмпирической зависимости напряжения разряда от парциального давления реактивного газа при различных мощностях;
3. Анализ полученных результатов.

При нанесении нитрида алюминия (AlN) реактивным магнетронным методом существует два стабильных состояния мишени: металлический режим – распыление материала мишени; процесс бомбардировки ионами отравленного (покрытого диэлектрической пленкой) катода.

Для напыления AlN в рабочую область сначала подается инертный газ аргон (Ar), затем реактивный газ азот (N₂). В процессе работы с чистой алюминиевой мишенью подавляющая часть азота участвует как в распылении, так и в реакции с алюминием в рабочем объеме и на поверхности подложки. Данный процесс при постоянной мощности разряда характеризуется определенными показателями тока и напряжения. Слой AlN, образующийся на поверхности мишени, имеет более низкий коэффициент распыления, чем чистая мишень. Поэтому при постоянной мощности разряда по мере добавления реактивного газа в камеру скорость распыления падает. При некоторой критической величине потока азота в камеру происходит резкий переход от почти чистой мишени к поверхности, полностью покрытой нитридом. Этот переход сопровождается таким же резким изменением остальных параметров процесса. Для возвращения прежних характеристик разряда необходимо уменьшать поток азота до тех пор, пока резко не понизится ток разряда (повысится напряжение разряда), а скорость распыления не превысит быстроту образования нитрида на поверхности мишени. Этому состоянию соответствует другое значение критического потока [1].

Разность – между двумя величинами критических потоков называется гистерезисом, которым характеризуется любой реактивный процесс [2].

Практический интерес представляет изменение петли гистерезиса в зависимости от мощности разряда, так как этот параметр влияет на скорость осаждения. Известны работы, показывающие, что с ростом мощности разряда увеличивается ширина гистерезисной петли и одновременно уменьшается разность напряжений, а плёнки стехиометрического состава формируются в переходной зоне [2].

Проведено исследование влияния мощности разряда на характер петли гистерезиса в процессах реактивного магнетронного нанесения нитрида алюминия на установке «VSE-PVD-DESK-PRO». Для этого сначала осуществлена калибровка

накателей – инертного и реактивного газов аргона и азота путем сопоставления их давлений и положений регуляторов. Далее экспериментально получены зависимости напряжения разряда от соотношения парциальных давлений газов при мощностях 100 Вт, 150 Вт, 200 Вт, расстоянии от магнетрона до изделия 85 мм, диаметре мишени 76 мм (рис. 1).

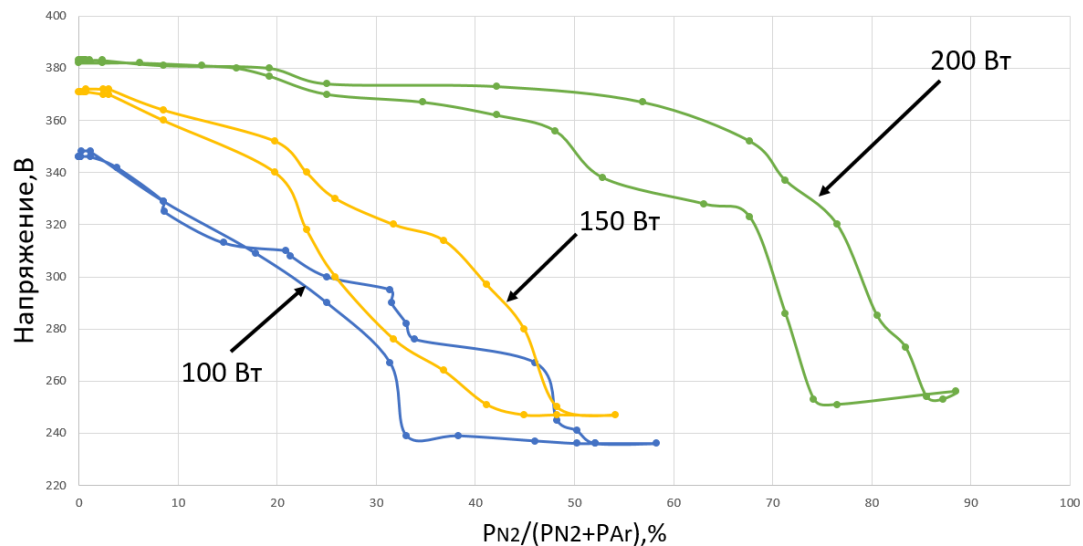


Рис. 1. Петли гистерезиса для мощностей разряда 100 Вт, 150 Вт, 200 Вт

Подтверждено, что с ростом мощности разряда увеличивается ширина гистерезисной петли, что соответствует известной теории [2]. Рекомендуемые режимы нанесения нитрида алюминия методом реактивного магнетронного распыления для получения стехиометрического покрытия при расстоянии от мишени до изделия 85 мм, диаметре алюминиевой мишени 76 мм:

- 1) при мощности 200 Вт напряжение разряда 320...360 В, процентное содержание азота в камере 63...76%;
- 2) при мощности 150 Вт напряжение разряда 310...340 В, процентное содержание азота 23...38%;
- 3) при мощности 100 Вт напряжение разряда 280...310 В, процентное содержание азота 21...33%.

Литература

1. Каракулов Р. А., Зыков Д. Д., Нуртдинов Р. И., Соколов, А. Ю., Коновалов П. И. [и др.] Формирование антиотражающего покрытия нитрида алюминия на экране электронно-оптического преобразователя методом реактивного магнетронного распыления / Р. А. Каракулов Д. Д. Зыков, Р. И. Нуртдинов, А. Ю. Соколов, П. И. Коновалов [и др.]// Труды 30-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА и ТЕХНОЛОГИИ – 2023». — СПб: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 271-275.
2. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением. М.: Техносфера, 2014. – 256 с