

УДК 539.231

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ АТМОСФЕРЫ РЕАКТИВНОГО
МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА ОТ СОСТАВА ГАЗОВОЙ СМЕСИ, КОНТРОЛИРУЕМОГО
ОПТИЧЕСКОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИЕЙ**

А.В. Гавриленко, М.Е. Конищев

Научный руководитель: ст. преп. М.Е. Конищев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634034

E-mail: avg87@tpu.ru

**RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF THE ATMOSPHERIC TEMPERATURE OF A REACTIVE
MAGNETRON DISCHARGE ON THE COMPOSITION OF A GAS MIXTURE CONTROLLED
BY OPTICAL EMISSION SPECTROSCOPY**

A.V. Gavrilenko, M.E. Konishchev

Scientific Supervisor: Senior Lecturer M.E. Konishchev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634034

E-mail: avg87@tpu.ru

Abstract. *The article considers the hysteresis of the sputtering process of a titanium target in a reactive environment with oxygen and nitrogen, as well as the effect of the gas mixture on the temperature of the atmosphere of a reactive magnetron discharge. It is shown that the hysteresis loop of the process with nitrogen is practically not observed, in contrast to the situation with oxygen, but in this case the environment heats up faster in the oxygen medium, which indicates a higher plasma energy.*

Введение. В настоящее время системы магнетронного распыления становятся перспективными источниками для осаждения тонких плёнок, из-за своей простоты и высокой скорости осаждения, но для получения тонких плёнок из химических соединений используется реактивное магнетронное распыление [1]. Реактивное магнетронное распыление сложнее в контроле процесса осаждения из-за обширных физико-химических процессов, протекающих в процессе напыления. Для необходимых характеристик нанесённой тонкой плёнки необходим строгий контроль процесса осаждения, одними из ключевых параметров работы процесса являются гистерезис и температура плазмы [2]. Изучение всех параметров работы процесса и моделирование их позволит упростить процесс получения готовых изделий за счёт избегания большого количества калибровочных экспериментов, необходимых для выбора оптимального режима реактивного магнетронного напыления покрытий. Моделирование процессов, происходящих при распылении в реактивной среде, позволяет установить взаимосвязь между внешними и внутренними параметрами процесса и определить состояние мишени и стехиометрию наносимых слоев при любом потоке реактивного газа. Данная работа посвящена исследованию гистерезиса процесса при распылении оксида и нитрида титана, зависимости температуры атмосферы реактивного магнетронного разряда в реактивной среде от газовой смеси, что в дальнейшем позволит моделировать процесс для реактивного напыления оксида и нитрида титана.

Цель настоящей работы – Исследование параметров работы реактивной магнетронной распылительной системы для нанесения покрытий на основе титана, а именно оксида и нитрида титана.

Экспериментальная часть. Сначала была найдена и исследована петля гистерезиса процесса напыления для реактивных газов – азот и кислород. Далее будут представлена таблица с заданными параметрами работы установки, на которой проходили все исследования, а также полученные кривые гистерезиса в виде графиков. Каждый раз, когда изменялась подача реактивного газа, перед записью данных было ожидание в течение минуты для стабилизации процесса и достоверности полученных данных. Из-за ограничения в размере текста, далее не будут представлены данные об азоте.

Таблица 1

Параметры работы установки при осаждении оксида титана

Параметр	Значение
Подача аргона, мл/мин	6
Подача кислорода, мл/мин	0 – 7,2
Подача азота, мл/мин	0
Напряжение разряда, В	408 – 441
Сила тока разряда, А	3,99
Мощность, кВт	1,63 – 1,76
Рабочее давление, Па	0,185 – 0,265

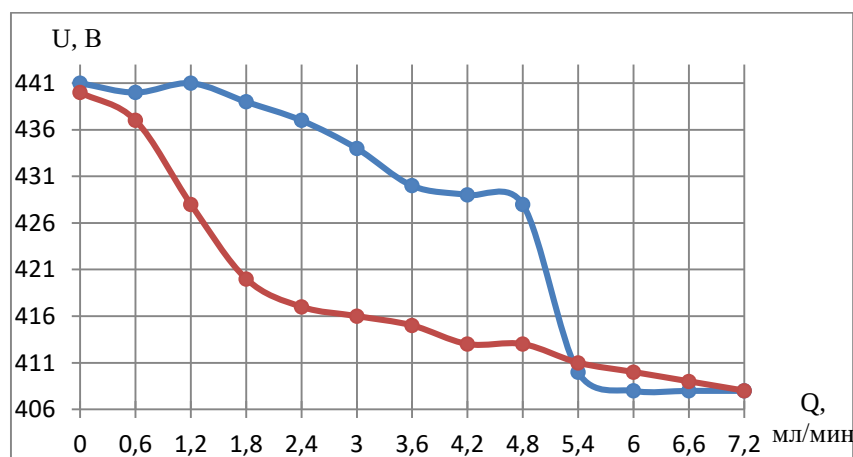


Рис. 1. Петля гистерезиса при осаждении оксида титана (синий – увеличение подачи газа)

Полученные режимы для кислорода: 0 – 0,6 мл/мин – металлический режим, 0,6 – 5,4 мл/мин – переходной режим, 5,4 – 7,2 мл/мин – реактивный режим. Петля гистерезиса оказалась достаточно широкой, что является проблемой, которую можно решить строгим контролем параметров работы установки, чтобы режим работы не перешёл в реактивный режим.

Далее была измерена температура среды вакуумной камеры при различных газовых смесях с помощью помещённой внутрь, ближе к магнетрону, термопары, газовая смесь контролировалась РРГ и оптической спектроскопией. Каждые 3 минуты с начала измерения температуры, был записан оптический спектр, для дальнейшего анализа газовой смеси на состав. Аргон, как инертный газ напускался в камеру каждый эксперимент, отличие одного из экспериментов лишь в том, что использовался только аргон.

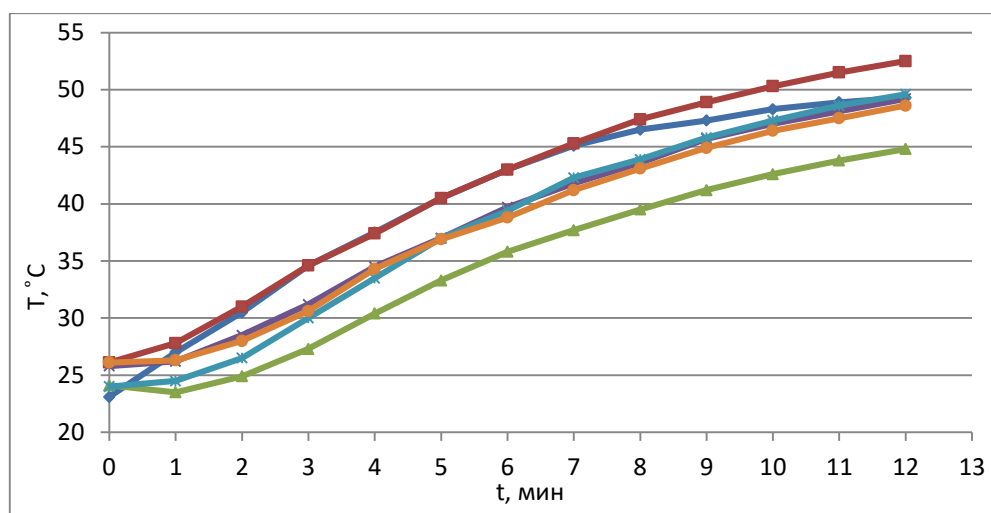


Рис. 2. График изменения температуры среды вакуумной камеры (синий – аргон, красный – кислород, зелёный – азот, фиолетовый – смесь 1:3 O:N, голубой – смесь 1:2 O:N, оранжевый – 1:1 O:N)

На данном графике видно, что при добавлении к аргону только кислорода, температура повышается, в отличие от ситуации, где добавляется азот – температура заметно понижается. Также видно, что при добавлении азота и кислорода одновременно, график температуры располагается между графиком при кислороде и азоте, вне зависимости от соотношения реактивных газов.

Закключение. В результате выполнения данной работы были получены кривые гистерезиса для реактивного магнетронного распыления, где реактивными газами являлись азот и кислород. Петля кривой гистерезиса кислорода оказалась значительно шире, чем у азота, это связано с разной реактивностью газов. Исследование температуры установило, что при работе магнетрона в среде кислорода и аргона, энергия плазмы выше. А при среде азота и аргона – ниже. Смеси аргон и 1:1 / 1:2 / 1:3 кислород к азоту оказались примерно одинаковые по температуре, что говорит о том, что соотношение азота к кислороду не сильно влияет на энергетические параметры плазмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветошкин В.М., Кобзиев В.Ф., Романов Э.А. Технология тонких пленок: учеб-методическое пособие. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский государственный университет», 2013. – 80 с.
2. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Получение тонких плёнок реактивным магнетронным распылением. – М.: Техносфера, 2014. – 256 с.