

УДК 621.793

РАЗРЯДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РЕАКТИВНОМ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ВАНАДИЕВОЙ МИШЕНИ НА ПОСТОЯННОМ И ИМПУЛЬСНОМ ТОКЕ

Нестерчик Р.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники¹
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Завадский С.М. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В статье рассматривается влияние состава газовой среды на характеристики разряда магнетрона при высоковакуумном реактивном магнетронном распылении. Представленные зависимости скорости нанесения пленок оксида ванадия от процентного содержания кислорода в смеси газов аргон/кислород для различных режимов при распылении на постоянном токе и при импульсном распылении.

Ключевые слова. Магнетронные распылительные системы, реактивное магнетронное распыление, импульсное питание, скорость нанесения.

Проведены исследования влияния тока разряда, типа питания и состава газовой среды на характеристики разряда магнетрона при высоковакуумном реактивном магнетронном распылении ванадиевой (V) мишени в среде Ar/O_2 рабочих газов.

На рисунке 1 представлена зависимость напряжения разряда от содержания кислорода в Ar/O_2 смеси газов $U_f(\Gamma_{O_2})$ при использовании ДС питания магнетрона. Зависимости получены в режиме стабилизации тока разряда. Как видно из рисунка 1, независимо от тока разряда при увеличении содержания кислорода (Γ_{O_2}) напряжение разряда увеличивалось. При токе разряда $I_f = 0,5$ А при распылении мишени в среде Ar напряжение разряда составляло 365 В. При добавке кислорода напряжение разряда первоначально резко увеличивалось до 441 В при $\Gamma_{O_2} = 8$ %. При дальнейшем увеличении Γ_{O_2} до 70 % напряжение разряда монотонно увеличивалось до 520 В. При уменьшении концентрации кислорода (обратное направление) напряжение разряда снижалось. Причем уменьшение напряжения происходило по тому же пути, что и увеличение. Т.е. при высоковакуумном реактивном магнетронном распылении ванадия гистерезис напряжения, характерный для процессов реактивного магнетронного нанесения диэлектрических пленок, отсутствовал.

На рисунке 2 представлены зависимости напряжения разряда от концентрации кислорода в Ar/O_2 смеси газов при распылении V мишени импульсным током ($F = 10$ кГц, $\tau = 3$ мкс, $U^+ = 25$ В). Ток разряда изменялся от 0,5 до 1,5 А. Зависимости получены в режиме стабилизации тока разряда. Как видно из рисунка, характер кривых соответствовал зависимостям $U_f(\Gamma_{O_2})$, полученным при распылении на постоянном токе. Однако при тех же режимах распыления напряжение разряда при импульсном питании имело более высокие значения по сравнению с распылением на постоянном токе. При увеличении и уменьшении концентрации кислорода напряжение разряда изменялось по одной кривой, т.е. отсутствовал гистерезис напряжения.

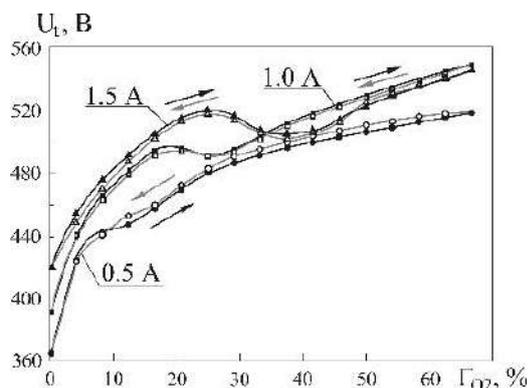


Рисунок 1 – Зависимость напряжения разряда от содержания кислорода в Ar/O₂ смеси газов при распылении мишени на постоянном токе при различном токе разряда

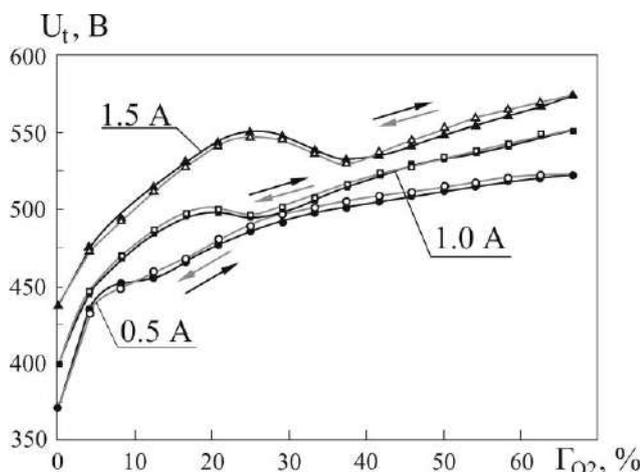


Рисунок 2 – Зависимость напряжения разряда от содержания кислорода в Ar/O₂ смеси газов при распылении мишени импульсным током при различном токе разряда (б).

Проведенные исследования скорости нанесения пленок при использовании постоянного тока и импульсного питания магнетрона ($F = 10$ кГц, $U^+ = 25$ В, $\tau = 3$ мкс) показали, что скорость нанесения также имеет сильную зависимость от концентрации кислорода в Ar/O₂ смеси газов (рисунок 3). Такое поведение зависимости скорости нанесения от Γ_{O_2} характерно для процессов реактивного магнетронного нанесения пленок оксидов и связано с формированием на поверхности мишени оксидной пленки, которая имеет более низкий коэффициент распыления.

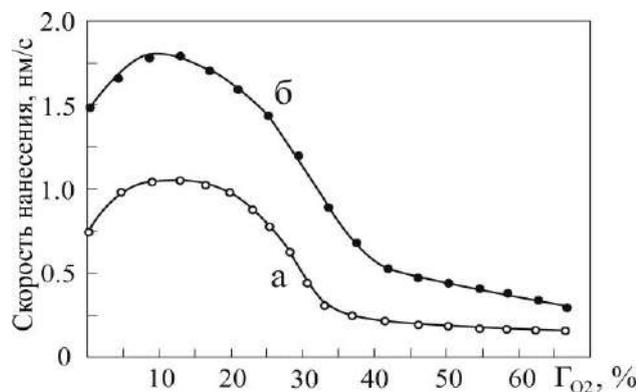


Рисунок 3 – Зависимость скорости нанесения пленок оксида ванадия от процентного содержания кислорода в Ar/O₂ смеси газов для различных режимов распыления ($I_r = 1,5$ А, $h = 85$ мм) при распылении на постоянном токе (а) и при импульсном распылении (б).

При использовании импульсного питания магнетрона характер кривой не изменялся (рисунок 2, кривая б). Однако скорость нанесения увеличилась практически на 70 % и переход

в реактивный режим работы, в котором скорость нанесения имеет низкие значения и практически не зависит от G_{O_2} , происходил при больших концентрациях кислорода (порядка 40 %). Такое поведение, по-видимому, связано с более высокими напряжениями разряда и эффектом «разрядки» оксидной пленки в течение длительности положительного импульса при импульсном распылении.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- при высоковакуумном магнетронном распылении напряжение разряда однозначно зависит от концентрации кислорода как при *DC*, так и при импульсном питании магнетрона;
- увеличение частоты и длительности положительного импульса приводит к увеличению напряжения разряда. При магнетронном распылении повышение напряжения разряда при стабилизации тока ведет к увеличению скорости распыления за счет увеличения средней энергии бомбардирующих мишень ионов. Это позволяет уменьшить время процесса. Однако, с другой стороны, более высокие напряжения разряда являются следствием уменьшения проводимости плазмы, что говорит об ухудшении условий плазмообразования. Кроме того, увеличение Ut при импульсном питании может приводить к увеличению влияния эффектов, связанных с ионной и электронной бомбардировкой растущей пленки. Это такие эффекты как дефектообразование, имплантация ионов и атомов отдачи и распыление пленки. При этом может происходить обогащение поверхности отдельным элементом, кристаллизация или аморфизация поверхностного слоя. Также в ряде случаев бомбардировка ионами высокой энергии ведет к возникновению дефектов в виде вакансий, межузельных атомов, дислокаций и появлению неоднородностей [1, 2]. Поэтому для нанесения пленок оксида ванадия был выбран режим импульсного питания, при котором напряжение разряда было минимальным, при этом обеспечивалась возможность стабильной работы МРС во всем диапазоне концентраций кислорода и отсутствовали эффекты дугообразования: $F = 10$ кГц, $\tau = 3$ мкс, $U_+ = 25$ В, которые в дальнейшем использовались при нанесении пленок оксида ванадия.

Список использованных источников

1. Chapman, B. *Glow discharge processes* / B. Chapman. – Wiley, NY, 1980. – 417 p.
2. Tachi, Sh. *Impact of plasma processing on integrated circuit technology migration: From 1 mm to 100 nm and beyond* / Sh. Tachi / *Journal of Vacuum Science Technology*. – 2003. – Vol. 21, № 5 – P. S131–S138.

UDC 621.793

DISCHARGE CHARACTERISTICS OF A MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM UNDER REACTIVE MAGNETRON SPUTTERING OF A METAL VANADIUM TARGET AT DIRECT AND PULSED CURRENT

Nestsarchyk R.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics¹, Minsk, Republic of Belarus

Zavadskiy S.M. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The article considers the influence of the composition of the gaseous medium on the characteristics of the magnetron discharge during high-vacuum reactive magnetron sputtering. The presented dependences of the deposition rate of vanadium oxide films on the percentage of oxygen in the argon/oxygen gas mixture for different modes during DC and pulsed sputtering.

Keywords: Magnetron sputtering systems, reactive magnetron sputtering, pulse power, deposition rate.