

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРЦИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ НА СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ И ПРОЦЕСС РАСПЫЛЕНИЯ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАЗРЯДА ПЛАЗМЫ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ МИШЕНИ ТИТАНА

Сунь Чжилэй, М.Е. Конищев, А.А. Пустовалова

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. В.Ф.Пичугин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: 1609547236@qq.com

THE STUDY OF PARTIAL PRESSURE INFLUENCE ON SPECTRAL COMPOSITION AND SPUTTERING PROCESS OF THE REACTIVE MAGNETRON PLASMA DISCHARGE AT SPUTTERING OF TITANIUM TARGET

S. Zhilei, M.E. Konishchev, A.A. Pustovalova

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.F. Pichugin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: 1609547236@qq.com

This paper presents the study of the spectral composition of the plasma reactive magnetron discharge and the effect of the concentration of the working gas on the sputtering process. Control of the thin film synthesis was carried out using plasma emission spectrometer AvaSpec 3648. Line identification of optical spectra was realized using NIST database.

Тонкие пленки оксидов и оксинитридов титана являются предметом широких исследований благодаря своим оптическим свойствам, механическим характеристикам и химической стабильности [1]. С учетом того, что свойства структур типа (TiN_xO_y) существенно зависят от соотношения N/O, можно прогнозировать хорошие перспективы их применения при создании новых типов биосовместимых пленок и покрытий [2].

Проблема биосовместимости поверхности медицинских имплантатов является одной из актуальных проблем медицинского материаловедения. Особенно остро она стоит в сосудистой и кардиохирургии, в которой до 10% пациентов после имплантации страдают от повторного стеноза в стенте. Для предотвращения нежелательной реакции организма на имплантат, на их поверхности создаются покрытия, обладающие свойствами гемосовместимости [3].

В настоящее время наиболее перспективным устройством, предназначенным для снижения частоты развития рестеноза принято считать внутрисосудистый эндопротез - стент. Одним из перспективных типов покрытий для коронарных стентов являются комплексные Ti-O-N пленки. Покрытия на основе оксидов и оксинитридов титана на поверхности нержавеющей стали являются биологически активными и способствуют уменьшению тромбоза и осаждению фибриногена [4].

На сегодняшний день имеется целый ряд методов, способных получать покрытия в несколько микрон с высоким уровнем адгезии, шероховатости, а так же высоким значением физико-механических свойств. Однако только метод реактивного магнетронного напыления позволяет контролировать химический

состав получаемого покрытия толщиной до 1 мкм.

Состояние поверхности мишени неразрывно связано с параметрами плазмы газового разряда при реактивном магнетронном распылении. В нестационарном состоянии эта связь носит двухсторонний характер. Изменение параметров плазмы влекут за собой изменение состояния поверхности мишени, которое, в свою очередь, влияет на параметры плазмы. Поэтому детальное изучение изменения состояния поверхности мишени можно осуществить с помощью диагностики плазмы газового разряда. Поэтому целью данной работы является исследование спектрального состава плазмы реактивного магнетронного разряда и определение влияния рабочего газа на тип распыления.

В качестве плазмообразующего газа использовался кислород (O_2), азот (N_2) или аргон (Ar). Для получения разряда использовались следующие параметры распыления: материал катода – Ti, рабочее давление в камере - 10^{-1} Па, мощность 1 кВт, ток 3 А, скорость натекания газа составляла 5 мл в минуту. Соотношение парциального давления газов варьировалось в зависимости от типа распыления.

Контроль процесса синтеза пленок осуществлялся в точке отбора излучения плазмы, расположенной вблизи мишени магнетрона с использованием спектрометра AvaSpec 3648 в режиме реального времени в диапазоне 200–1000 нм с разрешением 1.5 нм и временем записи спектра 800 мс. Идентификация линий оптических спектров осуществлялась с помощью баз данных NIST [6].

Идентификация спектральных линий излучения была проведена по обзорным спектрам разряда. Для выделения накладывающихся линий (Ti с N_2 и Ti с O_2) спектры плазмы были получены в различных газовых средах, а так же при различных соотношениях парциального давления рабочих газов.

На рисунке 1 показан типичный спектр при распылении Ti, TiOx и Ti-O-N.

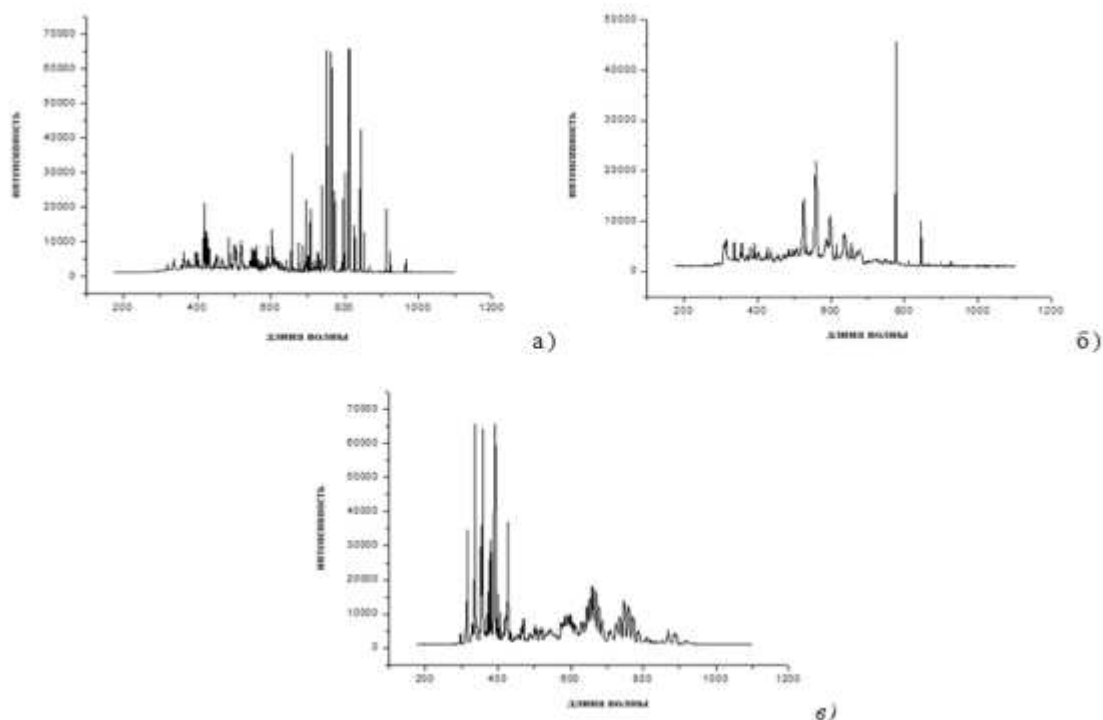


Рисунок 1. Оптические спектры плазмы магнетронного распыления титана в газовой среде Ar (а), O_2 (б) и N_2 (в)

В спектре плазмы на рисунке 1 присутствуют характерные линии испускания: аргона а) при 750,4, 763,5 и 810,4 нм; кислорода б) при 524, 558, 595, 777 и 848 нм; азота в) при 336,9 и 357,5 нм титана и азота в области 500-600 нм.

Для определения состояния поверхности мишени был изменен режим напыления с чистого металлического до чистого оксидного или нитридного. Для этого варьировался объемный расход газа с шагом 0,18 литра в минуту в случае кислорода и 0,25 литра в минуту в случае азота. На рисунке 2 представлены характерные изменения интенсивности линий от парциального расхода.

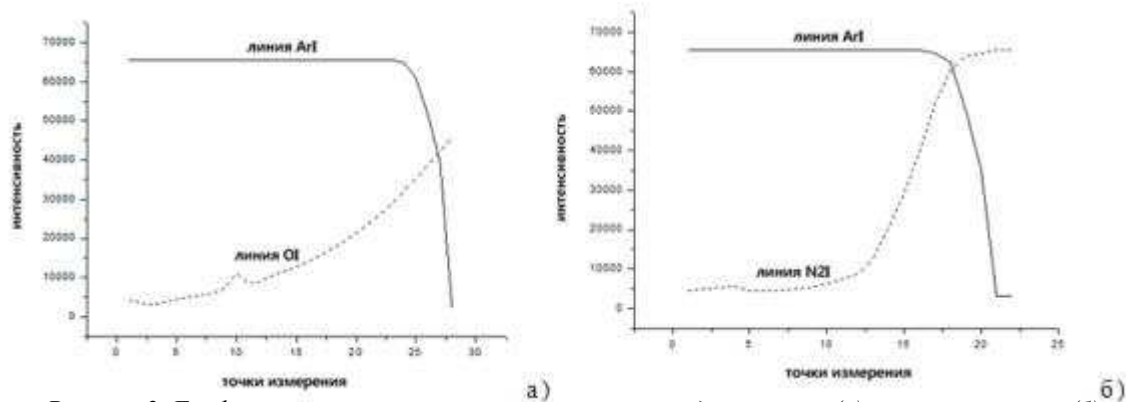


Рисунок 2. График зависимости интенсивности кислорода и аргона (а) и азота и аргона (б) то парциального давления

Как мы видим из рисунка 2, система переходит из металлического режима в оксидный только при значениях кислорода 4,6 литра в минуту, в нитридный при 4,7 литра в минуту.

Высокая скорость распыления мишени, длительный металлический режим в случае использования аргона как рабочего газа приводит к его неэффективному применению при получении реактивных покрытий оксида, нитрида и оксинитрида титана.

В результате исследования состава реактивного разряда плазмы, полученной при распылении мишени титана в атмосфере аргона, кислорода и азота определены характеристические линии. Переход системы из реактивного режима в металлический происходит при значениях аргона более 0,4 литра в минуту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chu P.K., Chen J.Y., Wang L.P., Huang N.// Mater. Sci. Eng., Rep. – 2002. – 36 (5– 6). – P. 143–206.
2. Koerner R.J., Butterworth L.A., Mayer I.V. et.al. // Biomaterials. – 2002. – 23. – P. 2835.
3. Gopinath Mania, Marc D. Feldmanb, Devang Patelb, C. Mauli Agrawal // Biomaterials. – 2007. – 28. – P. 1689–1710.
4. Subramanian B., Muraleedharan C.V., Ananthakumar R., Jayachandran M.// Surface & Coatings Technology . – 2011. – N. 205. – P. 5014–5020.
5. Effects of Added O₂ upon argon emission from an RF discharge. / J. B. Lounsbury // J. Vac. Sci. Technol. - 1969. – V. 6. – P. 836–842.
6. NIST Atomic Spectra Database <http://physics.nist.gov/>.