

**ЗАВИСИМОСТЬ РЕЖИМОВ ОСАЖДЕНИЯ ОКСИДА ТИТАНА ОТ ПАРАМЕТРОВ  
ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ МРС**

М. А. Андреева, Ю.Н. Юрьев

Научный руководитель: заведующий лабораторией кафедры ЭФ ТПУ, Ю. Н. Юрьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: [maa7@tpu.ru](mailto:maa7@tpu.ru)

**DEPENDENCE OF TITANIUM OXIDE DEPOSITION MODES AND PARAMETERS OF  
MAGNETRON SYSTEM POWER SUPPLY**

M. A. Andreeva, Y. N. Yurjev

Scientific Supervisor: Head of the Laboratory Department of EP TPU, Y. N. Yurjev

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

E-mail: [maa7@tpu.ru](mailto:maa7@tpu.ru)

***Abstract.** The article gives a look on researches of various parameters influence (power sources, oxygen flow, the pressure in the chamber and so on) on the magnetron sputtering system work using the method of titanium sputtering in the atmosphere of oxygen. The use of different power sources influences on the deposition rate and film properties*

**Введение.** Тонкоплёночные покрытия оксида титана вызывают повышенный интерес, прежде всего, благодаря их способности к супергидрофильности и фотокатализу. Например, керамическая плитка, оконное стекло и т.д. с такого рода покрытиями дольше не загрязняются и, более того, проявляют бактерицидность, что особенно актуально для медицинских учреждений [1]. Материалы с  $TiO_2$  покрытиями применяются в фильтрах для очистки воды и воздуха от органики и перспективны для промышленного катализа, преобразователей солнечной энергии, ликвидации загрязнений водных объектов, химической промышленности и оптике [2].

В настоящее время самым распространенным методом получения покрытий оксида титана является магнетронное распыление. Однако распыление титана в среде, содержащей кислород, приводит к ряду проблем, которые делают процесс осаждения нестабильным. Это приводит к существенному ухудшению качества получаемых плёнок.

Одним из таких эффектов является гистерезис параметров магнетронного разряда, который связан с резким переходом мишени от чистого в окисленное состояние и зависящий как от количества кислорода в камере, так и от параметров источника питания. В зависимости от того, в какой точке на гистерезисной кривой работает магнетрон, во многом зависят параметры покрытий оксида титана [3].

Таким образом, цель работы состоит в исследовании влияния параметров источника на гистерезисную характеристику МРС с дисковой мишенью.

**Материал и методика исследований.** Исследование гистерезисных характеристик осуществлялось на дисковом магнетроне с диаметром мишени 90 мм. Мишень толщиной 8 мм была выполнена из титана

марки ВТ-1-0. Остаточный вакуум составлял не хуже, чем  $8 \cdot 10^{-3}$  Па, рабочее давление составляло  $1 \cdot 10^{-1}$  Па. Поток аргона в рабочую камеру поддерживался постоянным  $10,66 \text{ см}^3/\text{мин}$ , а поток кислорода изменялся в диапазоне от 0 до  $24 \text{ см}^3/\text{мин}$ . Измерение зависимостей рабочего напряжения МРС от потока кислорода проводилось для различных источников питания: источника тока с частотой 134 кГц, источника напряжения с регулируемой частотой в диапазоне 0-100 кГц, а также импульсного сильноточного источника питания. У последнего помимо рабочей частоты изменялась длительность импульса.

**Результаты работы и обсуждение.** Гистерезисные характеристики в реактивном магнетронном разряде возникают вследствие разности свойств исходного материала мишени и его соединения с реактивным газом, в частности из-за различий в коэффициенте распыления чистого металла и его окисла. Поэтому так важны данные о коэффициентах распыления окислов или нитридов на поверхности мишени и их соотношения с коэффициентами распыления исходного материала мишени [4]. Зависимость напряжения разряда от потока кислорода для источника тока с рабочей частотой 134 кГц показана на рис. 1. Видно, что при использовании источника питания с частотой следования импульсов 134 кГц, переходные процессы начинаются при большем, чем поток аргона, потоке кислорода (16 и  $22,5 \text{ см}^3/\text{мин}$  для мощности 1,5 и 2,5 кВт соответственно). Увеличение мощности приводит к сдвигу переходной области в сторону больших потоков кислорода. Это связано с большей скоростью распыления титана, который, осаждаясь на стенках рабочей камеры, поглощает кислород, уменьшая тем самым его влияние на параметры плазмы.

На рис. 2 представлен результат, с использованием источника питания с регулируемой частотой

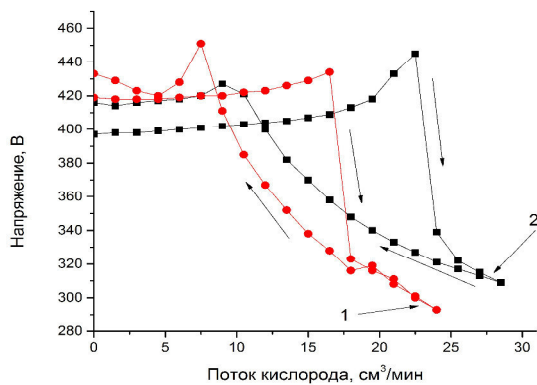


Рис. 1. Зависимость напряжения разряда от потока кислорода при стабилизированном токе: 1 –  $W = 1,5 \text{ кВт}$ ; 2 –  $W = 2,5 \text{ кВт}$

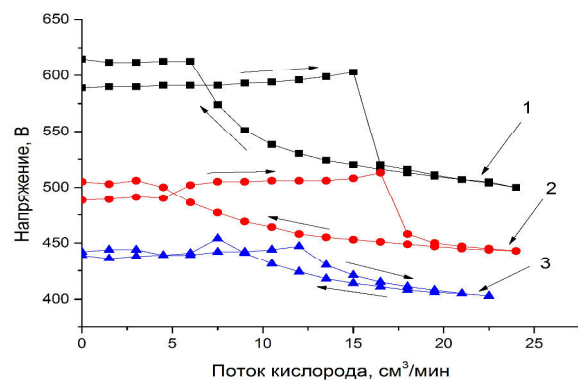


Рис. 2. Зависимость напряжения разряда от потока кислорода при стабилизированной мощности: 1 –  $f = 100 \text{ кГц}$ ; 2 –  $f = 40 \text{ кГц}$ ; 3 –  $f = 20 \text{ кГц}$

следования импульсов, мощностью 1,5 кВт и коэффициентом заполнения 80%. Видно, что увеличение частоты приводит к сдвигу гистерезисных петель в сторону более высоких напряжений. Это связано с особенностями формирования разряда при нарастании импульсов напряжения. Увеличение частоты также приводит к уширению петли гистерезиса и ее сдвигу в область больших потоков кислорода из-за увеличения импульсной мощности и скорости распыления титана.

Результаты, представленные на рис. 3, рис. 4, получены на сильноточном источнике питания. Из рис.3 видно, изменение длительности импульса при фиксированной частоте 1 кГц не оказывает

существенного влияния на форму кривых. При увеличении длительности происходит смещение петель гистерезиса в сторону меньших напряжений и больших потоков кислорода. На рис. 4 показаны кривые гистерезиса рабочего напряжения при постоянной частоте импульсов 5 кГц, при изменении их длительности.

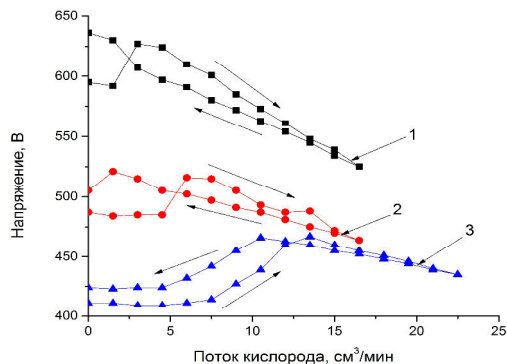


Рис. 3. Зависимость напряжения разряда от потока кислорода при распылении на стабилизации напряжения:

1 –  $\tau = 50$  мкс; 2 –  $\tau = 100$  мкс;  
3 –  $\tau = 250$  мкс.

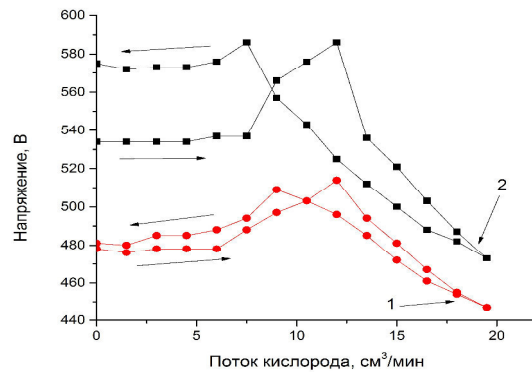


Рис. 4. Зависимость напряжения разряда от потока кислорода при распылении на стабилизации напряжения:

1 –  $\tau = 50$  мкс; 2 –  $\tau = 35$  мкс.

Видно, что в данном случае изменение длительности приводит к сдвигу кривых в область более низких напряжений и практически не влияет на поток кислорода, при котором начинаются переходные процессы. Так же было замечено, что при одинаковой длительности импульсов, и увеличении частоты кривые сдвигаются в область меньших напряжений и больших потоков кислорода.

**Заключение.** В результате проведенных исследований было установлено, что различные параметры источников питания: частота и длительность импульсов, а также особенности их формирования вносят вклад в гистерезис рабочего напряжения разряда, что может оказать воздействия на фотокаталитические свойства пленки. Так увеличение мощности и частоты разряда чаще всего приводит к смещению кривых в область больших потоков кислорода и сторону больших напряжений. Увеличение длительности импульсов при фиксированной частоте сдвигает кривые в сторону меньших напряжений и большего потока кислорода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нарцев В.М., Прохоренков Д.С., Осипенко Н.В., Зайцев С.В., Евтушенко Е.И. Исследование свойств  $TiO_x$  покрытий, формируемых с использованием вакуум – плазменных технологий // *Фундаментальные исследования*. – 2012. – № 11. – 1195 – 1200.
2. Савинов Е.Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха // *Соросовский образовательный журнал*. – 2000. – Т. 6. – № 11. – 52 – 56.
3. Sidelyov D. V., Yurjev Y. N. (2014). The Reactive Deposition of  $TiO_x$  Thin Films. *J.: Advanced Materials Research*, pp. 748-752.
4. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением. – М.: Техносфера, 2014. – 23.