

**ОСАЖДЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ТИТАНА С ПОМОЩЬЮ
ДУАЛЬНОЙ МРС**

Д.В. Киселева, К.С. Михневич, Ю.Н. Юрьев

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

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: dariyakiseleva@gmail.com

DEPOSITION OF THE BARRIER LAYERS OF TITANIUM NITRIDE WITH DUAL MSS

D.V. Kiseleva, K.S. Mihnevich, Y.N. Yurjev

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

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

E-mail: dariyakiseleva@gmail.com

Annotation. The titanium nitride (TiN) thin films of polycrystalline structure (110), (200) and (220) with elastic modulus 153.2...395.7 GPa were obtained by means of magnetron sputtering of titanium cathode in argon and nitrogen. The electrical resistance of the samples is in the range of 0.15 ... 1.24 mΩ·cm. The effects of phase composition, microstructure, morphology and physical-mechanical properties of TiN on d_{s-t} and N_2 flow rate are presented.

Введение. Благодаря уникальному сочетанию свойств: высоких показателей твердости и упругости, температуростойкости и химической инертности, высокой электропроводности, нитрид титана имеет большие перспективы при использовании его качестве диффузионных барьеров металлизационной системы интегральных схем [1].

Использование дуальной магнетронной распылительной системы (МРС) для получения пленок нитрида титана позволяет получать покрытия без капельной фракции, с высокими функциональными характеристиками при скоростях осаждения, сравнимых с методом дугового испарения [2].

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты по исследованию структуры и физико-механических свойств проводящих покрытий TiN, полученных при помощи дуальной МРС в среде Ar и N_2 .

Материал и методика исследований. Осаждение покрытий нитрида титана осуществлялось на ионно-плазменной установке «Яшма-5» с использованием дуального магнетрона с замкнутой конфигурацией магнитного поля (размер титановой мишени 200x94 мм²) [3]. Были получены образцы пленок толщиной 0,4 мкм на подложках из монокристаллического Si. Поток аргона в рабочую камеру поддерживался постоянным (31 см³/мин.), а поток азота изменялся в диапазоне 15-55 см³/мин. Источник питания работал в режиме ограничения мощности, рабочая частота составляла 66 кГц. Соответствие номера образца режиму его осаждения показано в табл.1. Расстояние между плоскостью мишени и подложкой (d_{s-l}) изменялось и составляло 5 и 10 см.

Исследования фазового состава образцов производились при помощи рентгеновского дифрактометра Shimadzu XRD-7000S (ускоряющая трубка Cu-K α , 30 кВ и 30 мА). Изучение морфологии поверхности и микроструктуры покрытий происходило при помощи ACM (Solver HV) с использованием поликремниевых зондов NSG11 с радиусом закругления 20-40 нм.

Таблица 1

Режимы осаждения пленок TiN

Номер образца	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
d_{s-t} , мм	100						50				
Q (N $_2$), см 3 /мин	15	23	26	33	40	52	15	23	26	33	52

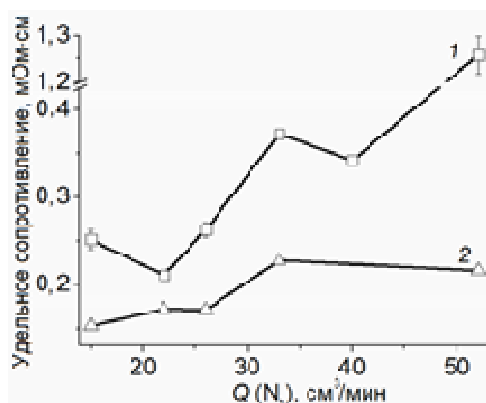


Рис. 1. Электросопротивление пленок TiN:
1 – 100 мм; 2 – 50 мм

Результаты работы и обсуждение. Зависимость удельного сопротивления пленок нитрида титана от потока азота показана на рис. 1. Видно, что с его увеличением удельное сопротивление пленок растет. Это может быть связано с увеличением количества дефектов, на которых рассеиваются электроны проводимости. Это согласуется с результатами, полученными в других работах, например, в [4]. Максимальное значение ρ соответствует образцу, полученному при осаждении в среде чистого азота при d_{s-t} , равном 10 см. В случае, когда $d_{s-t} = 5$ см, пленки TiN обладают меньшим электросопротивлением, что обусловлено более

совершенной структурой покрытия. Это может быть связано с увеличением воздействия ионов на растущую пленку, что делает ее более плотной. Кроме того, при меньшем расстоянии может происходить отжиг покрытия.

На рис. 2 представлены результаты рентгеноструктурного анализа. Спектры исследуемых пленок свидетельствуют о содержании в них нитрида титана исключительно с кубической решеткой. Наибольшие рефлексы наблюдаются по кристаллографическим направлениям (111), (200), (220), в то время как рефлексы (222) и (311) проявляются слабо.

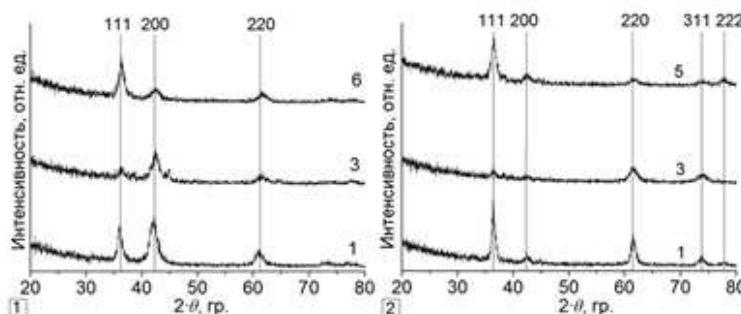


Рис. 2. Дифракционные спектры пленок TiN: а – 100 мм; б – 50 мм

Осаждение образцов в среде чистого азота обуславливает рост пленки с преобладанием кристаллографического направления (111). Однако при распылении катода в смешанной среде азота и аргона происходит рост пленки нитрида титана по разным кристаллографическим направлениям.

При уменьшении расстояния d_{s-t} между мишенью и подложкой рефлекс (220) увеличивается, а рефлекс (200) снижается. Это обусловлено повышением температуры подложки в процессе роста пленки, что согласуется с результатами работы [5].

Оценка размеров кристаллитов из ширины рентгеновских линий дает средние значения в диапазоне 8–15 нм, что свидетельствует о мелкозернистой структуре исследуемых образцов. Значения параметра решетки (4,22...4,25 Å) хорошо коррелируют с данными для стехиометрического нитрида титана [5].

При меньшем расстоянии d_{s-t} между мишенью и подложкой формирование нитридной пленки

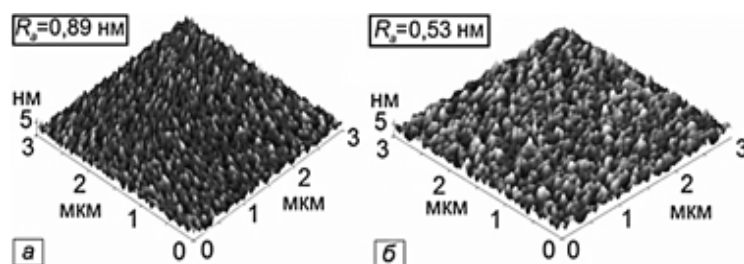


Рис. 3. АСМ-фотографии поверхности пленок TiN: а – образец 1-1; б – образец 2-1

происходит при более интенсивном воздействии ионов на конденсирующееся покрытие, что обуславливает вытравливание межзеренной структуры и распыление пиков на растущей пленке. Полученные данные АСМ хорошо коррелируют с результатами рентгеновской

дифракции. Значения шероховатости исследуемых образцов составляют 0.53-0.7 нм.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что более низкими значениями удельного электросопротивления обладают пленки нитрида титана, полученные при $d_{s-t} = 5$ см и значениях потока азота 15-22 см³/мин. По данным рентгеновской дифракции в исследуемых образцах обнаружены фазы нитрида титана кубической структуры, интенсивность рефлексов существенно изменялась в случае $d_{s-t} = 5$ см. Использование дуальной МРС, обеспечивающей большую степень ионного воздействия на подложку, позволяет снизить микронапряжения в растущей пленке. Уменьшение d_{s-t} приводит к изменению морфологии поверхности за счет вытравливания межзеренной структуры ионами плазмы, снижению числа пиков на поверхности и их закруглению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S.-Diamand Y. Barrier layers for Cu ULSI metallization // J. Electron. Mater. – 2001. – v.30. – №4. – p.336- 344
2. Iacopi F. et al. Factors affecting an efficient sealing of porous low-k dielectrics by physical vapor deposition TaN thin films // J. Appl. Phys. – 2002. – v.92. – №3. – p.1548 – 1554
3. Yurjev Y.N., Sidelev D.V. Technological Peculiarities of Deposition Anti-Reflective Layers in Low-E Coatings // Journal of Physics: Conference Series. – 2013. – v. 479. – № 1. Article Number - 012018. p. 1-4.
4. Meng Li-Jian, dos Santos M.P. Characterization of Titanium Nitride Films Prepared by D.C. Reactive Magnetron Sputtering at Different Nitrogen Pressures // Surface and Coatings Technology. – 1997. – v. 90. – p. 64-70.
5. Nishat Arshi and all. Study on Structural, Morphological and Electrical Properties of Sputtered Titanium Nitride Films under Different Argon Gas Flow // Materials Chemistry and Physics. – 2012. – № 134. – p. 839-844.