

Литература

1. *Подденежный Е. Н., Бойко А. А.* Золь-гель синтез оптического кварцевого стекла. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого. 2002. 210 с.
2. Нестационарная импедансная спектроскопия композитов Si/SiO₂ до порога протекания / *Поклонский Н. А., Горбачук Н. И., Потоцкий И. В., Трофимчук Д. А.* // Тез. докл. «Кремний-2003», Москва, 26–30 мая 2003 / М.: МИСиС, 2003. С. 249–251.
3. *Efros A. L., Shklovskii B. I.* Critical behavior of conductivity and dielectric constant the metal-non-metal transition threshold // *Phys. stat. sol. (b)*. —1976. V. 76, No 2. P. 475–485.
4. Физические величины: Справочник / Под. ред. *И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова*. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАДИЕНТНЫХ ПОКРЫТИЙ Ti-Cr-N

Е. В. Ухова

В настоящее время для защиты машин и механизмов и улучшения качества инструментов перспективным является использование тройных нитридных систем на основе переходных металлов [1]. Так как состав этих покрытий можно варьировать в широком диапазоне, то свойства, такие как упругость, твердость, устойчивость к коррозии могут быть управляемы, чтобы оптимизировать общие характеристики покрытия. Более того, эти покрытия часто демонстрируют мелкозернистую и деформированную структуру, что приводит к высокой твердости пленок. Переход от тройных систем с постоянным составом к градиентным тройным покрытиям с переменной концентрацией элементов, как на межфазной границе, так и внутри покрытия позволят повысить адгезию и улучшить механические свойства.

Поэтому целью данной работы являлось исследование распределения по глубине элементного состава покрытий Ti-Cr-N, сформированных методом вакуумно-дугового осаждения.

Градиентные системы Ti-Cr-N формировались методом конденсации из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности образцов при совмещении плазменных потоков титана и хрома переменной плотности в остаточной атмосфере азота [2]. Покрытия осаждались на углеродистую сталь Ст3 (<0.18 вес. % С) и монокристаллическую подложку Si (100). Перед осаждением поверхность подложек обрабатывалась ионами хрома в течение одной минуты при потенциале подложки – 1 кВ, токе дуги хромового катода 100 А и давлении в камере 10⁻³ Па. Хром был выбран для ионной очистки в связи с хорошей адгезией его со стальной подложкой. Данная обработка обеспечивала нагрев подложек до температуры 450 °С. Покрытия формировались при изменении токов

горения дуг хромового и титанового катодов (от 50 до 100 А), а давление газа азота в вакуумной камере было 10^{-1} Па. Параметры нанесения покрытий представлены в таблице.

Элементный состав тройных систем Ti-Cr-N исследовался методом оже-электронной спектроскопии (ОЭС) и вторично-ионной масс-спектрографии (ВИМС). Трибологические свойства покрытий изучались на pin-on-disk трибометре.

Таблица

Параметры предварительной обработки и нанесения покрытий Ti-Cr-N

№	Предварительная обработка ионами хрома	Осаждение покрытия			
		U _{оп} , В	P _N , 10 ⁻¹ Па	Изменение токов горения дуг	
				I _{Ti} , А	I _{Cr} , А
1	U _{оп} = -1 кВ, P = 10 ⁻³ Па	-120	1	100	100
2		-120	1	50-100	100-50
3		-120	1	-	100-50

Проведенные исследования полученных покрытий при сочетании ВИМС и ОЭС методов показали, что формируется градиентное покрытие переменного состава, который можно выразить формулой $(Ti_xCr_{1-x})N$ ($0,60 < x < 0,84$). При этом концентрация титана и хрома изменяется непрерывно с толщиной покрытия. Установлено, что наблюдается корреляция между режимами осаждения (изменением токов титана и хрома) и поведением концентрации этих элементов с глубиной. Во втором режиме осаждения ток горения дуги титана увеличивается, а хрома уменьшается, соответственно этому концентрация титана возрастает, а хрома убывает (рис. 1). При этом концентрация азота остается постоянной и составляет около 50 ат. %.

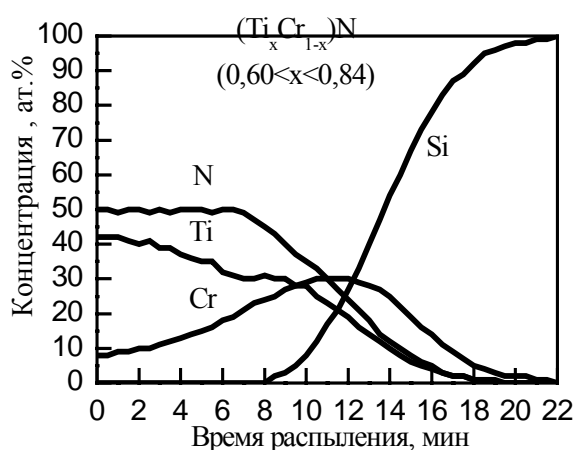


Рис.1. Концентрационные профили элементов (ОЭС) в покрытии $(Ti_xCr_{1-x})N$, $0,6 < x < 0,84$ (режим 2)

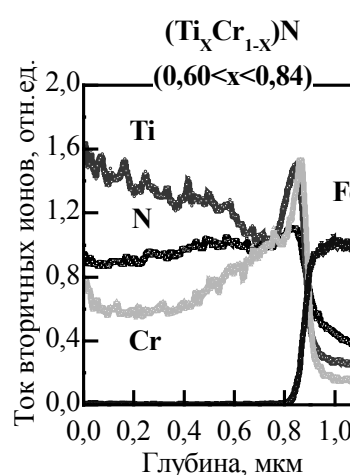


Рис.2. Концентрационные профили элементов (ВИМС) в покрытии $(Ti_xCr_{1-x})N$, $0,6 < x < 0,84$ (режим 2)

На границе покрытие-подложка наблюдается повышение концентрации хрома, что свидетельствует о формировании переходного богатого хромом слоя (образуются силициды хрома).

Так как происходит наложение оже-пиков титана и азота, и при построении концентрационных профилей этих элементов возникают трудности их разделения, то дополнительно были проведены исследования распределения элементов в покрытии методом ВИМС. Установлено, что результаты ВИМС исследований (рис.2) хорошо согласуются с данными, полученными методом ОЭС. Из рисунка видно, что с ростом толщины покрытия ток вторичных ионов для титана увеличивается, а для хрома уменьшается, при этом хорошо заметно, что для азота ток вторичных ионов постоянный. Кроме того, так как ОЭМ-исследования проводились для покрытий сформированных на кремниевой подложке, а ВИМС для покрытий на стальной подложке, то сравнивая рисунки 1 и 2, можно сделать вывод, что на распределение элементов по глубине подложка не оказывает значительного влияния.

Результаты трибологических исследований сформированных покрытий представлены на рис.3. Показана зависимость коэффициента трения от числа циклов трения. Наибольший коэффициент трения имеет покрытие $\text{CrN}_{0,28}$. Возможно, это связано с наличием большой капельной фазы на поверхности покрытия, а также меньшей твердостью образца. Коэффициент трения тройного покрытия с постоянным составом получился меньше чем для $\text{CrN}_{0,28}$, что может быть связано меньшей зернистостью и более высокой твердостью тройных покрытий по сравнению с бинарными системами [1]. Также наблюдалось уменьшение коэффициента трения градиентных систем Ti-Cr-N по сравнению с покрытиями постоянного состава $\text{Ti}_{0,56}\text{Cr}_{0,44}\text{N}$. Это связано с образованием плотной, мелкозернистой структуры градиентной системы Ti-Cr-N, а также ее твердость превосходит твердость покрытий постоянного состава.

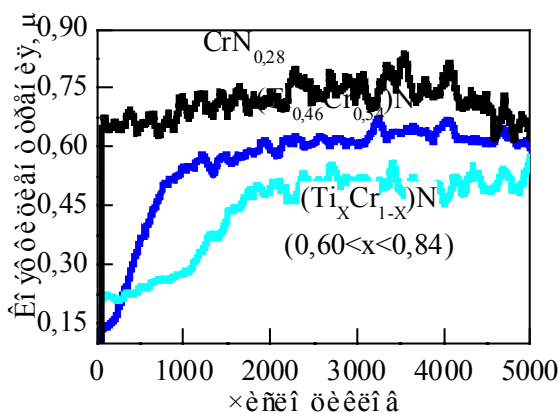


Рис.3. Зависимость коэффициента трения от числа циклов трения

Таким образом, методом конденсации из плазменной фазы при совмещении потоков переменной плотности была синтезирована градиентная по составу система $(\text{Ti}_x\text{Cr}_{1-x})\text{N}$ ($0,60 < x < 0,84$).

Установлено, что наблюдается корреляция между режимами осаждения (изменением токов ти-

тана и хрома) и поведением концентраций этих элементов с глубиной.

Коэффициент трения системы $(\text{Ti}_x\text{Cr}_{1-x})\text{N}$ ($0,60 < x < 0,84$) меньше, чем коэффициент трения покрытия $\text{CrN}_{0,28}$. Также наблюдалось уменьшение коэффициента трения градиентной системы по сравнению с покрытиями постоянного состава $\text{Ti}_{0,56}\text{Cr}_{0,44}\text{N}$.

Литература

1. *Xianting Zeng, Sam Zhang, Joe Hsieh* Development of graded Cr-Ti-N coatings // *Surface and Coatings Technology*. 1998. № 102 С. 108–112.
2. *Анищук В.М., Углов В.В., Злоцкий С.В.* Градиентные покрытия Ti-Cr-N: структура и механические свойства // *Перспективные материалы*. 2004. № 2. С. 60–64.

РОЛЬ ОКСИДА АЗОТА В ДЕЗАГРЕГАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ

Е. В. Шамова

Оксид азота (NO) играет значительную роль в гемостазе благодаря регуляции функциональной активности тромбоцитов. Это особенно важно для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, во время которых повышенное тромбообразование может приводить к закупорке сосудов и, таким образом, серьезным осложнениям состояния больных. При лечении используют лекарства (нитропруссид, нитроглицерин, кардикет и др.), являющиеся донорами NO. В настоящее время известно каким образом NO ингибирует агрегацию тромбоцитов. Основной механизм связан с уменьшением концентрации внутриклеточного кальция за счет активации растворимой гуанилатциклазы (pГЦ) и образования циклического гуанозинмонофосфата (цГМФ) [1]. Однако неизвестно действует ли NO на уже сформировавшиеся тромбоцитарные агрегаты и способен ли вызвать дезагрегацию. Поэтому целью данной работы стало изучение роли доноров NO (нитропрусида и L-аргинина) в дезагрегации тромбоцитов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Донорскую кровь, стабилизированную цитратом, брали на Республиканской станции переливания крови (Минск, Беларусь). Обогащенную тромбоцитами плазму (ОТП) получали центрифугированием крови при 200 g в течение 10 мин при комнатной температуре, бестромбоцитарную плазму получали центрифугированием крови при 2000 g в течение 15 мин. Количество тромбоцитов в ОТП доводили до $2,5 \times 10^8$ кл/мл разбавлением бестромбоцитарной плазмой.

Агрегацию и дезагрегацию тромбоцитов исследовали с применением компьютеризированного анализатора агрегации тромбоцитов AP2110