

щения $\Delta\lambda > 0$, а низкоширотные – упреждать ($\Delta\lambda < 0$). Противоположные $E - W$ смещения вспышек интерпретируются как эффект абберации вспышечных возмущений. Угол абберации β , $\text{tg } \beta = [V(\varphi) - V(\varphi_0)]/C$, где C – скорость возмущения, $V(\varphi)$, $V(\varphi_0)$ – скорости групп на широтах φ , φ_0 . По эффекту абберации вспышек определена скорость «агента» – 1-2 км/с. Это имеет следствия в отношении моделей вспышек. В случае внутреннего источника энергии (магнитное поле), распределение вспышек при усреднении по многим группам должно быть изотропным, $R(j, t) = 0$. Фактически вектор-диаграмма $R(j, t)$ носит неслучайный характер. Следовательно, от середины диаграммы «бабочек» исходит некоторый возмущающий «агент», который, вызывает смещения вспышек. В соответствии с гипотезой [1], наряду с внутренней причиной следует принимать во внимание и внешней источник энергии во вспышках.

Список литературы

1. Kasinsky V.V. // *Astronomical and astrophysical Transactions. Gordon and Breach sci. publish.* – 1999. – Vol. 17. issue 5. – P. 341–350.
2. *Quarterly Bulletin on Solar Activity // Zurich, UNESCO.* – 1935–1976.

Зависимость микротвердости покрытия от тока дуги

Композиционное покрытие	Ток дуги испарителя, А				Микротвердость по Виккерсу, HV			
	30	50	70	90	144,2	136,9	135,9	134,6
Zn–Cu–Al	30	50	70	90	144,2	136,9	135,9	134,6
Cr–Mn–Si–Cu–Fe–Al	30	50	70	90	136,5	133,8	137,3	133,1
Zn–Al	30	50	70	90	136,5	138,6	137,1	142,4
Fe–Al	30	50	70	90	144,3	134,0	140,0	138,5

Из приведенных результатов видно, что, в большинстве случаев, с увеличением тока дуги испарителя – микротвердость уменьшается. Это связано с тем, что с увеличением тока дуги испарителя толщина покрытия возрастает довольно быстро, а это приводит, в свою очередь, к увеличению плотности дислокаций в формируемом покрытии. В тоже время для получения антифрикционных покрытий их микротвердость должна быть минимальной, в отличии от наноструктурируемых сверхтвердых покрытий.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований МОН РК. Грант 1034 ФИ.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

Юров в.м., Гученко С.А., Ибраев Н.Х.,
Хуанбай Е.

*Карагандинский государственный университет
им. Е.А. Букетова, Караганда e-mail: exciton@list.ru*

Для нанесения нанопокрывтий используются следующие основные технологические подходы:

1) осаждение покрытий в условиях ионного ассистирования;

ВЛИЯНИЕ ТОКА ДУГИ ИСПАРИТЕЛЯ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х.,
Хуанбай Е.

*Карагандинский государственный университет
им. Е.А. Букетова, Караганда e-mail: exciton@list.ru*

Баланс мощности, выделяющийся на электродах вакуумно-дуговых испарителей, имеет существенное значение. Увеличение тока разряда дуги приводит к увеличению толщины покрытия, однако при возрастании тока свыше 130 А снижается совершенство структуры и резко повышается количество капельной фазы, которая является причиной снижения прочности сцепления подложки с покрытием. При малой мощности разряда (ток дуги < 20-30 А) из-за уменьшения коэффициента ионизации плазмы в пленку «замуровываются» нейтральные частицы реакционного газа и катода, что способствует повышению концентрации дефектов покрытия. Проведенные нами исследования микротвердости покрытий при различных значениях тока приведены в таблице.

- 2) осаждение многослойных покрытий со слоями нанометрической толщины;
- 3) осаждение многофазных покрытий;
- 4) комбинация перечисленных способов.

Нами использовалось осаждение многофазных покрытий в условиях ионного ассистирования на установке ННВ-6.6 И1. Температура подложки контролировалась хромель – алюмелевой термопарой. Микротвердость определялась на установке фирмы Galileo. Результаты исследований приведены в таблице.

Зависимость микротвердости покрытия от температуры подложки.

Композиционное покрытие	Температура подложки, °С			Микротвердость покрытия, ГПа		
	350	400	450	36	42	37
Zn–Cu–Al	350	400	450	36	42	37
Cr–Mn–Si–Cu–Fe–Al	350	400	450	54	63	55
Zn–Al	350	400	450	41	47	42
Mn–Fe–Cu–Al	350	400	450	38	44	36

Оптимальная температура подложки для всех композиционных покрытий оказалась равной около 400 °С. Измельчение зерновой структуры материала покрытия с увеличением температуры подложки сопровождается ростом твердости до некоторого критического средне-

го размера нанозерна. Снижение твердости при дальнейшем уменьшении среднего размера зерна в покрытии происходит из-за проскальзывания по межзеренным границам (ротационный эффект). В этом случае для дальнейшего повышения твердости требуется затормозить процесс скольжения по межзеренным границам. Такое торможение может быть достигнуто за счет формирования соответствующей наноструктуры с упрочнением межзеренных границ.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований МОН РК. Грант 1034 ФИ.

КВАЗИКЛАССИЧЕСКОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ В ТЕОРИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЙ

Юров В.М.

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда e-mail: exciton@list.ru

Мы рассмотрели поток электронов, как замерзающую жидкость, находящуюся в цилиндрической трубке, ось которой z направлена вдоль движения. Нестационарное уравнение Лапласа для плотности потока электронов $j(r, z, t)$ (при его изменении вдоль оси и по радиусу) в подвижной цилиндрической системе координат, движущейся по закону $b(t)$, ось z которой направлена по оси цилиндра радиусом R , имеет вид:

$$\frac{\partial j(r, z, t)}{\partial t} = a^2 \left[\frac{\partial^2 j(r, z, t)}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial j(r, z, t)}{\partial r} \right) \right],$$

где a – коэффициент квантовой диффузии.

Начальное и граничные условия имеют вид:

$$j(r, z, t)|_{t=0} = \phi(r, z),$$

$$j(r, z, t)|_{r=R} = \gamma(z, t),$$

$$j(r, z, t)|_{z=0} = \gamma_1(r, t),$$

$$j(r, z, t)|_{z=\beta(t)} = \gamma_2(r, t).$$

Функции $b(t)$, $\phi(r, z)$, $\gamma(z, t)$, $\gamma_1(r, t)$, $\gamma_2(r, t)$ будем считать непрерывными, причём $b(0) \neq 0$. Решение задачи ищем в виде (J_0 – функция Бесселя):

$$j(r, z, t) = \sum_{k=0}^{\infty} \bar{\rho}_k(z, t) J_0(\lambda_{0k} r).$$

При больших t мы получили:

$$j(r, z, t) = \frac{a^3}{\pi^2} J_0 \left(\frac{2r}{R} \right) \cdot \frac{t}{z\beta(t)} = \text{const} \cdot J_0 \left(\frac{2r}{R} \right) \cdot \frac{1}{\beta(t)},$$

где $\text{const} = a^3 / \pi^2 V_{cp}$, $z = V_{cp} t$, V_{cp} – средняя скорость электрона.

Из уравнения следует, что поверхностный ток распадается, образуя зоны энергий поверхностных состояний, которые быстро уменьшаются вглубь кристалла. Наша модель похожа на модель Шокли, но содержит большее число экспериментальных параметров.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований МОН РК. Грант 1034 ФИ.

СВЯЗЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МЕТАЛЛА С РАБОТОЙ ВЫХОДА ЭЛЕКТРОНОВ

Юров В.М., Гученко С.А., Ибраев Н.Х., Хуанбай Е.

Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова, Караганда e-mail: exciton@list.ru

Для коэффициента сухого трения нами получено:

$$k_{тр} = C \cdot T \cdot (A / V_k) \cdot \bar{N}, \quad (1)$$

где A – работа (энергия) разрушения контактов (шероховатостей поверхности); T – температура, V_k – работа выхода электронов с поверхности металла; \bar{N} – среднее число элементарных носителей разрушения (пропорциональное числу контактов); C – постоянная. В табл. 1 приведены значения работы выхода электронов из металлов, которые позволяют сделать оценку компонент сухого статического трения и трения скольжения.

Таблица 1

Работа выхода электронов из некоторых металлов

Металл	V_k , эВ
Алюминий	4,25
Вольфрам	4,54
Железо	4,31
Медь	4,4
Никель	4,5
Олово	4,39
Платина	5,32
Серебро	4,25
Цинк	4,54

В табл. 2 приведены значения коэффициентов сухого трения для разнородных пар/

Таблица 2

Коэффициенты сухого трения для разнородных пар наиболее распространенных материалов

Комбинации материалов		Коэффициент сухого трения
Алюминий	Низкоуглеродистая сталь	0,61
Латунь	Сталь	0,35
Кадмий	Хром	0,41
Медь	Низкоуглеродистая сталь	0,53
Никель	Низкоуглеродистая сталь	0,64
Карбид вольфрама	Медь	0,35

Сравнение табл. 1 и 2 и формула (1) показывают значительное снижение коэффициента