

- [3] Аскарьян Г.А., Батанов Г.М., Коссы И.А. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 8. С. 18-23.
- [4] Гуревич А.В. // УФН. Т. 132. С. 685-689.
- [5] Борисов Н.Д., Гуревич А.В., Милих Г.М. Искусственная ионизированная область в атмосфере. М.: ИЗМИРАН, 1985. 184 с.
- [6] Аскарьян Г.А., Батанов Г.М., Коссы И.А., Костинский А.Ю. // ДАН СССР. 1988. Т. 302. № 3. С. 566-570.
- [7] Ларин В.Ф., Румянцев С.А. // Письма в ЖТФ. 1989. Т.15. В. 6. С. 87-90.
- [8] Asgaryan G.A., Batanov G.M., Kossyi I.A. Chemical and optical changes in the air during microwave discharges. Nonlinear World. Proc. of the IV Int. Workshop on Nonlinear and Turbulent Processes in Physics. Kiev, Naukova Dumka. 1989. V. 2. P. 65-68.
- [9] Александров Н.Л., Высокляйпо Ф.И., Исламов Р.Ш. и др. // ТВТ. 1981. Т. 19. В. 3. С. 485-489.
- [10] Iannuzzi M.P., Jeffries J.B., Kaufman F. // Chem. Phys. Lett. 1982. V. 87. N 6. P. 570-574.
- [11] Спонецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме. М.: Наука, 1980. 312 с.
- [12] Гибалов В.И., Самойлович В.Г. // ЖФХ. 1986. Т. 60. В. 8. С. 1841-1853.
- [13] Кочетов И.В., Мишин Е.В., Тепегин В.А. // ДАН СССР. 1986. Т. 291. № 6. С. 1351-1354.
- [14] Eliasson B., Kogelhatz U. // J. de chimie physique. 1986. V. 83. N 4. P. 279-282

Институт общей физики АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
2 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 12

26 июня 1990 г.

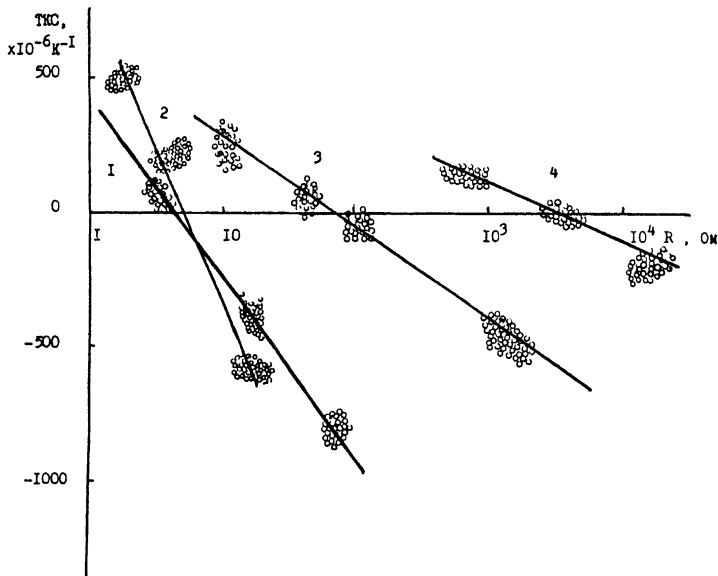
05.2

© 1990

КОРРЕЛЯЦИЯ МУИДЖИ ДЛЯ РЕАКТИВНО НАПЫЛЕННЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК ХРОМА

А.К. Бутыпенко, В.А. Зражевский,
А.Я. Вовк

Корреляция Муиджи (КМ) [1] устанавливает взаимосвязь величины удельного электросопротивления ρ разупорядоченных сплавов переходных металлов со знаком и величиной их температурного коэффициента сопротивления (ТКС). При $\rho < \rho_K$ ($\rho_K -$



Зависимость ТКС пленок, полученных вакуумно-дуговым распылением хрома в воздухе (1), азоте (2), смеси аргон + кислород (25 %) - (3 : 4). Общее давление $9 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст. - (1-3) и $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст. - (4).

критическое значение $100 \dots 150 \text{ мкОм} \cdot \text{см}$, при котором $\text{TKC}=0$). ТКС всегда положительна, при $\rho > \rho_k$ - отрицательна. КМ обоснована теоретически [2] и подтверждена для высокоомной области ρ на сплавах *Cr-Al* [3], *Fe-Si* [4] и оксидах [5].

Представляло интерес проверить выполнение КМ в тонких пленках, полученных реактивным распылением (РР) одного металла (хрома). РР хромового катода мишени (диаметром 90 мм) проводилось вакуумно-дуговым способом. Пленки осаждались на ненагретые керамические заготовки резисторов С2-23, 0,25 Вт (500 шт. в партии) в среде аргона, азота, воздуха, в смеси аргона с кислородом и в кислороде при общем давлении $9 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст. и токе дуги 125 А. Длительность РР составляла 1,5, 3, 5, 10 и 15 минут. Измерение толщины пленок-свидетелей проводилось на микроскопе МИИ-4 с погрешностью измерения $\Delta d \pm 140 \text{ нм}$. При этом какая-либо тенденция изменения толщины пленок, напыленных в различных газовых средах в течение одинаковых интервалов времени, не отмечена. Установлено, что толщина пленок пропорциональна времени напыления при средней скорости осаждения пленки 15 нм/с .

В связи с неизменной площадью и формой подложек измерялось сопротивление резисторов R (а не ρ) и ТКС. Измерения проводились на ТКС-метре (группами по 30...50 шт.) в интервале температур от 293 до 373 К. В более широком интервале температур: от 100 до 600 К измерения R и ТКС проводились четырехточечным методом с записью данных на 2-х координатном приборе ПДП4-002.

Результаты измерения представлены на рис. 1 (в логарифмическом масштабе) в виде линий, пересекающих область ТКС ≈ 0 при значении $R=R_K$. На рисунке не приведена зависимость, полученная в чистом аргоне, т.к. для заданных времен напыления пленки чистого хрома имели малые значения R при больших положительных ТКС, что согласуется с [6]. Для других исследованных сред значения R_K зависят от состава газовой среды и возрастают при его изменении в последовательности: воздух \rightarrow азот \rightarrow смесь аргона с кислородом (25 % по объему, при разных общих давлениях) \rightarrow чистый кислород. Исходя из измеренной топщины и сопротивления пленок, произведена оценка ρ_K . Она составила для приведенной выше последовательности газовых сред соответственно 200; 230; 12000; 135000 мкОм·см. В чистом кислороде получен диэлектрик.

Рентгенографические исследования (установка ИРИС-МЗ, рентгенкамера РКУ-114М, излучение $Cr-K_{\alpha}$, графитовый монохроматор, методика [7]) пленок-свидетелей, напыленных в указанных средах на пластинки поликора, показали:

- в среде аргона в структуре пленки отмечается только ОЦК-фаза хрома;

- в воздухе - текстурированная высоконапряженная структура (сильное размытие линий рентгенограмм) с преобладанием оксида Cr_2O_3 в смеси с нитридом CrN и аморфная фаза (фон на малых углах);

- в среде азота обнаружены две фазы: преобладающая фаза нитрида Cr_2N и ОЦК-хром;

- в смеси аргон + кислород (25 %) в структуре пленки наблюдаются напряженный ОЦК-хром и оксид Cr_2O_3 ;

- в чистом кислороде обнаружены Cr_2O_3 и аморфная фаза.

Таким образом, в той последовательности, в которой растет R резисторов, металлическая ОЦК-фаза хрома вытесняется непроводящим оксидом и (или) нитридом - при наличии азота. При этом зависимость ТКС от R , подобная КМ, сохраняется для всех наблюдаемых сочетаний кристаллических фаз во всем интервале изменения R от металлической проводимости до диэлектрика. Определяющими для наблюдаемой зависимости ТКС от R являются, по-видимому, процесс формирования структуры пленки и размерные факторы, которые влияют на механизм электропереноса в пленке.

- [1] M o o i j J.H. // Phys. Stat. Sol. (a). 1973. V. 17. N 2. P. 521-530.
- [2] J a y a n n a v a r A.M., K u m a r N. // Phys. Rev. B. 1988. V. 37. N 1. P. 573-576.
- [3] S o n n t a g J., V o i g t m a n n R., E d e l m a n n J. // Thin Sol. Films. 1988. V. 165. N 1. P. 11-19.
- [4] G y r o m S., B r i o n e s F., V i c e n t J.L.// Phyl. Mag. B. 1987.. V. 56. N 4. P. 449-456.
- [5] R a o C.N.R., G r a n g u l y P. In: Localization and Metal Insulator Transitions. New York: Plenum, 1985. P. 53.
- [6] E l-H i t y M.A., A h m e d M.A., E l-S h a b a s y M. // J. Mater. Sci. Lett. 1989. V. 8. N 3. P. 329-333.
- [7] Г а о К., Х ь ю э т т Ч.А. // Приб. науч. иссл. 1987. № 2. С. 48-51.

Институт металлофизики
АН УССР, Киев:

Поступило в Редакцию
28 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 12

26 июня 1990 г.

03; 04; 05.1; 05.3

© 1990

ОСОБЕННОСТИ НЕОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ СВЕРХСКОРОСТНЫХ УДАРНЫХ КРАТЕРОВ

Э.М. Д р о б ы ш е в с к и й, Б.Г. Ж у к о в,
С.И. Р о з о в, В.М. С о к о л о в,
Р.О. К у р а к и н, М.А. С а в е л ь е в

Динамика осесимметричных выбросов из взрывных и высокоскоростных ударных кратеров исследована довольно хорошо, поскольку эксперимент легко поддается интерпретации и сравнению с многочисленными двумерными газодинамическими расчетами, принимающими во внимание как пластические и прочностные свойства тел, так и фазовые переходы типа твердое тело-жидкость-газ (плазма). Этого нельзя сказать о трехмерных процессах, хотя они реализуются чаще и их практическая важность несомненна (взрывы на переброс грунта, косые столкновения, удары крупных метеороидов и т. д.). Ниже обращается внимание на некоторые особенности