

Полученная при этих режимах резания форма стружки может считаться рациональной, где для Д16 $D = 1,14$ мм, $\delta_n = 2,47$ и для ЛС59-1 $D = 0,59$ мм, $\delta_n = 1,21$.

После определения оптимальных значений D и δ_n можно связать уравнения (1) и (2) друг с другом:

$$\delta_n = 1,88 D^{-0,1} \text{ для латуни ЛС59-1;} \quad (3)$$

$$\delta_n = 2,95 D^{-0,1} \text{ для дуралюминия Д16.} \quad (4)$$

Лен. фил. ЕрПН
им. К. Маркса

20. III. 1985

ЛИТЕРАТУРА

1. Касьян М. В., Багдасарян Г. Б., Арзуманян А. М. Объемная деформация стружки как показатель обрабатываемости.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1977, т. XXX, № 5, с. 5—11.
2. Арзуманян А. М. Рубиновые фрезы для обработки цветных металлов.— Промышленность Армении, 1976, № 7, с. 69—70.
3. А. с. № 1183303 (СССР). Режущая пластина из синтетического корунда / Арзуманян А. М.— Оpubл. в БИ 1985, № 35.
4. Касьян М. В., Багдасарян Г. Б., Артюнян Г. А. Оптимизация режимов резания при решении технологических задач.— Ереван: АИЛстан, 1981—184 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 4, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

С. О. МКРТЧЯН, А. М. АВETИСЯН, В. В. ТАТЕВОСЯН

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЗИСТОРНЫХ МИКРОСХЕМ НА ОСНОВЕ ТАНТАЛА

Старение тонкопленочных прецизионных резисторов (ТПР) и резисторных микросхем представляет собой довольно сложный кинетический процесс и зависит от свойства резистивного материала. Стабильность ТПР оценивается, в основном, температурно-временной закономерностью изменения сопротивления при наличии на резисторах электрической нагрузки. Поскольку основным механизмом старения танталовых сплавов является диффузия кислорода, то с повышением температуры увеличивается скорость химических реакций [1, 2].

В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования процессов старения и прогнозирования надежности резисторных микросхем на основе сплавов тантала с алюминием и титаном. Для сравнительного анализа в качестве эталонных образцов при тех же технологических режимах получены пленки на основе нитрида тантала.

Распыление резистивного слоя осуществляется в атмосфере чистого аргона и смеси аргона с азотом при соотношении 50:2 из составных мишеней тантала-алюминия ($Ta-Al$). Толщина резистивных пленок всех типов была одинакова — 100 нм. На основе каждой резистивной пленки были изготовлены 24 резисторные матрицы по 7 резисторов на каждой матрице.

С целью выявления особенностей старения прецизионных резисторов были исследованы процессы термического окисления сплавов на основе тантала. Экспериментально установлено, что отжиг в вакууме или инертной среде мало изменяет сопротивление танталовых сплавов. Это дает основание предполагать, что старение обусловлено взаимодействием пленки с атмосферой.

На рис. 1 показано относительное изменение сопротивления от времени термоотжига. Для танталовых сплавов с повышением температуры отжига увеличивается скорость химических реакций.

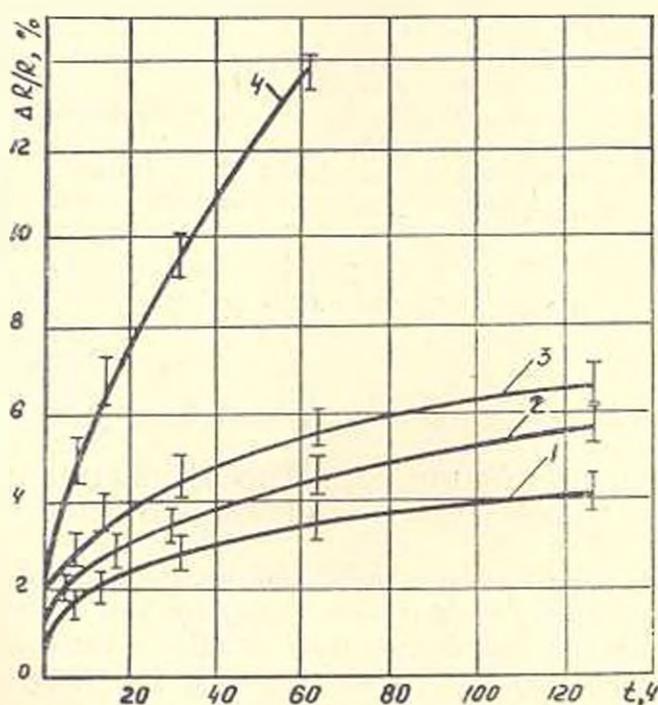


Рис. 1. Стабильность тонкопленочных резисторов на основе сплавов тантала в условиях хранения при $T = 250^\circ C$: 1 — $(Ta-Al)N$; 2 — $Ta-Al$; 3 — TaN ; 4 — $Ta-Ti$.

С целью прогнозирования надежности полученных резистивных пленок была изучена кинетика основных деградационных процессов с использованием зависимостей относительного изменения сопротивления от времени. Было обнаружено, что механизм старения отмеченных материалов имеет термическую природу, что позволяет пользоваться уравнением Аррениуса

$$(\Delta R/R)^* = A [\exp(-Ea/KT)] t, \quad (1)$$

где A — частотный фактор; Ea — энергия активации; K — постоянная Больцмана; T — температура; n — показатель степени (определяется типом процесса); t — время.

Для определения констант процессов аналогичные эксперименты проводились также при температурах 100, 150 и 200°С. Сопоставление экспериментальных зависимостей $\Delta R/R$ от времени с аналитическим выражением позволяет определить значение произведения $A \exp(-Ea/KT)$ для различных температур. Угол наклона кривой $\ln [A \exp(-Ea/KT)]$ от обратной температуры определяет значение энергии активации материала (рис. 2).

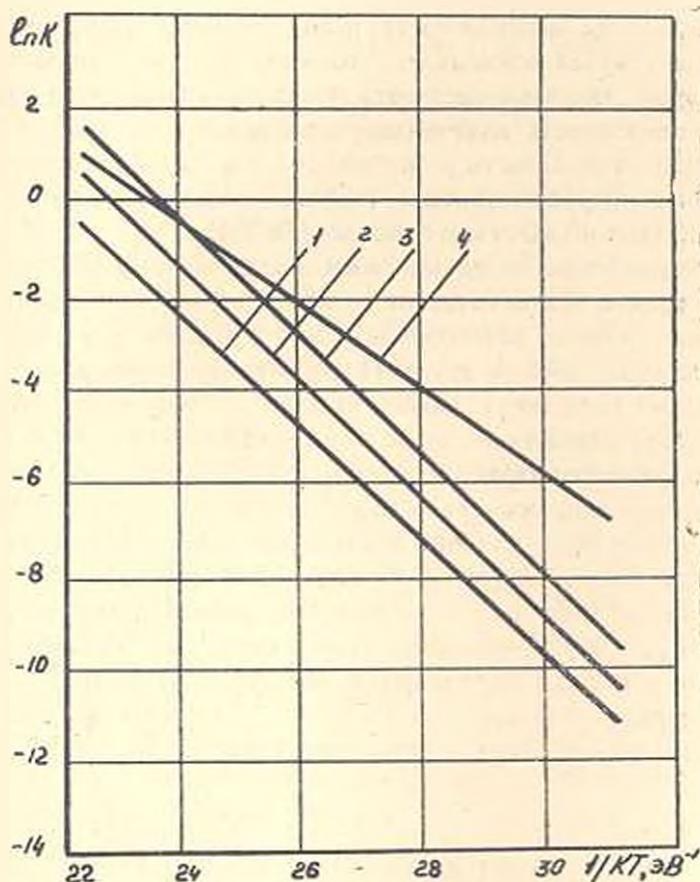


Рис. 2. Линии Аррениуса для сплавов тантала: 1 — $(Ta - Al)_N$; 2 — $Ta - Al$; 3 — TaN ; 4 — $Ta - Ti$.

Экспериментальные данные по исследованию процессов старения резистивных пленок были обработаны на ЭВМ ЕС 1022 по уравнению Аррениуса. В таблице приведены экспериментальные значения относительных изменений сопротивлений в процессе термоотжига, а также численные значения параметров n , A , Ea при длительном хранении при температуре 250°С.

Материал	n	A · 10 ¹² , с ⁻¹	E _о , Эв	ΔR/R в зависимости от времени хранения			
				0,5 года	1 год	5 лет	10 лет
(Ta—Al)N	3	0,294	1,21	13,89	17,5	29,9	37,68
Ta—Al	3	2,93	1,259	20,67	26,04	44,49	56,05
TaN	3	8,06	1,26	29,16	36,73	62,77	79,06
Ta—Ti	2	0,00032	0,84	101,8	148,2	331,4	468,7

Исследование долговечности тонкопленочных резисторов на основе сплавов тантала показывает, что вероятным механизмом их старения является диффузия кислорода. Свидетельством этого является кубическая зависимость изменения сопротивления от времени.

Высокая стабильность резистивного слоя *Ta—Al* и его нитридов по сравнению с нитридом тантала (табл.), по-видимому, связано с хорошими защитными свойствами оксидов *Ta—Al*.

Механизм роста оксидных слоев, предложенный Кабрером и Моттом [3], предполагает наличие на поверхности металла пленки, образовавшейся в процессе хемосорбции, в которой ионы и электроны движутся независимо друг от друга. По этой теории электроны металла через защитный слой могут проходить либо в результате термоионной эмиссии, либо вследствие туннельного эффекта. Таким путем внутри защитного слоя формируется значительное электрическое поле, благодаря которому ионы проникают через пленку.

Для обоснования влияния параметров оксидного слоя на стабильность резистивного материала представим энергию, необходимую для перехода электрона из металла в зону проводимости оксида, в виде $\Phi = \Phi_0 + E_g$, где Φ_0 — энергия, необходимая для выхода электронов из металла в оксид, E_g — ширина запрещенной зоны. В зону проводимости попадают только те электроны, у которых $E_k > \Phi_1$. Концентрацию таких электронов можно представить в виде

$$n_p(x) = \frac{N_i N_e}{e} \exp\left(-\frac{W_i + \Phi_0 + 2eV - 2E_g}{2kT}\right) \quad (2)$$

Из этого выражения видно, что чем больше E_g оксидного слоя (при постоянстве всех остальных параметров), тем меньше концентрация электронов и, следовательно, образующееся поле на оксидной пленке. Под действием этого ослабленного поля меньше ионов металла притягивается к поверхности оксидного слоя, т. е. процесс дальнейшего старения затрудняется и увеличивается стабильность резистивного материала.

1. Миллер Ю. Г. Физические основы надежности интегральных схем — М.: Советское радио, 1976 — 320 с.
2. Кубашевский С., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов. Пер. с англ. — М.: Металлургия, 1965. — 428 с.
3. Окисление металлов / Под редакцией Ж. Бенера. Пер. с франц. — М.: Металлургия, 1969. — 237 с.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 4, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Р. Е. АКОПЯН, Р. М. МИРЗАХАНЫАН, Г. Г. ХАЧАТРЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОМОЛА ПЕРЛИТА

Одной из основных стадий в технологии переработки перлита с получением сырья для стекольной промышленности является стадия фильтрации готовой пульпы [1], которая следует после выщелачивания перлита в автоклаве (частичное растворение кремнезема в растворе щелочи) и поэтому непосредственно связана с работой автоклава [2] — с увеличением размеров частиц работа фильтров улучшается, а работа автоклава ухудшается.

Целью настоящего исследования является определение удельного сопротивления осадков перлита, необходимое для выявления оптимальных режимов технологической схемы.

Скорость фильтрования w , определяемая объемом фильтрата dV , проходящего через единицу поверхности S фильтра в течение времени dt , определяется по известной формуле [3]:

$$w = \frac{dV}{Sdt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_0 + R_\phi)} \quad (1)$$

где ΔP — перепад давления в процессе фильтрации; μ — вязкость жидкой фазы; R_0 , R_ϕ — сопротивления слоя осадка и фильтрующей перегородки.

При постоянных скорости и перепаде давления отношение $\left(\frac{dV}{dt}\right)$ можно заменить $\frac{V}{t}$, и тогда

$$\frac{V}{t} = \frac{S\Delta P}{\mu(R_0 + R_\phi)} \quad (2)$$

Сопротивление слоя осадка R_0 можно выразить через удельное сопротивление r_0 и высоту осадка h_0 : $R_0 = r_0 h_0$, и тогда

$$\frac{V}{t} = \frac{S\Delta P}{\mu(r_0 h_0 + R_\phi)} \quad (3)$$