

3. Каценеленбаум Б. 3. Теория нерегулярных волноводов с медленно меняющимися параметрами. М.: АН СССР, 1961. 216 с.
4. Ильинский А. С., Кравцов В. В., Свешников А. Г. Математические модели электродинамики. М.: Высшая школа, 1991. 195 с.
5. Марков Г.Т., Васильев Е. Н. Математические методы прикладной электродинамики. М.: Сов. Радио, 1970. 120 с.
6. ЦимрингШ. Е., Павельев В. Г. К теории неоднородных волноводов, содержащих критические сечения II Радиотехника и электроника. 1982. Т. 27, № 6. С. 1099-1102.

Ф. Ф. КОМАРОВ, Т. В. ПОЗДЕЕВА, В. И. КОЛКОВСКИЙ

СТОЙКОСТЬ К ОКИСЛЕНИЮ РЕЗИСТОРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВНЕДРЕНИЯ ИОНОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТРИЦЫ НА СИТАЛЛОВОЙ ПОДЛОЖКЕ

Данные о сопротивлении и температурном коэффициенте сопротивления (ТКС), полученные облучением резисторов после изохронного отжига, представляются важными, так как несут информацию о временной

турном диапазоне, в котором могут эксплуатироваться резисторы.

тельное изменение электросо-

противления «чистых» пленок

туры изохронного отжига ($At =$

тельно пленки были облучены

ионами N_2 . Как и следовало

ной неимплантированной пленки

Та возрастает в районе

температур отжига 200-300 °С

(рис. 1, кривая 1). Это типичный

пример изменения AR/R , связан-

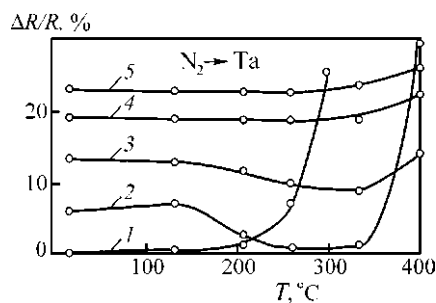


Рис. 1. Относительное изменение электросопротивления пленок Ta после изохронного отжига на воздухе. Предварительно пленки были облучены ионами азота: 1 - исходная пленка, 2 - 1-10 ; 3 - 5-10 ; 4 - 1-10¹⁷; 5 - 5-10¹⁷ ион/см². Для наглядности кривые 2, 3, 4, 5 произвольно смещены по оси ординат

1 10¹⁶ ион/см² ионов азота, также заметно окисляются, но уже при более высоких температурах ($AT \sim 100$ °С) (рис. 1, кривая 2). Сдвиг в сторону более высоких температур окисления по сравнению с необлученной пленкой следует отнести к известному эффекту уплотнения межзеренных границ при ионной имплантации. Уменьшение $AR/R(7)$ (7 %) в районе температур 130-330 °С указывает, по-видимому, на отжиг радиационных дефектов, созданных ионным облучением. Интересно отметить, что в минимуме кривой $AR/R(7)$ сопротивление пленки Ta возвращается к исходному значению, которое пленка имела до облучения.

С увеличением дозы облучения до 5 10¹⁶ ион/см² степень окисления пленок заметно уменьшается. Так AR/R возрастает всего лишь на 5 % после отжига при 400 °С. Провал в ходе кривой $AR/R(7)$ также меньше (4 %), причем он соответствует более узкому интервалу температур (200-330 °С) (рис. 1, кривая 3).

После внедрения 1 10¹⁷-5 10¹⁷ ион/см² AR/R пленок Ta практически не

-3 -400 °

контактов) (см. рис. 1, кривые 4, 5). Проводился также изохронный отжиг пленок Ta при температуре 600 °

пленка, облученная азотом дозой 1 10¹⁶ ион/см², окислились и стали прозрачными (что характерно для Ta₂O₅), а пленка, имплантированная 5 10¹⁶

нился после отжига цвет пленки, облученной 1- 10¹⁷ ион/см². Наконец, пленки Ta, облученные 5 10¹⁷ ион/см² ионов азота, до и после отжига при 600 °

лученные дозами 5 10¹⁷ ион/см² (см. рис. 1, кривые 3, 4, 5), обладают

ным исследованиям и другим данным, изложенным ниже, при указанных

ная термическая и химическая стабильность этих фаз и проявляется на

от температуры изохронного отжига. Заметим, что необлученная пленка и облученная дозами 1 10¹⁶; 5 10¹⁶ ион/см² - отрицательный.

Отжиг необлученных пленок Ta приводил к уменьшению ТКС (на 170 % после $T' = 400$ °С, $At = 30$ мин) (рис. 2, кривая 1). ТКС пленок, облученных 1 10¹⁶ см⁻² ионов азота, после 10 мин отжига на воздухе при

125 °C уменьшается (ЛТКС/ТКС ~ 200 %), затем после отжига при 230 °C увеличивается (ЛТКС/ТКС ~ 240 %) и снова уменьшается с ростом температуры отжига (рис. 2, кривая 2). Аналогичный ход в изменении ТКС наблюдается и для пленок Та, облученных дозами $5 \cdot 10^{16}$ и $1 \cdot 10^{17}$ ион/см², за ис-

плитуды» кривых ДТКС/ТКС(7) уменьшаются по величине, а

ются с увеличением дозы в область более высоких температур отжига (рис. 2, кривые 3, 4). Эти эффекты связаны с изменением концентрации и хронного отжига.

Л
видимому, незначительно. Это видно по ходу кривой 1 на рис. 2, где Л

лученных $5 \cdot 10^{17}$ см⁻² ионов азота, после изохронного отжига. В районе Л
чем на 10 % (рис. 2, кривая 5). Такой результат не является неожиданным
зой $5 \cdot 10^{17}$ ион/см² приводит к формированию ГЦК-TaN фазы.

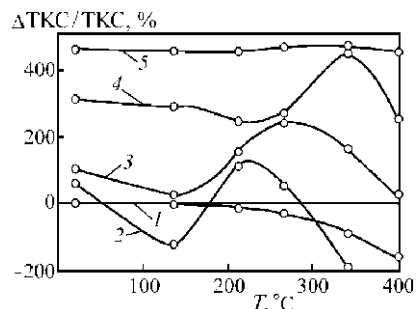


Рис. 2. Относительное изменение ТКС пленок Та после изохронного отжига на воздухе. Обозначения как на рис. 1

Таким образом, имплантация высоких доз ионов азота в пленки Та

На рис. 3 и рис. 4 показан ход кривых ЛЯ/Я(T) и ЛТКС/ТКС(7) соот-

лучались ионами и термообработывались совместно.

Наблюдаемые значительные различия в ходе кривых ЛЯ/Я(T) и Л

TaAl, достаточно близки. Поэтому основной вывод, сделанный выше при

Сопротивление и ТКС таких резисторов не изменяется после отжига на

ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров Ф. Ф. Ионная имплантация в металлы. М.: Металлургия, 1990. 217 с.

ИСПЫТАНИЯ НА ВРЕМЕННУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ РЕЗИСТИВНЫХ СЛОЕВ ТаAl И РС-3710, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Резисторы из ТаAl были изготовлены следующим образом. На под-
-50-

мосфере аргона при давлении $2 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст. со скоростью 140 А/мин наносились пленки из составной мишени, содержащей 45 % площади алюминия (55 % Та), находящейся под потенциалом 2 кВ. Температура подложки в процессе напыления поддерживалась 200 ± 10 °C. После естественного охлаждения подложки до 100 ± 10 °C камера напылительной установки разгерметизировалась. Толщина нанесенной пленки составила $470 \pm$

вые модули размером 3×6 мм², содержащие по 6 резисторов шириной по 400 мкм. Контактные площадки изготовлены термическим напылением алюминия толщиной 0.8 мкм с подслоем ванадия толщиной 0.1 мкм. Далее подложка помещалась в ускоритель ионов и после создания вакуума 10^{-6} мм рт.ст. в резистивный слой имплантировались ионы N₂⁺, O₂⁺, Ne⁺ с

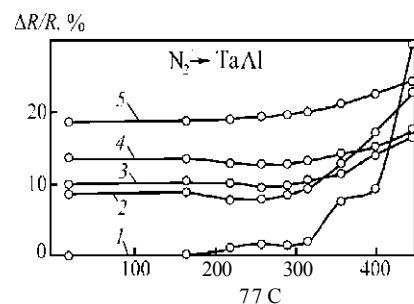


Рис. 3. Относительное изменение электросопротивления пленок ТаAl после изохронного отжига на воздухе. Обозначения как на рис. 1

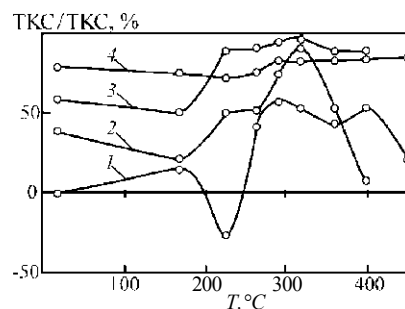


Рис. 4. Относительное изменение ТКС ТаAl на воздухе. Обозначения как на рис. 1