

ВРЕМЕННАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ РЕЗИСТИВНЫХ СЛОЕВ TaAl И РС-3710, СФОРМИРОВАННЫХ ВЫСОКОДОЗНОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИЕЙ

А.И.Купчишин¹⁾, Т.В.Поздеева²⁾, С.С.Гречный²⁾

¹⁾Алматинский государственный университет, Алмата, Казахстан

²⁾Научно-исследовательское учреждение "Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Савченко" Белгосуниверситета, ул. Курчатова 7, 220064 Минск, Беларусь.
Тел/факс: +375 17 2774833; e-mail: KomarovF@bsu.by

Проведены испытания на временную стабильность резистивных слоев TaAl и РС-3710, которые после нанесения без развакуумирования камеры отжигались при $T = 450^\circ\text{C}$, $t = 30$ мин. ($\rho_s = 880$ Ом/□, ТКС = $-140 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹) и затем имплантировались ионами N_2^+ , O_2^+ или Ne^+ с $E = 60$ кэВ в диапазоне доз $1 \cdot 10^{16} - 4 \cdot 10^{17}$ ион/см². Вторая группа образцов – без отжига ($\rho_s = 1$ кОм/□, ТКС = $20 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹) проходила через те же режимы ионного облучения. Испытания показали, что коэффициент стабильности резисторов РС-3710 может быть значительно улучшен последующей ионной бомбардировкой. В случае системы TaAl эффективность ионной имплантации оказалась намного ниже.

Введение

В последние годы значительное внимание отечественных и зарубежных исследователей привлекает возможность использования ионной имплантации для формирования резистивных слоев высокой частоты. Перспективность этого метода заключается в возможности контролируемо изменять параметры ионного пучка с целью создания резистивных слоев с удельным сопротивлением и ТКС, изменяющимися в широких диапазонах, с хорошей стабильностью и воспроизводимостью параметров. В данной работе будут приведены результаты исследования на устойчивость к окислению (стабильность) имплантированных пленок двух материалов TaAl и сплава РС-3710.

Методика эксперимента

Резисторы из TaAl были изготовлены следующим образом. На подложку из ситалла СТ-50-1 методом ионно-плазменного распыления в атмосфере 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% Ta) находящейся под потенциалом 2 кВ. Температура подложки в процессе напыления поддерживалась $200 \pm 10^\circ\text{C}$. После естественного охлаждения подложки до $100 \pm 10^\circ\text{C}$ камера напылительной установки разгерметизировалась. Толщина нанесенной пленки составила 470 ± 20 А. С использованием фотолитографии были изготовлены тестовые 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 $1 \cdot 10^{-6}$ мм.рт.ст. в резистивный слой имплантировались ионы N_2^+ , O_2^+ , Ne^+ с энергией 60 кэВ дозами $1 \cdot 10^{16} - 4 \cdot 10^{17}$ ион/см² (в пересчете на атомную концентрацию). Затем подложки скрайбировались на модули, модули разваривались в корпусах типа "функция", помещались в термошкаф и

выдерживались при температуре $125 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 1000 часов.

Совместно испытывались тонкопленочные резисторы РС-3710 (37 ат.% Cr, 10 ат.% Ni, 73 ат.% Si), полученные методом термического вакуумного испарения на установке УВН-2М-2. Вакуум в процессе испарения поддерживался не хуже $5 \cdot 10^{-5}$ мм.рт.ст., температура подложки составляла $200 \pm 10^\circ\text{C}$.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Для испытаний на временную стабильность использовались пленки РС-3710, которые:

1. После нанесения без развакуумирования камеры отжигались $T = 450^\circ\text{C}$, $t = 30$ мин. ($\rho_s = 880$ Ом/□, ТКС = $-140 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹).
2. Без отжига ($\rho_s = 1$ кОм/□, ТКС = $+20 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹).

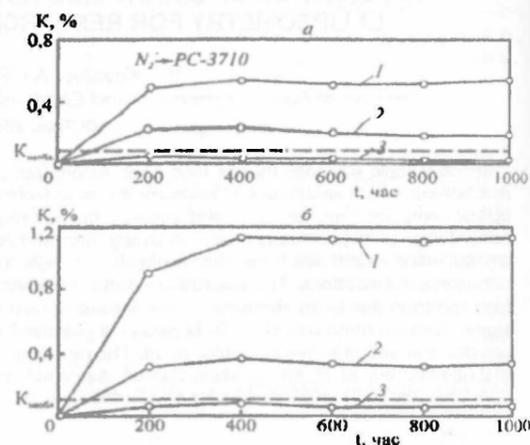


Рис. 1. Изменение коэффициента стабильности пленок РС-3710, облученных ионами азота (ион/см²):
1 – $1 \cdot 10^{16}$; 2 – $5 \cdot 10^{16}$; 3 – $1 \cdot 10^{17}$.
а – пленки РС-3710 после нанесения отжигались, $T = 450^\circ\text{C}$, $\Delta t = 30$ мин.; б – без отжига

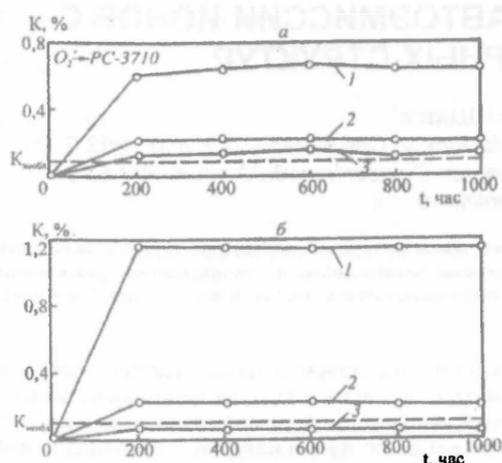


Рис. 2. Изменение коэффициента стабильности пленок РС-3710, облученных ионами кислорода (ион/см²): 1 – $1 \cdot 10^{16}$, 2 – $5 \cdot 10^{16}$, 3 – $1 \cdot 10^{17}$.

а – пленки РС-3710 после нанесения отжигались, $T = 450^\circ\text{C}$, $\Delta t = 30$ мин.; б – без отжига

Рис. 1-3 иллюстрируют изменения коэффициента стабильности (K , %) – уход сопротивления резисторов, облученных ионами N_2^+ , O_2^+ , Ne^+ в процессе испытаний (125°C , 1000 час.).

Кроме общих закономерностей на рис. 1-3, обнаруживаются особенности в зависимостях $K(t)$ от сорта бомбардируемых ионов. Как следует из рис. 1а резисторы РС-3710, которые после нанесения отжигались ($T = 450^\circ\text{C}$, $t = 30$ мин.), а затем были облучены ионами азота дозой $1 \cdot 10^{17}$ ион/см² в диапазоне испытаний 1000 часов при 125°C показали коэффициент стабильности $K < 0,02\%$.

Отметим некоторые закономерности, которые характерны (рис. 1-3)

1. В первые 250 часов испытаний коэффициент стабильности изменяется и относительно невысок. В последующие 750 часов испытаний $K(t)$, как правило, выравнивается и не изменяется до конца испытаний. Указанный факт изменения коэффициента стабильности в первые 250 часов испытаний при 125°C , по-видимому, следует объяснить тем, что резисторы после облучения ионами не отжигались, т.е. изменения $\Delta R/R$ в первые 250 часов испытаний связаны с послеимплантационным отжигом.

2. Как и следовало ожидать $K(t)$ резисторов облученных более высокими дозами ионов изменяется (в первые 250 часов испытаний) меньше, т.е. ионной бомбардировкой формируется новая структура резисторов, которая в процессе формирования становится более стабильной. Отметим, что это более чем в три раза лучший результат, чем при этих испытаниях показали не облученные резисторы (0,07%). Нельзя не обратить внимание и на тот факт, что резисторы РС-3710 облученные ионами Ne^+ показали $K \ll K_{\text{необл.}}$ в диапазоне 250 - 1000 часов испытаний (рис. 3а, кривые 2,3).

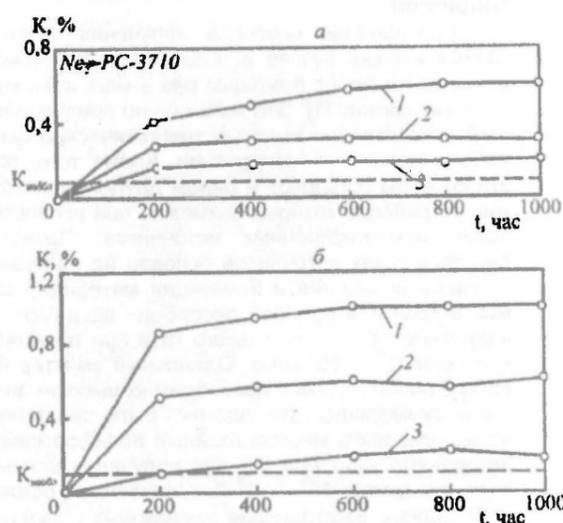


Рис. 3. Изменение коэффициента стабильности пленок РС-3710, облученных ионами неона (ион/см²): 1 – $1 \cdot 10^{16}$, 2 – $5 \cdot 10^{16}$, 3 – $1 \cdot 10^{17}$.

а – пленки РС-3710 после нанесения отжигались, $T = 450^\circ\text{C}$, $\Delta t = 30$ мин.; б – без отжига

Заключение

Таким образом, испытания показали, что коэффициент стабильности резисторов РС-3710 может быть значительно улучшен ионной бомбардировкой. Испытания также показали на необходимость проведения стабилизирующего отжига после облучения резисторов ионами.

TIME STABILITY OF THE TaAl AND RS-3710 RESISTIVE LAYERS FORMED BY HIGH DOSE ION IMPLANTATION

A.I.Kupchishin¹⁾, T.V.Pozdeeva²⁾, S.S.Hrechny²⁾

¹⁾Almata State University, Almata, Kazakhstan

²⁾Institute of Applied Physics Problems, Kurchatova str., 7. 220064, Minsk, Belarus

Phone/fax: +375 17 2774833; e-mail: KomarovF@bsu.by

The time stability testings for TaAl and RS-3710 resistive layers have been performed. Two sets of specimens had been prepared for such studies. Layers of the first set were deposited and annealed in the deposition chamber and then were implanted with N^+ , O_2^+ or Ne^+ ions. In the second case the deposited layers were irradiated by the above mentioned ions without a previous annealing procedure. The testing results illustrated the favourable changes of ion implanted RS-3710 resistors, and very modest efficiency of high dose ion implantation on the resistivity time stability for TaAl layers.