

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ АНОДИРОВАННЫХ ПЛЕНОК ТАНТАЛА

Д.Е. Бельгебаева

Одной из актуальных задач современной измерительной техники является переход на элементную базу наноэлектроники.

К настоящему моменту известны десятки методов создания наноструктурированных материалов. Все методы получения наноструктур возможно условно разделить на два больших класса - физические и химические методы.

Одним из наиболее доступных методов модификации наноматериалов является наноструктурирование, то есть создание на поверхности материала или в его объеме наноразмерных структур: слоев, пор и т.д.

Основной задачей было исследование свойств и структуры анодированных пленок тантала.

Был изготовлен образец с тонкопленочными покрытиями, имеющие размеры 3x4 см. Получен методом ионно-плазменного распыления (магнетронная распылительная система). Толщина пленки составила 111 нм. Формирование оксидных пленок производится в электролитической ванне. В качестве экспериментального образца использовались стеклянная подложка, с нанесенным на нее металлическим покрытием из тантала.

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки для анодирования тантала.

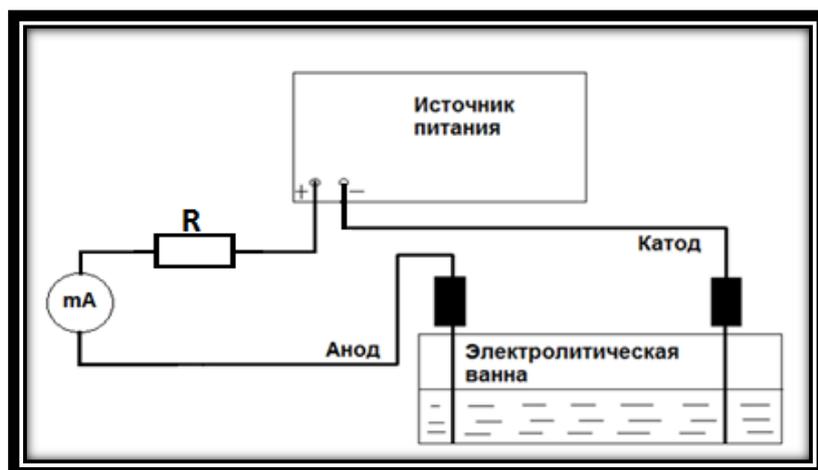


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки для анодирования

Образец с металлической пленкой тантала помещается в электролитическую ванну, заполненную раствором электролитов, в качестве анода. Катодом служит пластина из серебра.

Анодирование образца с толщиной тантала 111 нм проводилось в водном электролите, содержащем 1% - ый раствор лимонной кислоты при постоянном токе 0,3 мА и при изменении напряжения от 40 В до 130 В, в течении 10 минут с шагом в 10 В в одну минуту.

После проведения электролитического анодирования получен образец с пленкой Ta_xO_y .

С помощью спектрального эллипсометрического комплекса на рабочей длине волны 632,8 нм определили толщины пленок Ta_xO_y . Толщина пленки Ta_xO_y составила 142,5 нм. Провели оценку показателя преломления и коэффициента поглощения ($\lambda = 632,8$ нм) от режимов анодирования. Для чистого тантала $n = 3,1$, $k = 2,24$.

Увеличение времени и напряжения анодирования приводит к росту толщины окисного слоя, образуя воздушные поры в структуре пленки, что отражается в уменьшении показателя преломления у тантала $n = 1,24$, и коэффициента поглощения пленок у тантала $k = 1,4$.

С помощью рентгеноспектрального анализа была получена информация о химическом составе образца тантала до анодирования и после в произвольно выбранном участке образцов (рис. 2).

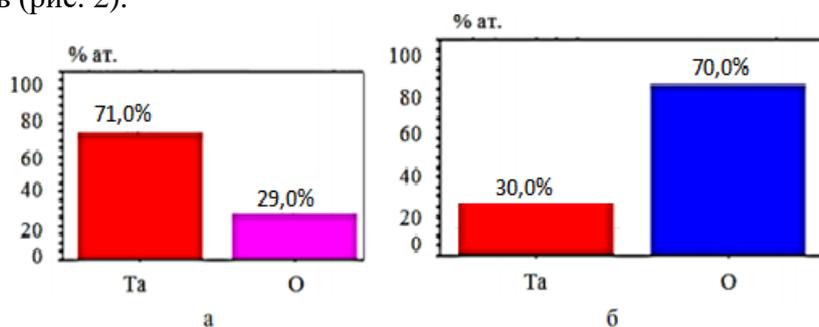


Рисунок 2 - Рентгеноспектральный анализ:
а – образец с металлической пленкой тантала;
б – образец с пленкой Ta_xO_y

Сравнивая образец тантала до анодирования и после анодирования видим, что количество кислорода после анодирования увеличилось почти в три раза, а количество чистого тантала уменьшилось с 71 ат.% до 30 ат.%. Изменение содержания кислорода, тантала в пленках позволяет сделать вывод о том, что в результате анодирования на подложке были получены окисные слои.

Для получения МДМ – структуры (рис. 3) сверху анодированного тантала был нанесен методом термического испарения в вакууме тонкий слой алюминия. Верхней обкладкой выбран алюминий, так как имеет хорошую адгезию к пленкам Ta_xO_y, полученные методом электролитического анодирования.

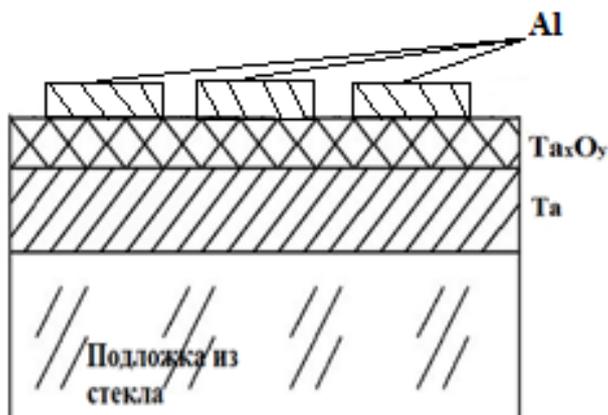


Рисунок 3 – Полученная МДМ структура

В работе исследовались электрофизические свойства полученной МДМ-структуры. На измерителе иммитанса Е7-20 были получены емкость (С) и тангенс угла диэлектрических потерь (tgδ) МДМ – структуры для ста конденсаторов при четырех частотах.

Параметры конденсаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры конденсатора

	f=1КГц	f=10 КГц	f=100 КГц	f=1МГц
С,пФ	1816±9%	1803±11%	1742±17%	1527±23%
tgδ	3,5	0,3	0,25	0,68

Так же оценили напряжения пробоя, при толщине диэлектрика d = 142,5 нм и выяснили, что пробой конденсатора произойдет при U_{пр} ~ 30В.

Построена зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от частот для трех конденсаторов. Данная зависимость представлена на рис. 4.

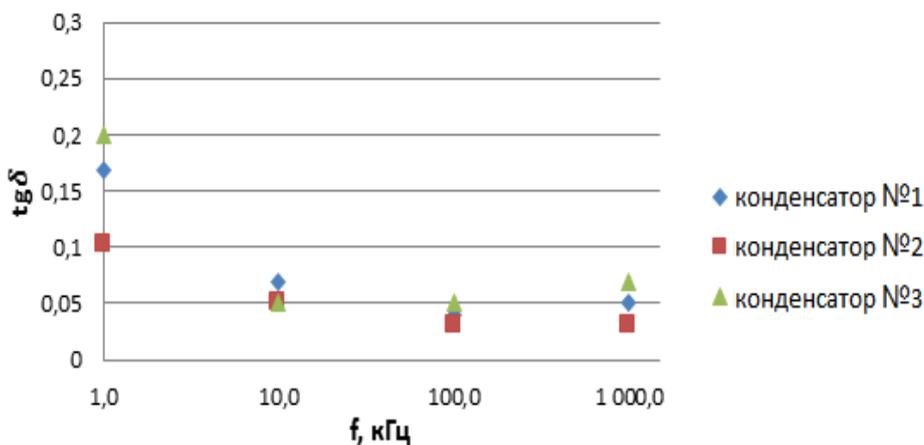


Рисунок 4 – Зависимость $\text{tg}\delta = f(f)$

Из графика видно, что при увеличении частоты тангенс угла диэлектрических потерь уменьшается это связано с релаксационными потерями, которые проявляются при достаточно высоких частотах, когда сказывается отставание поляризации от изменения поля. K^{-1}

Также была получена зависимость сопротивления от температуры. Даная зависимость представлена на рис. 5.

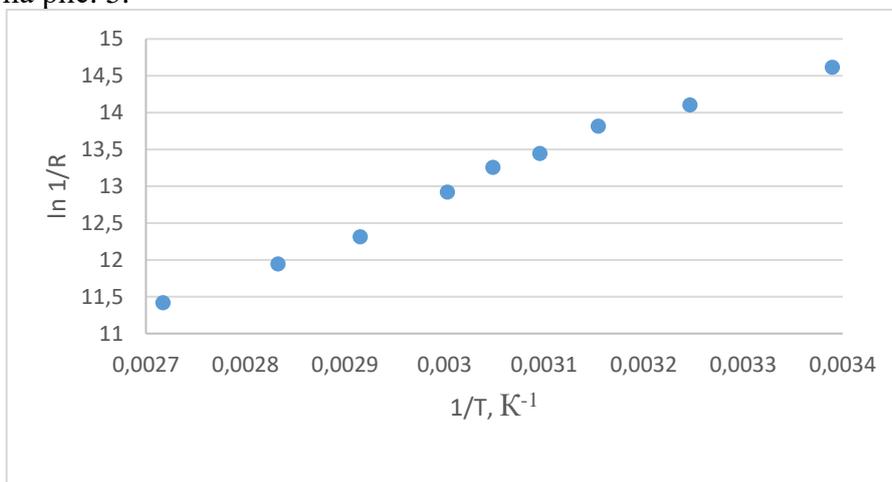


Рисунок 5 – Зависимость $\ln\left(\frac{1}{R}\right) = f\left(\frac{1}{T}\right)$

Из графика видно, что с ростом температуры сопротивление уменьшается. Это связано с тем что при повышении температуры в диэлектриках возникает проводимость, в связи с которой ёмкостные свойства диэлектрика меняются на резистивные.

Заключение

В результате проделанной работы была получена пленка с металлическим покрытием из Ta, толщиной 111 нм.

Изменение режимов анодирования приводит к росту толщины окисного слоя, образуя воздушные поры в структуре пленки, что отражается в уменьшении показателя преломления и коэффициента поглощения пленок тантала после анодирования.

С помощью рентгеноспектрального анализа сравнили химический состав пленки тантала до анодирования и после анодирования. Изменение содержания кислорода, тантала в пленке позволяет сделать вывод о том, что в результате анодирования на образцах был получен окисный слой.

Была получена МДМ – структура (Ta - Ta_xO_y - Al). Верхней обкладкой выбран алюминий, так как имеет хорошую адгезию к пленкам Ta_xO_y .

В работе исследовались электрофизические свойства полученной МДМ-структур. Также была построена зависимость сопротивления от температуры.

Список используемых источников

- 1 Т.И.Данилина Технология тонкопленочных микросхем: Учебное пособие. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2006.-164с.
- 2 О.Д. Парфенов Технология микросхем: Учеб. пособие для вузов по спец. «Конструирование и пр-во ЭВА». – М.: Высш. шк., 1986. – 320 с., ил.
- 3 Смирнов С.В. Методы исследования материалов и структур электроники: учеб. пособие / С.В.Смирнов. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 171 с.