

Лимонная кислота, или в соответствии с химической номенклатурой, 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота, помимо простых химических связей, образуемых ионами металлов и кислородом карбоксильной группы, образует донорно-акцепторные связи за счет свободных пар электронов, локализованных на вторых атомах кислорода карбоксильных групп. В составе лимонной кислоты присутствует три карбоксигруппы, соответственно, ее комплексообразующие свойства хорошо выражены. В растворах, содержащих алюминий и лимонную кислоту, с уровнем pH = 1...3 возможно также частичное замещение с образованием алюминий-цитратных комплексов вида [3]:  $AlH_2(C_6H_7O_7)^+$ ;  $AlH(C_6H_4O_7)$ ;  $Al_2(HC_6H_4O_7)(C_6H_4O_7)^-$ ;  $Al_2(C_6H_4O_7)_2^{2-}$ .

Полученные золи могут оставаться стабильными до трех лет, без выпадения осадка, помутнения и опалесценции. Золи пригодны для длительного хранения при комнатной температуре и могут использоваться для получения пленок на различных подложках, гелей и порошков.

**Список использованных источников:**

1. Thermal behavior of the YAG precursor prepared by sol-gel combustion process / F. Qiu [et al.] // *Ceramics International*, 2005. – P. 663-665.
2. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов : учеб. пособие / Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. – М. : Изд-во Моск. ун-та : Наука, 2006. – 400 с.
3. Цитраты алюминия (III) / В.В. Чевела [и др.] // *Ученые записки казанского университета: Естественные науки*, 2011. – С.61-69.

## ЭЛЕКТРЕТНЫЕ СВОЙСТВА АНОДНЫХ АЛЮМООКСИДНЫХ ПЛЕНОК ПОСЛЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНОДИРОВАНИЯ

*Ле Динь Ви*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Лазарук С.К. – д-р физ.-мат. наук, профессор*

Поверхностный потенциал анодных алюмооксидных пленок сразу после окончания анодного процесса имеет положительное значение, но с течением времени этот потенциал постепенно уменьшается и переходит в область отрицательных значений. Данное отрицательное смещение объясняется тем, что в анодном оксиде алюминия содержится отрицательный встроенный электрический заряд. Установлено, что наибольшая плотность отрицательного заряда наблюдается в пленках, сформированных в электролитах на основе водных растворов лимонной и ортофосфорной кислот.

Электретные свойства анодных оксидных пленок на основе вентильных металлов и его сплавах, получаемых разными методами были исследованы давно. После формирования пленки были обнаружены встроенные положительные и отрицательные заряды [1-2]. Данный встроенный электрический заряд может быть использован в технологии ИС, а также при создании мемристорных устройств [3-4]. В данном тезисе кратко представлены результаты исследования электретных свойств анодных алюмооксидных пленок, получаемых электрохимическим анодированием в различных электролитах.

Для проведения экспериментов использовали исходные образцы из алюминиевой фольги толщиной 100 мкм, а также алюминиевые пленки толщиной 0,02-0,1 мкм, были нанесены на кремниевых подложках магнетронным распылением алюминиевой мишени.

Анодирование алюминия проводили в водных электролитах на основе лимонной, серной и ортофосфорной кислот. Режим анодирования: плотность анодного тока 10 мА/см<sup>2</sup> ( $j_{\text{ф}}$ ), температура электролита  $20 \pm 1$  °С. Время анодирования для электролитов на основе лимонной кислоты определялось выходом на конечное напряжение формовки ( $U_{\text{ф}}$ ), которые составляло от 50 до 250 В. Для электролитов остальных кислот время анодирования составляло 10-15 мин.

Измерение изменения поверхностного потенциала полученных анодных оксидных пленок после анодирования проведено по схеме измерения на рисунке 1.

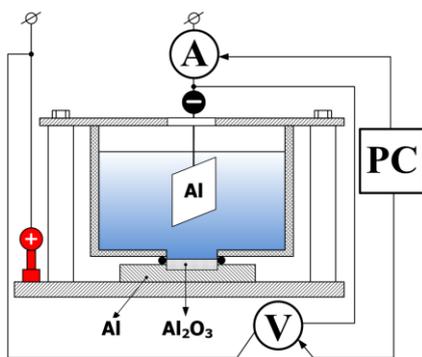


Рисунок 1 - Схема измерения поверхностного потенциала анодных оксидных пленок

После окончания анодного процесса обнаружено, что поверхностный потенциал анодных алюмооксидных пленок имеет положительное значение. С течением времени происходит уменьшение этого потенциала до нулевого уровня с последующим переходом в область отрицательных значений. Полученные закономерности наблюдаются в анодных оксидных пленках, сформированных в различных электролитах на основе водных растворов серной, ортофосфорной и лимонной кислот. Данный эффект объясняется взаимодействием подвижных ионов внутри анодных оксидов, оставшихся после завершения анодного процесса. Конечный переход поверхностного потенциала в область отрицательных значений объясняется более высокой подвижностью отрицательно заряженных ионов, что подтверждается

измерениями конечной плотности зарядовых состояний в исследуемых оксидах. Из данных экспериментов следует, что наибольшая плотность отрицательного заряда наблюдается в пленках, сформированных в электролитах на основе водных растворов лимонной и ортофосфорной кислот.

**Список использованных источников:**

1. Курносов А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных схем: Учеб. пособие для студентов вузов. 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Высш. школа, 1979. – 367 с.
2. Montero, I. Space charge and electret behaviour in anodic  $Ta_2O_5$  films / I. Montero, J. M. Albella, C. Ortega and J. Siejka // Thin Solid Films. – 1988. – Vol. 167, № 1 – 2. – P. 95–100.
3. Jeungwoo, Lee. Structural analysis of anodic porous alumina used for resistive random access memory / [et al.] // Science and Technology of Advanced Material. – 2010. – Vol. 11, № 2. – P. 1–4.
4. Belov, A. N. Formation of an Array of Memristor Structures Using a Self-Assembly Matrix of Porous Anodic Aluminum Oxide / A.N. Belov [et al.] // Nanotechnologies in Russia. – 2008. – Vol. 13, № 1-2. – P. 34-37.

## СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРЯДОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО УСИЛИТЕЛЯ

Дворников О.В.<sup>1</sup>, Чеховский В.А.<sup>2</sup>, Галкин Я.Д.<sup>3</sup>, Кунц А.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Минский научно-исследовательский приборостроительный институт»  
oleg\_dvornikov@tut.by

<sup>2</sup>НИУ «Институт ядерных проблем» Белорусского государственного университета

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Стемпицкий В.Р. – канд. техн. наук., доцент

Рассмотрен зарядочувствительный усилитель, предназначенный для использования в многоканальных микросхемах считывающей электроники, и приведены результаты его схемотехнического моделирования.

Для использования в многоканальных микросхемах модернизирована схема ЗЧУ, выполняющая преобразование короткого токового импульса в напряжение.

В качестве исходной схемы был выбран зарядочувствительный усилитель (ЗЧУ) [1], преимуществом которого является большой коэффициент усиления напряжения с разомкнутой цепью обратной связи. Это высокое значение коэффициента усиления напряжения уменьшает зависимость коэффициента преобразования заряд-напряжение ЗЧУ от величины ёмкости источника сигнала.

К недостаткам исходной схемы можно отнести использование JFET-транзистора, что приводит к разбросу выходного напряжения ЗЧУ в состоянии покоя из-за существующего технологического разброса напряжения отсечки и начального тока стока JFET-транзистора.

Задачей модернизации являлось уменьшение разброса выходного напряжения ЗЧУ и обеспечение требуемого значения коэффициента преобразования заряд-напряжение.

При модернизации ЗЧУ учитывались особенности его применения в разрабатываемой многоканальной микросхеме, а именно: необходимость реализации большого количества каналов и работа с детектором определённой ёмкости. Известная ёмкость источника сигнала уменьшает требования к величине коэффициента усиления напряжения, а для многоканального исполнения необходимо уменьшение разброса выходного напряжения ЗЧУ. Для решения данных задач схема