

## МЕМБРАННЫЙ ЕМКОСТНОЙ ДАТЧИК ИЗ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ВЛАЖНОСТИ

Подголин С.К., Елисеев А.А., Петухов Д.И.

*Факультет наук о материалах МГУ имени М.В. Ломоносова,  
119991, Москва, Россия, e-mail s.podgolin@gmail.com*

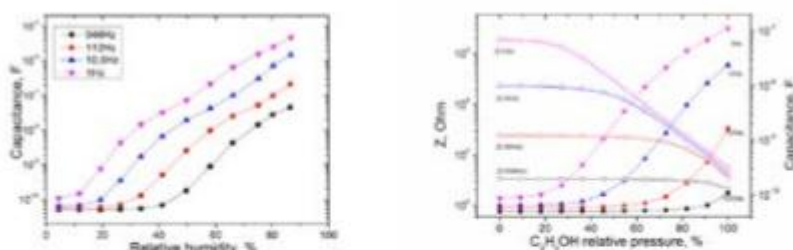
Контроль содержания паров в газообразных средах крайне важен для многочисленных бытовых и технологических применений, включая бытовые климатические установки, пневматику, кондиционирование и очистку газа, обработку и хранение продуктов питания, производство электроники и текстиля. Это влечет за собой постоянную потребность в разработке эффективных приборов для быстрого и гарантированного определения уровня влажности в газах. В настоящее время для определения влажности используются датчики различных принципов действия: резистивные, емкостные, массовые, оптические и абсорбционные. Однако все из них не лишены недостатков и во много ограничены средой применения.

В последнее время был достигнут серьезный прогресс в разработке недорогих керамических емкостных датчиков путем анодного окисления металлического алюминия с последующим напылением металлического электрода на верх оксидной пленки. Позволяет быстро и легко изготовить датчики влажности с типичным изменением емкости от  $\sim 20$ – $200$  пФ /  $\text{см}^2$  (эквивалентно геометрической емкости) в сухом воздухе до  $104$ – $105$  пФ /  $\text{см}^2$  при  $100\%$  влажности. Типичное изменение емкости в пределах полного диапазона относительной влажности в ответе слегка превысило два порядка. Было высказано предположение, что высокая чувствительность этих устройств обусловлена огромным изменением диэлектрических свойств с адсорбцией водяного пара и поверхностной проводимостью по всему поглощенному слою. Характеристики датчиков были оптимизированы путем изменения структурных параметров ААО, включая диаметр пор и пористость. Было отмечено, что емкостные датчики ААО чувствительны к другим летучим органическим соединениям, однако до сих пор была опубликована только одна работа, сообщающая о реакции датчиков на эти вещества.

Основной целью данной работы было создание емкостного датчика на основе наноструктурированных мембран анодного оксида алюминия для определения уровня влажности технологических газов и газовых смесей, детектирования содержания различных полярных соединений, а так же для изучения процессов капиллярной конденсации конденсирующихся газов в каналах нанометрового размера.

В ходе работы были исследованы микроструктура (Au / ААО / Au) и емкостные характеристики датчика на основе мембраны анодного оксида алюминия в зависимости от химической природы диффундирующего агента. Датчики иллюстрируют предельную чувствительность к окружающей среде с емкостным отношением экспоненциальной шкалы к содержанию паров, что приводит к типичному изменению сигнала отклика на  $4$ – $6$  порядков для диапазона  $P / P_0$   $15$ – $85\%$  на одной частоте переменного тока и до  $7$  порядков для диапазона давления  $0$ – $100\%$   $P / P_0$  с использованием двух разных частот переменного тока. В случае водяных паров чувствительность увеличивается от  $\sim 0,5$  нФ /  $\text{RH}\%$  при

~ 20 RH% до более ~ 1,0 мкФ / RH% при ~ 80 RH%. Была выявлена способность датчика к высокоточному измерению влажности газа, любых диссоциируемых паров с  $pK_a < 30$ , а так же высокая чувствительность к полярным компонентам с достаточно высоким дипольным моментом или поляризуемостью. Определено влияние любые адсорбированные молекулы, в том числе имеющие нулевой дипольный момент на емкость датчика. Для работы датчика в различных условиях были предложены основные принципы датчика диэлектрических потерь и эквивалентная схема, позволяющая оценить отклик датчика.



**Рисунок 1** – Зависимость величины емкости от влажности воздуха (а) и содержания паров  $C_2H_5OH$

*Д.И. Петухов благодарит грант РФФИ № 20-58-14003 за финансовую поддержку работ по исследованию эффектов капиллярной конденсации в нанопористых средах*