

# ВРЕМЕННАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ КОНДЕНСАТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ТИТАНА

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

*Панцулая Ш.Н., Макаровский В.А.  
Петрович В.А. - доцент, канд. физ.-мат. наук*

В настоящем сообщении представлены результаты исследования электрических свойств пленок диоксида титана в зависимости от температуры, времени и размеров зерен. Были исследованы электрические свойства пленок диоксида титана также, как и их зависимость от структуры диоксида титана, температуры. По результатам исследований рассматривается целесообразность использования диоксида титана в качестве конденсаторных структур.

Диоксид титана (TiO<sub>2</sub>) является важным коммерческим материалом и широко используется во многих сферах жизни. Чаще всего диоксид титана используют при фотокатализе, в солнечной энергетике и газовых сенсорах.

Получаемые пленки диоксида титана различаются по физическим и химическим свойствам в зависимости от структуры пленки, химической композиции и присутствия допантов.

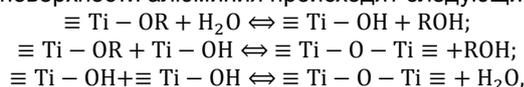
В литературе указывается на несколько способов получения тонких пленок диоксида титана: ультразвуковой распылительный пиролиз, химическое осаждение, жидкофазное осаждение и золь-гель метод [1]. При этом золь-гель метод показывает хорошие результаты при формировании пленок диоксида титана. Благодаря прямой зависимости между диэлектрической проницаемостью и коэффициентом отражения, диоксид титана представляет интерес при использовании в электронике. В данном докладе обсуждается возможность создания конденсаторных структур на основе пленок диоксида титана для улучшения эффективности фотокатализа.

Образцы диоксида титана создавались по золь-гель методу.

Для создания золя использовался этанол (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) и бутанол-1 (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH), которые смешивались в соотношении 1:1. После этого в раствор добавлялся ацетилацетон (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>). Далее, раствор перемешивался и в процессе перемешивания, путем пипетирования добавлялись тетраизопропоксид титана (C<sub>12</sub>H<sub>28</sub>O<sub>4</sub>Ti) и дистиллированная вода. После 20 минут перемешивания в золь засыпался порошок TiO<sub>2</sub>. Было подготовлено 3 раствора золь с микроструктурированным, наноструктурированным и смесью (1:1) порошков TiO<sub>2</sub>.

В качестве подложки использовался предварительно очищенный алюминий. Алюминий погружался в раствор соответствующего золя на 1 минуту, после чего подвергался сушке в печи в воздушной атмосфере при температуре 200 °С в течение 3 минут. Таким образом было нанесено 3 слоя общей толщиной около 1,5·10<sup>-7</sup> м, после чего проводился отжиг образцов в муфельной печи при 500 °С в течение 30 в воздушной атмосфере.

При погружении в золь на поверхности алюминия происходят следующие последовательные реакции:



где R - C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>. В процессе отжига из золя формировался гель. Для создания конденсаторной структуры использовался контактол – проводящая серебросодержащая паста. Для повышения достоверности результатов на каждом образце было создано по несколько конденсаторных структур.

Измерения емкостных характеристик проводились на приборе Е7-24 на различных контактах образцов. Измерения проводились при частоте 10 кГц, измерительном напряжении 40 мВ. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Емкостные характеристики конденсаторных структур диоксида титана

	Номер структуры	C <sub>p</sub> , пФ	C <sub>s</sub> , пФ	R <sub>s</sub> , кОм	R <sub>p</sub> , МОм	Q
Микроструктурированный	1	208	210	5	1,2	15,5
	2	133	132	8,3	1,61	15
	3	253	253	2,9	1,27	21
	4	309	308	3,27	78	15,5
	5	156	157	7,19	1,4	14
	6	264	267	4	950	15
Наноструктурированный	7	150	179	385	2,73	2,3
	8	173	210	353	1,86	2
	9	154	187	370	2,37	2,27
	10	99	112	513	4,5	2,71
	11	123	143	467	2,99	2,31

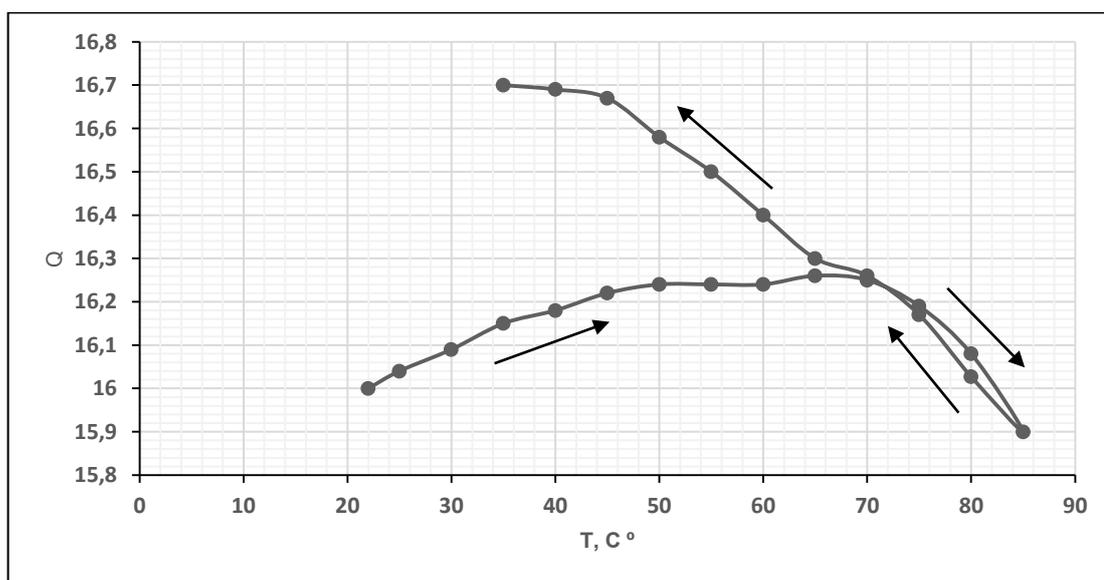
Продолжение таблицы 1

	Номер структуры	$C_p$ , пФ	$C_s$ , пФ	$R_s$ , кОм	$R_p$ , МОм	Q
Смесь микро- и наноструктурированного	12	400	490	119	1,28	2,7
	13	422	510	121	1	2,5
	14	233	270	200	2,16	2,9
	15	227	259	190	2,4	3,7
	16	342	298	158	1,7	2,86
	17	269	311	167	1,9	2,9

В данной таблице  $C_p$ ,  $R_p$  и  $C_s$ ,  $R_s$  – соответственно, емкость и сопротивление при параллельной и последовательной эквивалентных схемах замещения, Q – добротность.

Как видно из таблицы 1, добротность данных образцов довольно низкая для использования в качестве конденсаторов, соответственно, необходимо улучшение технологии производства образцов и дополнительные исследования. Следует обратить внимание на значительное увеличение в добротности в образцах, сформированных с использованием микроструктурированного диоксида титана. Подобное различие объясняется крупной пористостью данных образцов и наличием воздуха в порах между гранулами диоксида титана.

С целью выяснения причин невысоких значений добротности были проведены исследования по поведению добротности в диапазоне температур при нагреве и охлаждении.



Из рисунка видно различие результатов при нагреве и охлаждении - это, предположительно, объясняется десорбцией воды и релаксацией на границах раздела «TiO<sub>2</sub>/Al» и «TiO<sub>2</sub>/контакт»». Учитывая, что при нагреве происходит десорбция воды, разумно предполагать, что кривая добротности при охлаждении (большее значение Q) и отсутствие максимума при 70 °C связано с окончанием процесса десорбции и стабилизацией свойств поверхностных состояний.

После температурных измерений на образце с микроструктурированным диоксидом титана путем постепенного повышения напряжения вплоть до пробоя конденсаторной структуры было оценено пробивное напряжение которое находится в пределах 6-8 В. Рассчитанная электрическая прочность  $E_{проб}$  составила 53 кВ/мм.