

в університеті. Гнучка та універсальна система не займає багато місця, має зручний інтерфейс, є безпечною системою, де всі персональні дані закодовані. Розроблена система дає вірну інформацію про студента, його успішність та відвідування університету.

З появою NURE CARD та електронного журналу відвідувань можливо не вести паперові журнали, залікові книжки, документацію, а також більше не треба буде робити багато монотонної роботи, закуповувати папір та іншу канцелярію, що дозволяє заощаджувати кошти та час на їх придбання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

[1] Чарльз Платт. Электроника. Логические микросхемы, усилители и датчики для начинающих [Текст] – 2015.

- [2] Валерий Шарапов. Датчики [Текст] – 2012.  
 [3] Wolfgang Rankl, Wolfgang Effing. Smart Card Handbook [Текст] – 2010 - 4th Edition  
 [4] Development of Flexible Fingerprint Sensor [Електронний ресурс] / Japan Display Inc. – Режим доступу: [www/ URL: https://www.j-display.com/english/news/2019/20190509.html](http://www.j-display.com/english/news/2019/20190509.html) / 09.05.2019.  
 [5] Types of Smart Card [Електронний ресурс] / CardLogix Corporation. – Режим доступу: [www/ URL: http://www.smartcardbasics.com/smart-card-types.html](http://www.smartcardbasics.com/smart-card-types.html).

# Процеси деградації окисних плівок на поверхні метал/оксид

Ігор Невлюдов, Валерій Гурін, Дмитро Гурін

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, ,  
Харків, пр. Науки 14, УКРАЇНА, e-mail: dmytro.gurin@nure.ua

**Анотація:** У тезах представлені результати досліджень деградації окисних діелектриків  $Nb_2O_5$  та  $Ta_2O_5$  викликаних термічною кристалізацією. Встановлено, що розчинення кисню в ніобії та танталі сприяє пригніченню деградаційного процесу, пов'язаного з відновленням аморфного оксиду базовим металом. Показано, що в результаті окисно-відновних реакцій на міжфазних межах шаруватої структури кисень з оксиду дифундує в метал, окислюючи останній. Сам оксид при цьому відновлюється, що призводить до локальних порушень хімічного складу оксиду.

**Ключові слова:** ніобій, тантал, деградація, оксидний діелектрик, кристалізація.

## I. ВСТУП

Основу елементної бази радіоелектроніки складають різноманітні прилади на основі структур метал-окисел-напівпровідник (МОН структури). Одними з таких елементів є окисно-напівпровідникові конденсатори (ОНК), які знаходять широке застосування в радіоелектронній апаратурі завдяки оптимальному поєднанню їх електричних параметрів з габаритними розмірами, а також завдяки прийнятній ціновій політиці. Одним з напрямків розвитку ОПК є ЧП елементна база. ОНК для поверхневого монтажу виконані за технологією ЧП володіють оптимізованим

співвідношенням їх параметрів, що робить їх не замінними в інтегральній технології [1-4]. У зв'язку з цим до ОНК, що виконані за допомогою ЧП технології пред'являються підвищені вимоги по надійності. Особливий інтерес викликає механізм деградації ОНК, що призводить до відмов в експлуатації. Виявлення цього механізму актуально не тільки для забезпечення безвідмовної роботи ОНК, але і для прогнозування часу напрацювання на відмову, що є важливим для розробників апаратури, що працює в екстремальних умовах [5]. Дослідження властивостей окисно-напівпровідникових конденсаторів базується на моделюванні процесів на плоских шаруватих структурах  $Me(O)/a-Me_2O_5$  виготовлених на полірованих пластинах з ніобію та танталу, з подальшим нанесенням напівпровідникового шару з оксиду марганцю. Напівпровідниковий оксид марганцю отримано шляхом піролітичного розкладання шестиводного розчину нітрату марганцю в діапазоні температур 150-250 °C [6]. Методика подібних досліджень докладно викладена в [7].

## II. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження термічної кристалізації оксидного діелектрика шаруватої структури  $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  при різній концентрації кисню в базовому металі проводилося за допомогою оптичних спостережень поверхні  $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  з використанням поляризатора світла.

На рисунку 1 представлені мікрофотографії плівки  $\alpha\text{-Nb}_2\text{O}_5$  вирощеної на поверхні ніобію.

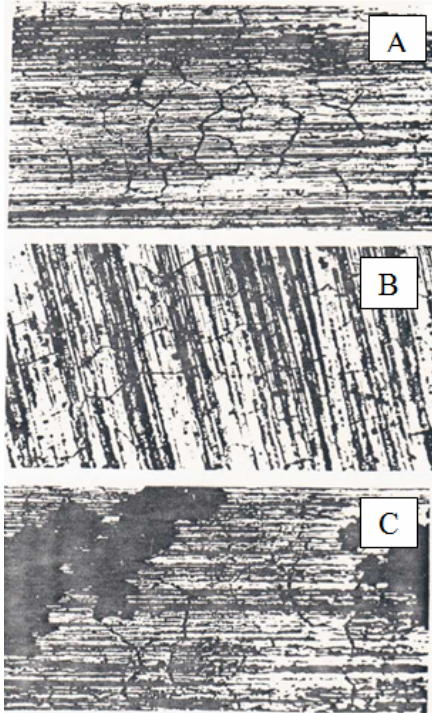


Рис. 1. Кристалізація  $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  при отжигу структур з  $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  з різним вмістом кисню в металі 0,05 ат.%(A), 0,2 ат.%(B), 1,6 % (C)

Аналіз мікрофотографії плівки  $\alpha\text{-Nb}_2\text{O}_5$  вирощеної на поверхні ніобію з вмістом кисню 0,05 ат.%(A), 0,2 ат.%(B), 1,6 % (C) та підданій часовому відпалу на повітрі при  $T = 800\text{ K}$  показав, що при збільшенні вмісту кисню в базовому металі кількість виділень кристалічної фази в аморфній матриці істотно зростає, хоча концентрація кисню у всіх випадках залишається нижче межі розчинності кисню в ніобії. Аналогічна ситуація спостерігається в шаруватих структурах на основі твердого розчину кисню в танталі.

Як було встановлено причиною зниження стабільності аморфного стану плівок  $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  при наявності кисню в базовому металі є гетерогенність структури та хімічного складу базового металу. Такі включення, як правило, формуються на стадії охолодження зразків після високотемпературного легування киснем та локалізуються на межі кристалічних зерен металу, дислокаціям, деяким домішкам заміщення тощо. Місцем підвищеного вмісту кисню є також приповерхнева область металу, оскільки зростання плівки  $\text{Me}_2\text{O}_5$  при анодному окисненні металів частково відбувається вглиб металу - підкладки

[8], то розташовані поблизу поверхні металу включення потрапляють в обсяг оксидної плівки. Такі включення є ефективними центрами кристалізації аморфного діелектрика та обумовлюють його прискорену кристалізацію, що призводить до деградації діелектричного шару та, як правило, до появи струмів витоку через структуру.

Встановлено, що, з одного боку, присутність кисню в базовому металі зумовлює підвищення енергетичного бар'єру для кисню на границі  $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  зниження потоку кисню з  $\text{Me}_2\text{O}_5$  в  $\text{Me(O)}$  отже, підвищення стійкості шаруватих структур до деградації, пов'язаної з частковим відновленням плівки  $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  в зв'язку з появою в них включень кристалічних оксидних фаз вже на стадії вирощування аморфних оксидів.

Деградаційні процеси полягають в протіканні окисно-відновлювальних реакцій на межі поділу контактуючих фаз. Ці реакції обумовлені відсутністю термодинамічної рівноваги між чистим металом. В результаті окисно-відновних реакцій на міжфазних межах шаруватої структури кисень з оксиду дифундує в метал, окислюючи останній.

Сам оксид при цьому відновлюється. Це призводить до локальних порушень хімічного складу оксиду, тобто до появи кисневих «вакансій», які під дією градієнта хімічного потенціалу дифундує через шарувату структуру у вигляді іонів. При досягненні «вакансіями» міжфазної межі  $\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5/\text{MnO}_2$  відбувається їх заміщення за рахунок екстракції кисню з напівпровідника, яка обумовлює структурні перетворення в найтоншому межуючому з діелектриком шарі оксиду марганцю. [9,10].

## III. ВИСНОВКИ

Розчинення кисню в ніобії та танталі сприяє пригніченню деградаційної процесу, пов'язаного з відновленням аморфного оксиду базовим металом. Це обумовлено зменшенням градієнта хімічного потенціалу кисню та підвищенням енергетичного бар'єру для кисню на межі  $\text{Me(O)}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  в порівнянні з межею  $\text{Me}/\alpha\text{-Me}_2\text{O}_5$  з цим інтенсифікуються деградаційні процеси, пов'язані з кристалізацією аморфної фази. Отриманий результат дає підставу вдосконалити технологічний процес виготовлення ОНК в процесі формування анодів конденсаторів при високотемпературному відпалі з подальшим легуванням вихідної структури киснем на стадії охолодження, що дозволить підвищити експлуатаційну надійність конденсаторів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] LandsbergeL. M., GhayouR., . SayediM., et al. (1982), MOS (Metal Oxide Semiconductor), Physics and Technolog, New Jersey, 906 p.

- [2] Belenky, B., Gorbunov. N. (2008), "Tantalum capacitors - problems and prospects" ["Tantalovyue kondensatory – problemy i perspektivy"], Electronics. Science, technology, business, Issue №: Element base of electronics.
- [3] Compal, T., "Tantalum capacitors: application features", available at: <https://www.compel.ru/lib/articles/tantalovyie-kondensatoryi-osobennosti-primeneniya> (last accessed 12.10.2018).
- [4] "Oxide-semiconductor capacitors: types and advantages" ["Kondensatory oksidno-poluprovodnikovyye: vidy i dostoinstva"]: [www.lectramist.com/oksidno-poluprovodnikovye-kondensatoryi-tipy-preimushchestva/](http://www.lectramist.com/oksidno-poluprovodnikovye-kondensatoryi-tipy-preimushchestva/) (last accessed 12.10.2018).
- [5] I. Nevludov, V. Gurin, D. Gurin. Method of failure diagnostics of tantalum oxide – semiconductor capacitors with solid dielectric. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. -2018. -№ 4 (6)-с.57-61
- [6] Гурін В.Н. Стабілізація параметрів окисно-полупроводникових конденсаторів [Текст]/В.Н. Гурін..-Радиоелектроніка і інформатика.-№6-2002.С.53-55
- [7] В.Т.Boiko, P.A. Pancheha, V.R.Kopach, and Yu.L.Pozdeev. Transformations in a Metal/Insulator/Semiconductor structure with an amorphous insulator film caused by contacts, -Thin Solid Films, 130 (1985) 341-355. 8.Одынец Л.Л., Орлов В.М. Анодные окисные пленки – Л.: Наука, Ленинградское отделение. -1990.-С.200
- [9] Юнг Л. Анодные окисные пленки// - Л.: Энергия.-1967.232 с.
- [10] Smyth D.M. Solid –state oxidation of tantalum- Journ.Electrochem.Soc.-1966.-Vol.113.-No.1-p.19.

# Застосування інформаційних технологій в нафтогазовій промисловості

Анна Кугір, Кирило Хрустальов

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, УКРАЇНА,  
Харків, пр. Науки 14, email: [anna.kuhir@nure.ua](mailto:anna.kuhir@nure.ua)

**Анотація:** Розглянуто сучасні інформаційні системи, які займають провідні позиції в сфері нафтогазової промисловості та стосуються більшості аспектів нафтогазових операцій, від видобутку до переробки нафтогазової продукції. Досліджено інформаційні технології, які використовуються для оптимізації процесів і підвищують ефективність нафтогазових операцій.

**Ключові слова:** інформаційні технології, інформаційні системи, нафтогазова промисловість.

## I. ВСТУП

Інформаційні технології (ІТ) відіграють велику роль в підвищенні продуктивності у багатьох секторах економіки. У сучасному світі без нафтової продукції неможливе успішне функціонування ні світової економіки, ні світової політики, ні світових транспортних зв'язків.

Нафтогазова промисловість забезпечує пошук та розробку родовищ нафти та газу, їх транспортування. Завдяки поєднанню фізичних та хімічних процесів, забезпечує переробку та виробництво нафтопродуктів, а саме: бензину, газу, дизельного палива, мазуту, які відповідають вимогам якості та технічному завданню споживача.

ІТ дуже впливають на нафтогазові операції. Наприклад, надають можливість зростання швидкості видобутку сирової нафти з існуючих свердловин або забезпечують додаткові засоби для виявлення нових свердловин. Застосування ІТ в сфері нафто- і газопереробки зводяться до автоматизації контролю та реєстрації, успішно поєднуються з автоматизованими системами управління, що розробляються для вирішення задач підприємств нафтогазопереробної промисловості в цілому. В свою чергу, автоматизовані системи управління забезпечують наступні функції:

- підрахунок кількості нафти, яка надійшла, ґрунтуючись на даних датчиків вимірювання ваги;
- прийом і перекачування нафти;
- регулювання запірної арматури з електроприводом;
- управління роботою насосних агрегатів;
- діагностика роботи компонентів системи;
- створення бази даних аварійних ситуацій (журнал зміни контрольованих параметрів, формування таблиць даних);
- запобігання аварійним ситуаціям;
- контроль роботи пожежних систем безпеки;