ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА

СЕРИЯ 3 МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

Научно-технический журнал

Выпуск 1(193) 2024

ELECTRONIC ENGINEERING

SERIES 3 MICROELECTRONICS

Scientific & Technical Journal

Issue 1(193) 2024

Москва, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА.	Слово редактора	4
Серия 3.		
МИКРОЭЛЕКТРОНИКА»	Разработка и конструирование	
	В.В. Лосев, Ю.А. Чаплыгин, Е.Ю. Котляров,	
Редакционный совет	А.И. Хлыбов, Д.В. Родионов	
Главный редактор	Разработка КМОП СВЧ коммутатора Х-диапазона	7
Красников Геннадий Яковлевич,	Taspacerna nation es monthly rarepart Arianaseria	,
д. т. н., академик РАН	V.V. Losev, Yu.A. Chaplygin, E.Yu. Kotlyarov, A.I. Khlybov,	
	D.V. Rodionov	
Члены редакционного совета	CMOS X-band SPDT switch design	17
Асеев Александр Леонидович,	•	
д. фм. н., академик РАН	Процессы и технология	
Baklanov M. R., Dr. Sc.	В.Ю. Васильев	
Бетелин Владимир Борисович, д. фм. н., академик РАН	Эволюция gap-fill методов создания изолирующих областей в	
Бокарев Валерий Павлович,	интегральных микросхемах тонкими пленками диоксида кремния	
ответственный секретарь, д. т. н.	Часть 1. Проблемы и хронология решений (Обзор)	26
Бугаев Александр Степанович,	меть 1. проблемы и дропологии решении (оббор)	
д. фм. н., академик РАН	А.М. Ефремов, В.Б. Бетелин, КХ. Квон	
Быков Виктор Александрович,	Физико-химические аспекты «сухого» травления ZrO ₂	
Д. Т. Н.	в плазме BCl ₃ : эффект инертного газа-носителя	40
Галиев Галиб Бариевич, д. фм. н.		
Горбацевич Александр Алексеевич,	Свойства материалов	
д. фм. н., академик РАН	В.В. Макеев	
Горнев Евгений Сергеевич,	Причины различий в долговечности элементов RERAM на базе	
зам. главного редактора,	high-k диэлектриков	53
д. т. н., член-корреспондент РАН Ким Александр Киирович, к. т. н.	Tigit Karishektpinos	55
Критенко Михаил Иванович, к. т. н.	V.V. Makeev	
Maev Roman Gr., Dr. Sc.	Reasons for differences in the endurance of RERAM elements based	
Петричкович Ярослав Ярославович,	on high-k dielectrics	62
Д. Т. Н.	-	
Рощупкин Дмитрий Валентинович,	Математическое моделирование	
д. фм. н., член-корреспондент РАН	Е А Пошисова В В Уаповский В И Уайновский	
Сигов Александр Сергеевич,	Е.А. Денисова, В.В. Уздовский, В.И. Хайновский	
д. фм. н., академик РАН	Методы исследования спектрозональных многоканальных	
Стемпковский Александр	фотоприёмников с разделением цветов с вертикально-	70
Леонидович , д. т. н., академик РАН	интегрированными <i>p-n-</i> переходами	70
Чаплыгин Юрий Александрович,	А.В. Бардушкин, В.Б. Яковлев	
д. т. н., академик РАН Шелепин Николай Алексеевич,	Объёмная плотность энергии деформации в структурах	
зам. главного редактора, д. т. н.	por-Si – H ₂ O в окрестности точки фазового перехода воды	87
Эннс Виктор Иванович, д. т. н.	F 2. 220 2 3.142232.77 TO 1101 QUIDOS O 1104000 QUID 11011	٥,
	Надёжность	
Адрес редакции		
	В.В. Шубин	
র Россия, 124460, Москва, Зеленоград, улица Академика	Отказы интегральных схем, вызванные эффектами	
Валиева, дом 6, стр. 1	распространения зарядов и образования паразитных каналов	95
\$ +7 495 229-70-43	Аннотации	107
www.niime.ru/		
zhurnal-mikroelektronika		
Журнал издается с 1965 года		
Учредитель		
AO «Научно-исследовательский	Журнал включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК)	
институт молекулярной	в число изданий, рекомендованных для публикации статей	
электроники»	соискателей ученых степеней кандидата и доктора наук № 2906	

CONTENT

"ELECTRONIC ENGINEERING.	Editor's Column	4
Series 3. MICROELECTRONICS"	Processes and technology	
Editorial Council Chief Editor Krasnikov G. Ya., Sc. D., Full Member of the RAS	V.V. Losev, Yu.A. Chaplygin, E.Yu. Kotlyarov, A.I. Khlybov, D.V. Rodionov CMOS X-band SPDT switch design	7, 17
The Members of Editorial Council Aseev A. L., Sc. D., Full Member of the RAS Baklanov M. R., Sc. D.,	V.Yu. Vasilyev Evolution of gap-fill methods for creation of insulatory regions in integrated circuits using thin films of silicon dioxide Part 1. Problems and chronology of solutions	26
Betelin V. B., Sc. D., Full Member of the RAS Bokarev V. P., Sc. D., Responsible Secretary	A.M. Efremov, V.B. Betelin, Kwang-Ho Kwon Physical and chemical aspects of ZrO ₂ "dry" etching in BCl ₃ plasma: the effect of inert carrier gas	40
Bugaev A. S., Sc. D., Full Member of the RAS Bykov V. A., Sc. D. Galiev G. B., Sc. D. Gorbatsevich A. A., Sc. D.,	Properties of materials V.V. Makeev Reasons for differences in the endurance of PERAM elements based on high-k dielectrics	53, 62
Full Member of the RAS Gornev E. S., Sc. D.,	Mathematical simulation	
Corresponding Member of the RAS, Deputy Chief Editor Kim A. K., Ph. D.	E.A. Denisova, V.V. Uzdovskii, V.I. Khainovskii Methods for investigation multichannel photo image converters with color separation with vertically integrated <i>p-n-</i> junctions	70
Kritenko M. I., Ph. D. Maev Roman Gr., Sc. D. Petrichkovich Ya. Ya., Sc. D., Roshchupkin D.V., Sc. D.	A.V. Bardushkin, V.B. Yakovlev Bulk strain energy density in por-Si – H ₂ O structures near the phase transition point of water	87
Corresponding Member of the RAS Sigov A. S., Sc. D.,	Reliability	
Full Member of the RAS Stempkovskiy A. L., Sc. D., Full Member of the RAS	V.V. Shubin Failures of integrated circuits caused by the effects of charge propagation and parasitic channel formation	95
Chaplygin Yu. A., Sc. D., Full Member of the RAS Shelepin N. A., Sc. D., Deputy Chief Editor Enns V. I., Sc. D.	Abstracts	107
Editorial Staff Address	The journal has included in the number of publications recommended	
Founder	for publication of articles by applicants for academic degrees	

for publication of articles by applicants for academic degrees of candidate and doctor of Sciences Nº 2906 by the Higher attestation Commission (HAC)

"Molecular Electronics Research Institute", Stock Company

3

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Перед вами очередной 193-й выпуск научно-технического журнала «Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника».

В данном номере внимание читателей журнала привлекут тематические материалы, опубликованные под рубриками: «Разработка и конструирование», «Процессы и технология», «Свойства материалов», «Математическое моделирование», «Надёжность».

Выпуск журнала представлен семью оригинальными статьями, посвященными результатам актуальных научных исследований.

Номер открывается разделом «Разработка и конструирование», в котором представлена статья, посвященная разработке и анализу характеристик SPDT коммутатора X-диапазона частот на основе КМОП 90 нм технологии.

В первой статье следующего раздела «Процессы и технология» рассмотрены проблемы и хронология применения методов химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) тонких пленок на основе диоксида кремния для формирования изоляционных узлов интегральных микросхем (ИМС) с проектнотехнологическими нормами (ПТН) от 500 нм до 14 нм.

Во второй статье данного раздела проведен сравнительный анализ параметров плазмы и закономерностей реактивно-ионного травления $\rm ZrO_2$ в смесях $\rm BCl_3$ + Ar и $\rm BCl_3$ + He переменного начального состава.

В разделе «Свойства материалов» проведен анализ причин сбоев и различий в долговечности ReRAM элементов памяти на базе некоторых high-k диэлектриков.



В первой статье раздела «Математическое моделирование» исследованы характеристики динамического диапазона многоканальной фото ячейки.

В следующей работе решается задача моделирования объемной плотности энергии деформации в мезопористых структурах на основе кремния с адсорбированной водой, замерзшей в условиях пространственного ограничения (конфайнмента).

В заключительном блоке «Надёжность» рассматриваются проблемы отказов работы интегральных микросхем (ИМС), вызванных эффектами распространения зарядов и образования паразитных каналов, а также их предотвращение на начальных этапах проектирования.

Приглашаем всех заинтересованных читателей к сотрудничеству!

С уважением, главный редактор журнала, академик РАН

Г.Я. Красников



КРАТКАЯ ЛЕТОПИСЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

1964 г. – Приказом Государственного комитета по электронной технике СССР № 50 от 9 марта 1964 года организован НИИ молекулярной электроники.

С этого момента НИИМЭ получил уникальный статус и дальнейшее развитие как передовая отечественная научная школа в области разработки базовых технологических процессов и изделий микроэлектроники.

1966 г. – В НИИМЭ организован опытный цех по выпуску микросхем собственной разработки. Впервые в отрасли разработан базовый планарно-эпитаксиальный технологический процесс изготовления ИС с изоляцией компонентов р-п переходами. Начат выпуск логических (ДТЛ) и линейных (усилители постоянного и переменного тока) микросхем. Выпущено 100 000 микросхем.

1967 г. – Приказом Министра электронной промышленности СССР № 35 от 12.01.1967. 1 февраля 1967 г. при НИИМЭ организован завод интегральных схем «Микрон».

1970 г. – Разработана технология изготовления кремниевых интегральных схем на МОП транзисторах.

1970 г. – Созданы первые в мире функциональные приборы на полевых транзисторах с затвором Шоттки и приборами Ганна на одном кристалле.

1970 г. – Впервые в стране разработана планарная технология арсенид-галлиевых микросхем.

1974 г. – Впервые в мировой практике разработан способ изготовления структуры ИС с боковой изоляцией компонентов диэлектриком (процесс «эпипланар»).

1977 г. – Разработан первый отечественный техпроцесс изготовления ИС с изоляцией окислом («изопланар») – основа производства биполярных ИС последующего поколения.

1983 г. – Организован промышленный выпуск базовых матричных кристаллов для обеспечения элементной базой отечественных ЭВМ различного назначения.

1985 г. – Разработана КМОП технология «МЕЗА-ПЛАНАР».

1986 г. – Разработана отечественная суперсовмешенная технология (ССТ) получения биполярных транзисторов с высокой степенью интеграции и быстродействием 0,15 нс.

1993 г. – Впервые в стране налажено производство субмикронных БИС с минимальным размером 0,8 мкм на 150 мм кремниевых пластинах.

1997 г. - Создана элементная база современных БиКМОП ИС с использованием самосовмещенной технологии.

2008 г. – Освоена технология с проектными нормами 180 нм.

2012 г. – Освоена технология с проектными нормами 90 нм.

2015 г. – Разработан чип для Национальной системы платежных карт «МИР», являющийся основой безопасного функционирования национальной платежной системы.

2016 г. – Распоряжением Правительства РФ НИИМЭ определен организацией, ответственной за реализацию приоритетного технологического направления «Электронные технологии» России. В этом статусе НИИМЭ осуществляет координацию деятельности научных и производственных учреждений микроэлектронной отрасли РФ по разработке и применению отечественной элементной базы в электронных изделиях российского производства.

2022 г. – Генеральный директор АО «НИИМЭ» академик РАН Красников Геннадий Яковлевич избран президентом Российской академии наук.

АННОТАЦИИ ABSTRACTS

РАЗРАБОТКА КМОП СВЧ КОММУТАТОРА Х-ДИАПАЗОНА

Статья посвящена разработке и анализу характеристик SPDT коммутатора X-диапазона частот на основе КМОП 90 нм технологии.

Для улучшения характеристик коммутатора использовалось схемотехническое решение с плавающим потенциалом тела транзистора. Приведены теоретические обоснования и дана оценка эффективности использования данного технического решения для разработки ключевых схем на основе технологий КМОП.

Разработанная схема SPDT коммутатора демонстрирует снижение уровня вносимых потерь при сохранении высокого уровня изоляции и существенное повышение уровня выходной мощности.

Ключевые слова: КМОП, СВЧ, X-диапазон, СВЧ-переключатель, плавающий потенциал.

Сведения об авторах:

Лосев Владимир Вячеславович, доктор технических наук, профессор, Институт интегральной электроники Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники», пл. Шокина, 1, Зеленоград, Москва, 124498, e-mail: dsd@miee.ru;

Чаплыгин Юрий Александрович, доктор технических наук, профессор, академик РАН, президент Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники», пл. Шокина, 1, Зеленоград, Москва, 124498, e-mail: dsd@miee.ru;

Котляров Евгений Юрьевич, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», пл. Шокина, 1, Зеленоград, Москва, 124498; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, ул. Академика Валиева, 6/1, e-mail: ekotlyarov@niime.ru;

Хлыбов Александр Иванович, кандидат технических наук, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», пл. Шокина, 1, Зеленоград, Москва, 124498, e-mail: alex1818@yandex.ru;

Родионов Денис Владимирович, Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», пл. Шокина, 1, Зеленоград, Москва, 124498, e-mail: denis.rodionov@gmail.com

CMOS X-BAND SPDT SWITCH DESIGN

The article is devoted to the development and analysis of the characteristics of an X-band single-pole double-throw (SPDT) switch, which is designed using complementary metaloxide-semiconductor (CMOS) 90-nm technology.

To improve the characteristics of the switch a circuit containing a transistor with the floating body. Theoretical justifications are given, and an assessment of the effectiveness of using this technical solution for the development of key circuits based on CMOS technologies is given.

The developed SPDT circuit demonstrates a decrease in the level of losses introduced during switching while maintaining a high level of isolation and a significant increase of the output power level.

Keywords: RFIC, CMOS, NMOS, X-band, SPDT, floating body. **Data of authors:**

Losev Vladimir Vyacheslavovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, director of the institute InEL of the National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology", pl. Shokina, 1, Zelenograd, Moscow, 124498, e-mail: dsd@miee.ru;

Chaplygin Yuriy Aleksandrovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology", Academician of RAS, pl. Shokina, 1, Zelenograd, Moscow, 124498, e-mail: dsd@miee.ru;

Kotlyarov Evgeny Yurievich, National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology", pl. Shokina, 1, Zelenograd, Moscow, 124498, "Molecular Electronic Research Institute" Stock Company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, Ul. Academician Valieva, 6/1, e-mail: ekotlyarov@niime.ru;

Khlybov Aleksander Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology", pl. Shokina, 1, Zelenograd, Moscow, 124498, e-mail: alex1818@yandex.ru;

Rodionov Denis Vladimirovich, National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology", pl. Shokina, 1, Zelenograd, Moscow, 124498, e-mail: denis.rodionov@qmail.com

ЭВОЛЮЦИЯ GAP-FILL МЕТОДОВ СОЗДАНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ ОБЛАСТЕЙ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ ТОНКИМИ ПЛЁНКАМИ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ Часть 1. Проблемы и хронология решений (Обзор)

Рассмотрены проблемы и хронология применения методов химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) тонких плёнок на основе диоксида кремния для формирования изоляционных узлов интегральных микросхем (ИМС) с проектно-технологическими нормами (ПТН) 500 – 14 нм. Работа состоит из пяти частей. В первой части обсуждаются вопросы конформности роста тонких плёнок на вертикальных элементах рельефах ИМС и качественного безпустотного формирования пленок «qap-fill» в зазорах рельефа ИМС. Показаны хронологические изменения подходов к выбору процессов ХОГФ тонких плёнок для создания узлов ИМС «поверхностные канавки» и «предметаллический диэлектрик». Для сравнения возможностей "дар-fill" различных процессов ХОГФ показана эффективность использования предложенного автором и экспериментально определяемого количественного параметра «сложность структуры, SC». Этот параметр характеризует критические условия безпустотного заполнения канавок/отверстий рельефа ИМС шириной G_{crit} и высотой (глубиной) H_{crit} согласно соотношения $SC_{crit} = AR_{crit}/G_{crit}$, где $AR_{crit} = H_{crit}/G_{crit}$. Предложена диаграмма, отображающая хронологические прогнозные изменения сложности микроэлектронных элементов и критических величин для безпустотного заполнения осажденными материалами зазоров в рельефах ИМС.

Ключевые слова: тонкие плёнки, химическое осаждение из газовой фазы, диоксид кремния и силикатные стекла, конформность осаждения, заполнение пустот рельефа ИМС, сложность структур.

Сведения об авторе:

Васильев Владислав Юрьевич, доктор химических наук, профессор Новосибирского государственного технического университета, 630073, Российская Федерация, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, 20, e-mail: vasilev@corp.nstu.ru

EVOLUTION OF GAP-FILL METHODS FOR CREATION OF INSULATORY REGIONS IN INTEGRATED CIRCUITS USING THIN FILMS OF SILICON DIOXIDE PART 1. PROBLEMS AND CHRONOLOGY OF SOLUTIONS

The problems and chronology of the application of methods of chemical vapor deposition (CVD) of thin films based on silicon dioxide for the formation of insulating units of integrated circuits (ICs) with design and technology nodes of 500–14 nm are considered. The work consists of five parts. The first part discusses the issues of conformal growth of thin films on vertical elements of IC reliefs and high-quality void-free formation of "gap-fill" films in the gaps of the IC relief. Chronological changes in approaches to the selection of CVD. processes of thin films for creating "surface trenches" and "pre-metal dielectric" IC units are shown. To compare the "gap-fill" capabilities of various CVD processes, the effectiveness of using the quantitative parameter "structure complexity, SC" proposed by the author and experimentally determined is shown. This parameter characterizes the critical conditions for void-free filling of trenches/holes of the IC relief with width $G_{\rm crit}$ and height (depth) $H_{\rm crit}$ according to the relation $SC_{\rm crit} = AR_{\rm crit}/G_{\rm crit}$, where $AR_{\rm crit} = H_{\rm crit}/G_{\rm crit}$. A diagram is proposed that displays chronological forecast changes in the complexity of microelectronic elements and critical values for void-free filling of gaps in IC reliefs with deposited materials.

Keywords: thin films, chemical vapor deposition, silicon dioxide and silicate glasses, thin film conformality, filling voids in IC relief, structural complexity.

Data of author:

Vladislav Yurievich Vasilyev, doctor of chemistry, Professor of Novosibirsk state technical university, Deputy Director General SibIS LLC, Novosibirsk, 20, K. Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russian Federation, e-mail: vasilev@corp.nstu.ru

АННОТАЦИИ ABSTRACTS

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ «СУХОГО» ТРАВЛЕНИЯ ${ m ZrO}_2$ В ПЛАЗМЕ ${ m BCI}_3$: ЭФФЕКТ ИНЕРТНОГО ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

Проведено сравнительное исследование параметров плазмы и закономерностей реактивно-ионного травления ${\rm ZrO_2}$ в смесях ${\rm BCl_3}$ + Ar и ${\rm BCl_3}$ + He переменного начального состава. При совместном использовании методов диагностики и моделирования плазмы а) установлены ключевые физико-химические процессы, определяющие влияние вида и содержания инертного газа-носителя на концентрации активных частиц; и б) выявлены наиболее вероятные механизмы гетерогенных процессов, формирующих феноменологическую кинетику травления.

Ключевые слова: оксид циркония, плазма, активные частицы, травление, вероятность взаимодействия.

Сведения об авторах:

Александр Михайлович Ефремов, доктор химических наук, профессор, Научно-исследовательский институт молекулярной электроники, ул. Академика Валиева, 6/1, Зеленоград, Москва, 124460, Россия, e-mail: amefremov@mail.ru;

Владимир Борисович Бетелин, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, Федеральное государственное учреждение Федеральный научный центр «Научно-исследовательский институт системных исследований» Российской академии наук, Нахимовский просп., 36, к. 1, Москва, Российская федерация, 117218, e-mail: betelin@niisi.msk.ru;

Кван-Хо Квон, PhD, доцент Корейский университет, 208 Сочан-Донг, Чочивон, Корея, 339–800, e-mail: kwonkh@korea.ac.kr

PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS OF ZrO₂ "DRY" ETCHING IN BCl₃ PLASMA: THE EFFRECT OF INERT CARRIER GAS A comparative study of both plasma parameters and regularities of ZrO₂ reactive.

A comparative study of both plasma parameters and regularities of ${\rm ZrO_2}$ reactive-ion etching kinetics in ${\rm BCl_3}$ + Ar and ${\rm BCl_3}$ + He mixtures with variable initial compositions was carried out. The combination of plasma diagnostics and modeling tools allowed one a) to figure out key physical and chemical processes determining effects of type and content of inert carrier gas on densities of plasma active species; and b) to eliminate most realistic mechanisms of heterogeneous processes responsible for phenomenological etching kinetics.

Keywords: zirconium oxide, plasma, active species, etching, reaction probability. **Data of authors:**

Alexander Mikhailovich Efremov, full doctor (chemistry), full professor, Molecular Electronics Research Institute, Stock Company, Academic Valiev st., 6/1, Zelenograd, Moscow, 124460, Russia, e-mail: amefremov@mail.ru; Vladimir Borisovich Betelin, full doctor (physics and mathematics), full professor,

Vladimir Borisovich Betelin, full doctor (physics and mathematics), full professor, academic of Russian Academy of Sciences, Scientific Research Institute of System Analysis of Russian Academy of Sciences, Nakhimovsky ave., 36, bld. 1, Moscow, 117218, Russia, e-mail: betelin@niisi.msk.ru;

Kwang-Ho Kwon, PhD, Associate professor, Korea University, 208 Seochang-Dong, Chochiwon, Korea, 339–800, e-mail: kwonkh@korea.ac.kr

ПРИЧИНЫ РАЗЛИЧИЙ В ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ RERAM НА БАЗЕ НІGH-К ДИЭЛЕКТРИКОВ

Проведен анализ причин сбоев и различий в долговечности RERAM элементов памяти на базе некоторых high-k диэлектриков. Обосновано предположение, что структуры на базе титана имеют более низкую долговечность по сравнению со структурами на базе тантала и гафния за счет наличия у титана большого количества фазовых состояний (фазы Магнели), имеющих хорошую электропроводность. «Залипание» ячеек RERAM при сбоях после тестирования на долговечность в резистивном состоянии LRS объясняется их более высокими температурами чем в состоянии HRS.

Ключевые слова: high-k диэлектрики, электронная структура, фазовые состояния, фазы Магнели, оксиды переходных металлов, долговечность элементов памяти, повышение температуры при длительном тестировании на долговечность.

Сведения об авторе:

Макеев Виктор Владимирович, кандидат технических наук, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», Россия, 124460, Москва, Зеленоград, улица Академика Валиева, дом 6, стр. 1, e-mail: vmakeev@niime.ru

REASONS FOR DIFFERENCES IN THE ENDURANCE OF RERAM ELEMENTS BASED ON HIGH-K DIELECTRICS

Analysis of the causes of failures and differences in the endurance of PERAM memory elements based on some high-k dielectrics was carried out. It is assumed that titanium-based structures have a lower endurance compared to tantalum and hafnium-based structures due to the presence of a large number of phase states (Magneli phase) with good electrical conductivity in titanium. The "sticking" of RERAM cells during failures after testing for endurance in the resistive state of the LRS is explained by their higher temperatures than in the HRS state.

Keywords: high-k dielectrics, electronic structure, phase states, Magnel phases, transition metal oxides, memory cell endurance, temperature rise during long-term endurance testing.

Data of the author:

Makeev Viktor Vladimirovich, PhD, «Molekular Electronics Research Institute», Stock Company, 6/1 Akademika Valieva street, Zelenograd, Moscow, 124460 Russia, e-mail: vmakeev@niime.ru

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ФОТОПРИЁМНИКОВ С РАЗДЕЛЕНИЕМ ЦВЕТОВ С ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫМИ Р-N-ПЕРЕХОДАМИ

Исследованы характеристики динамического диапазона многоканальной фотоячейки. Установлено, что величины фоточувствительностей определяются как выбранными конструктивными параметрами фото ячейки, так и максимально возможными величинами управляющих напряжений. Учитывалось, что величина считываемого фотосигнала многоканальной фотодиодной структуры была пропорциональна световому потоку. Анализ выполнен на основе аналитических расчётов одномерной по толщине модели структуры фоточувствительной ячейки, а также путём численных расчётов на ЭВМ её двумерной по толщине модели с помощью приборно-технологической САПР ISETCAD швейцарской фирмы ISE.

Ключевые слова: многоканальные фотоячейки, фотоприёмники с разделением цветов, вертикально-интегрированные p-n-переходы.

Сведения об авторах:

Денисова Елена Александровна, кандидат физико-математических наук, Институт физики и прикладной математики МИЭТ, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: uzdovskii@list.ru; Уздовский Валерий Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, Институт физики и прикладной математики МИЭТ, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: uzdovskii@list.ru; Хайновский Владимир Иванович, кандидат физико-математических наук, доцент, Институт физики и прикладной математики МИЭТ, 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, e-mail: uzdovskii@list.ru

METHODES FOR INVESTIGATION MULTICHANNEL PHOTO IMAGE CONVERTERS WITH COLOR SEPARATION WITH VERTICALLY INTEGRATED P-N-JUNCTIONS

The result of study photosensitive structures based on multichannel vertically integrated p-n junctions presented. Optical radiation in space-charge region of a multichannel vertically integrated structure are studied. The study based on analytical calculations of a one-dimensional thickness model of photosensitive cell structure and numerical calculations of its two- dimensional thickness model using the ISE TCAD device-technological computer-aided design system.

Keywords: photosensitive structures, multichannel vertically integrated p-n junctions, multichannel photo sell, image converters with color separation.

Data of authors:

Denisova Elena Aleksandrovna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Physics and Applied Mathematics MIET, Id. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: uzdovskii@list.ru;

Uzdovskii Valery Vladimirovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Institute of Physics and Applied Mathematics MIET, Id. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: uzdovskii@list.ru;

Khainovskii Vladimir Ivanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Physics and Applied Mathematics MIET, Id. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, e-mail: uzdovskii@list.ru АННОТАЦИИ ABSTRACTS

ОБЪЁМНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЭНЕРГИИ ДЕФОРМАЦИИ В СТРУКТУРАХ por-Si – H_2 O в окрестности точки фазового перехода воды

Решается задача моделирования объёмной плотности энергии деформации в мезопористых структурах на основе кремния с адсорбированной водой, замёрзшей в условиях пространственного ограничения (конфайнмента). Модель учитывает наличие на поверхностях пор мезопористого материала слоя диоксида кремния, структуру неоднородной среды и объёмные доли компонентов. Проведены численные расчёты значений указанной энергетической характеристики от изменения объемного содержания льда в исследуемых материалах.

Ключевые слова: пористый кремний, вода, лед, матричный композит, термоупругие характеристики, тензор концентрации напряжений, объёмная плотность энергии деформации, моделирование.

Сведения об авторах:

Бардушкин Андрей Владимирович,

Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН (Москва), e-mail: i170k@yandex.ru;

Яковлев Виктор Борисович, профессор РАН, д-р физ.-мат. наук, профессор, главный научный сотрудник и ученый секретарь Института нанотехнологий микроэлектроники РАН (Москва), e-mail: yakvb@mail.ru

ОТКАЗЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ, ВЫЗВАННЫЕ ЭФФЕКТАМИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАРЯДОВ И ОБРАЗОВАНИЯ ПАРАЗИТНЫХ КАНАЛОВ

В статье рассматриваются проблемы отказов работы интегральных микросхем (ИМС), вызванных эффектами распространения зарядов и образования паразитных каналов, и их предотвращение на начальных этапах проектирования. Кроме того, рассмотрены, обобщены и систематизированы вопросы, связанные с этими отказами. В статье приведены некоторые практические примеры, учитывающие современные методы и приёмы проектирования и изготовления ИМС, которые могут быть использованы для повышения их надёжности с учётом современных тенденций развития микроэлектроники.

Ключевые слова: уязвимость и повышение надёжности ИМС, эффект образования паразитных каналов, эффект распространения зарядов.

Сведения об авторе:

Шубин Владимир Владимирович, кандидат технических наук, 630102, Сибирский федеральный округ, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Кирова, д. 86; Акционерное общество «Новосибирский завод полупроводниковых приборов Восток», 630082, г. Новосибирск, ул. Дачная, 60, e-mail: shubin@nzpp.ru

BULK STRAIN ENERGY DENSITY IN por-Si – H2O STRUCTURES NEAR THE PHASE TRANSITION POINT OF WATER

The problem of modeling the bulk strain energy density in mesoporous silicon-based structures with adsorbed water frozen under conditions of spatial limitation (confinement) is solved. The model takes into account the presence of a silicon dioxide layer on the pore surfaces of the mesoporous material, the structure of the inhomogeneous medium, and the volume fractions of the components. Numerical calculations of the values of the indicated energy characteristics from changes in the volumetric ice content in the materials under study were carried out.

Keywords: porous silicon, water, ice, matrix composite, thermoelastic properties, stress concentration tensor, bulk strain energy density, modeling.

Data of authors:

Bardushkin Andrey Vladimirovich,

Institute of Nanotechnologies of Microelectronics RAS (Moscow), e-mail: i170k@yandex.ru;

Yakovlev Victor Borisovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Science, Chief Scientific Officer of Institute of Nanotechnology of Microelectronics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Nagatinskaya street, house 16a, e-mail: yakvb@mail.ru

FAILURES OF INTEGRATED CIRCUITS CAUSED BY THE EFFECTS OF CHARGE PROPAGATION AND PARASITIC CHANNEL FORMATION

The article deals with the problems of failures of integrated circuits (IC) caused by the effects of charge propagation and the formation of parasitic channels and their prevention at the initial stages of design. In addition, the issues related to these refusals are considered, summarized and systematized. The article presents some practical examples that take into account modern methods and techniques of designing and manufacturing ICS, which can be used to improve their reliability, taking into account current trends in the development of microelectronics.

Keywords: Charge Propagation Effect, Effect of Parasitic Channels Formation. **Data of author:**

Vladimir Vladimirovich Shubin, Candidate of Technical Sciences, Siberian State
University of Telecommunications and Information Science, 86, Kirov str.
Novosibirsk Region, Siberian Federal Area, Russia, 630102, e-mail: shubin@nzpp.ru