

**Study of burn action emulsion cosmetic product / L.V. KRICHKOVSKAYA, V.S. MARCHENKO, A.P. BELINSKAYA // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 28 (1071). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 66 – 72. – Bibliogr.: 8 names. – ISSN 2079-0821.**

In this paper a study of burn action emulsion cosmetic cream, which is composed of natural antioxidants sesamol, sesamin, and  $\beta$ -carotene. With the assessment of the state of the skin of volunteers after irradiation with ultraviolet irradiation demonstrated a synergistic effect of these antioxidants in the cosmetic composition.

**Keywords:** UV-filters, antioxidants, sesamol, sesamin,  $\beta$ -carotene, cosmetic cream, skin erythema.

УДК 666.651.2

**Г.В. ЛИСАЧУК**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,

**Р.В. КРИВОБОК**, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,

**А.В. ЗАХАРОВ**, асп., НТУ «ХПИ»,

**Е.Ю. ФЕДОРЕНКО**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,

**Ю.Д. ТРУСОВА**, ст. научн. сотр, НТУ «ХПИ»

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАДИОПРОЗРАЧНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

В статье рассмотрены основные направления создания радиопрозрачных керамических материалов, применяемых для ракетной и космической техники. На основании проведенных исследований определены состав и технологические параметры получения цельзиановой и Sr – анортитовой керамики. Изучено влияние минерализирующих добавок на физико-механические свойства цельзиановой и Sr – анортиовой керамики. Установлен фазовый состав продуктов обжига.

**Ключевые слова:** радиопрозрачная керамика, цельзиан, Sr – анортит, минерализатор

Керамические радиопрозрачные материалы рассматриваются как перспективный материал для ракетной и космической техники [1 – 3] Основными показателями их свойств являются малые диэлектрические потери в интервале рабочих температур ( $\operatorname{tg} \delta 10^{-2}..10^{-5}$ ,  $\epsilon < 10$ ) и низкие значения коэффициента отражения радиоволн.

Одним из перспективных направлений в специальной керамике – является разработка радиопрозрачных материалов.

К составным элементам ракетных и летательных аппаратов, которые изготавливаются из керамики, относятся: передние кромки, головные части ракет (носовые конусы), обтекатели антенн, сопла и втулки ракетных двигателей, радиопрозрачные окна. Внешний вид обтекателя антенны летательного аппарата приведен на рис. 1.

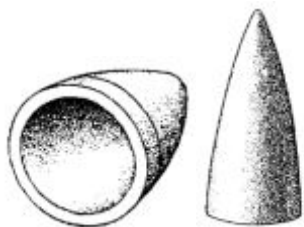


Рис. 1 – Внешний вид антенного обтекателя

К радиопрозрачным обтекателям помимо высоких радиотехнических характеристик (низкого значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь) предъявляется ряд требований: высокое значение термостойкости и огнеупорности, низкое значение температурного коэффициента линейного расширения и одновременно осуществление защиты

от внешних воздействий находящихся под ними антенн и радиолокационного оборудования.

В настоящее время в мировой практике в качестве радиопрозрачных материалов используют большое количество материалов, которые можно разделить по составу на органические и неорганические (рис. 2).



Рис. 2 – Классификация радиопрозрачных материалов

Основными недостатками радиопрозрачных материалов на органической основе являются низкая термостойкость (при максимальной температуре 400 – 500 °С выдерживают не более 2 – 3 мин.), а также значительное изменение диэлектрических свойств с ростом температуры. Радиопрозрачные материалы на основе органических соединений, изготавливаемые в основном из стеклопластиков, находили свое применение до 1970 годов, они обладают хорошими механическими и радиотехническими свойствами, и технологичностью. Одним из основных недостатков стеклопластиков являются, как и для всех других органических соединений, низкие значения температур эксплуата-

ции 300 – 400 °С.

Наиболее перспективным направлением создания радиопрозрачных материалов являются неорганические материалы, которые характеризуются высокой изотропностью свойств, термостойкостью и радиопрозрачностью в широком частотном диапазоне радиочастот. Существенная роль отводится керамическим материалам для решения проблемы термостойкости при высоких температурах. С особой остротой эта проблема встала в связи с необходимостью возвращения космических объектов на землю, входящих в земную атмосферу с огромной скоростью. В плотных слоях атмосферы их поверхность нагревается до температур, превышающих 2000 °С.

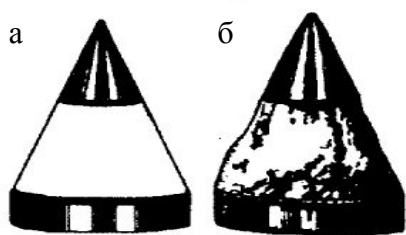


Рис. 3 – Внешний вид головного обтекателя: а – до испытаний, б – после испытаний.

Например, на рис. 3 приведен внешний вид головных обтекателей, изготовленных на основе SiO<sub>2</sub>. В настоящее время для создания радиопрозрачных материалов широко используются керамические материалы на основе кварцевой, высокоглиноземистой и муллитовой керамики, нитридов кремния и бора и др. В табл. 1 приведены основные

преимущества и недостатки керамических радиопрозрачных материалов.

Таблица 1 – Радиопрозрачные керамические материалы

Название материала	Преимущества	Недостатки
Кварцевая керамика	Высокая термостойкость, стабильность диэлектрических характеристик в широком интервале температур	Высокая температура плавления, малая механическая прочность, верхняя граница рабочих температур 1000 °С
Высокоглиноземистая керамика	Высокие прочностные свойства, устойчивость к воздействию агрессивных сред	Высокая температура спекания, низкая устойчивость к термоудару – не выше 200 °С
Керамика на основе нитрида кремния	Высокие прочностные характеристики при высоких температурах (1500 °С), хорошо противостоит окислению и термическим воздействиям	Высокая температура спекания, сложный технологические процесс получения
Керамика на основе нитрида бора	Обладает наилучшими диэлектрическими характеристиками в области температур до 2000 °С	

На основании проведенного литературного обзора было выбрано направление создания радиопрозрачных керамических материалов на основе электротехнической керамики. Физико-технические и химические свойства кристаллов, составляющих основу электротехнических материалов, приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Свойства кристаллов, составляющих основу радиопрозрачной керамики

Соединение	Сингония	Диэлектрическая проницаемость $\epsilon$	Тангенс угла диэлектрических потерь $10^4 \text{ tg}\delta$ , 1МГц
<i>Анортит</i> $\text{SrO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$	Моноклинная	6,2 – 6,8	11 – 50
Анортит $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$	Триклинная	6 – 7	2 – 3
Волластонит $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	Триклинная	5	3
Кварц $\beta\text{-SiO}_2$	Тригональная	4,5	3
Клиноэнстатит $\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$	Моноклинная	7	3
Корунд $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$	Тригональная	9,9 – 10,5	1 – 2
Муллит $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$	Ромбическая	7	5 – 10
Нитрид бора BN	Гексагональная	4,2	2
Нитрид кремния $\text{Si}_3\text{N}_4$	Гексагональная	8	2,4
Периклаз MgO	Кубическая	–	3
Сподумен $\text{Li}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$	Тетрагональная	7,4	70 – 155
Форстерит $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$	Ромбическая	7	1 – 3
<i>Цельзиан</i> $\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$	Моноклинная	6,5 – 7	1 – 2
Циркон $\text{ZrO}_2\cdot\text{SiO}_2$	Тетрагональная	12,5 – 12,6	5 – 100
Шпинель $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	Кубическая	8	3

Из табл. 2 видно, что все кристаллические фазы имеют пониженные значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.

Для дальнейшего исследования возможности создания радиопрозрачных материалов для обтекателей ракет, были выбраны цельзиановая ( $\text{BaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ) и Sr – анортитовая ( $\text{SrO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ ) керамика.

Эти два керамических материала являются перспективными вследствие их практически постоянных значений диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь при высоких температурах и высоких частотах (35 ГГц) рис. 4.

Для создания радиопрозрачных керамических материалов используют кристаллическую фазу цельзиана и Sr – анортита моноклинной модификации (сингонии), которая по сравнению с гексагональной имеет более высокую температуру плавления, пониженный коэффициент термического расшире-

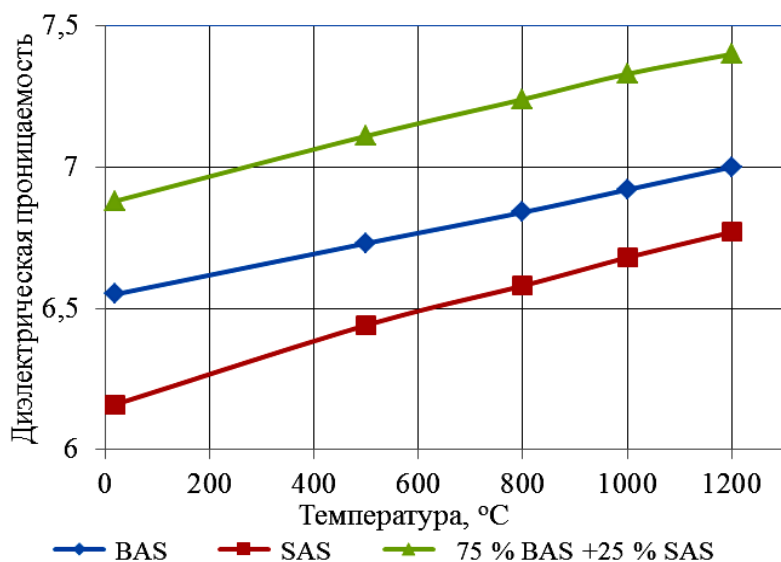


Рис. 4 – Температурная зависимость диэлектрической проницаемости керамики

тем.

Составы смесей, используемые для синтеза радиопрозрачных материалов, отвечали стехиометрическому соотношению фазообразующих оксидов в составе цельзиана и Sr – анортита (табл. 3).

Таблица 3 – Химический состав исследуемых образцов

Шифр составов	Содержание оксидов, масс. %						
	SrO	BaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
SAS	31,73	–	36,8	31,37	0,01	0,08	0,01
BAS	–	40,75	31,93	27,23	0,01	0,07	0,01
SAS+BAS	14,74	21,82	34,2	29,15	0,01	0,07	0,01

Задача исследований на данном этапе состояла получение керамического материала с максимальным содержанием заданной кристаллической фазы за счет использования минерализующих добавок.

В качестве минерализующих добавок, были выбраны следующие: циркон, NaF, TiO<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, MgO, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, которые вводились в составы керамических масс в количестве 3 масс. %.

Приготовление керамических образцов проводили по следующей технологии.

Для приготовления керамической массы сырьевые компоненты вместе с минерализующей добавкой смешивали в фарфоровой мельнице до остатка 4 – 6 % на сите 10000 отв./см<sup>2</sup>.

ния, низкое значение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь в широком температурном и частотном диапазоне [4]. Выбор составов и температуры синтеза цельзианой и Sr – анортитовой керамики проводили на основании диаграмм состояния соответствующих трехкомпонентных систем.

Прессование образцов проводили на гидравлическом прессе П-125 при удельном давлении 20 МПа.

Отпрессованные образцы сушили в сушильном шкафу при температуре 110 °С в течении 3 часов.

Продолжительность термообработки при максимальной температуре обжига 1350 °С составляла 5 часов.

Зависимости водопоглощения образцов керамики от вида минерализующей добавки приведены на рис. 5.

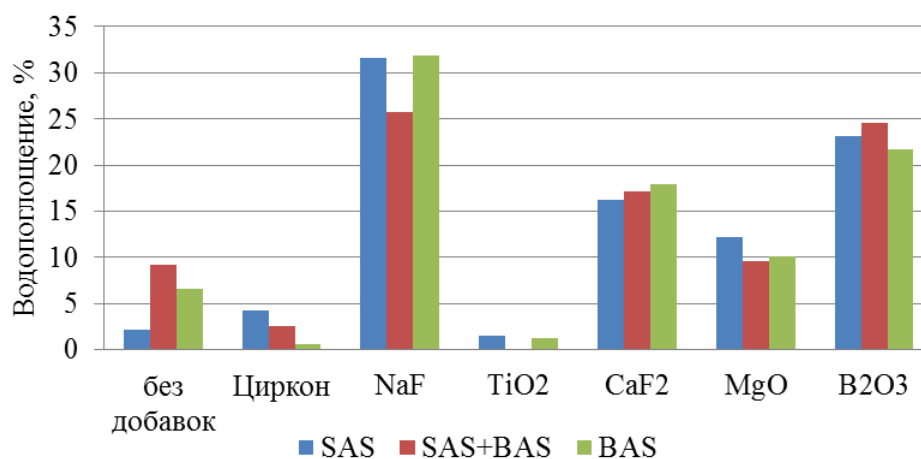


Рис. 5 – Влияние минерализующих добавок на водопоглощение керамики

Из данных рис. 5 следует, что наилучшее влияние на степень спекания оказывает добавка  $TiO_2$  для серии SAS+BAS, которая снижает этот показатель до нулевого значения.

Остальные минерализаторы практически не способствуют образованию нужного количества кристаллической фазы (цельзиан и Sr – анортит) в исследуемой керамике.

Поэтому наши дальнейшие исследования проводились с минерализатором  $TiO_2$  для серии керамики SAS+BAS.

Находящийся в составе керамики  $TiO_2$  положительно влияет на образование в составе керамики твердых растворов цельзиана и Sr – анортита, тем самым, улучшая прочностные свойства керамического материала. Это подтверждается данными исследования прочностных характеристик и рентгенофазового анализа. Предел прочности при сжатии керамики состава SAS+BAS с минерализатором  $TiO_2$  составляет 97,1 МПа. Дифрактограмма продуктов синтеза приведена на рис. 6.

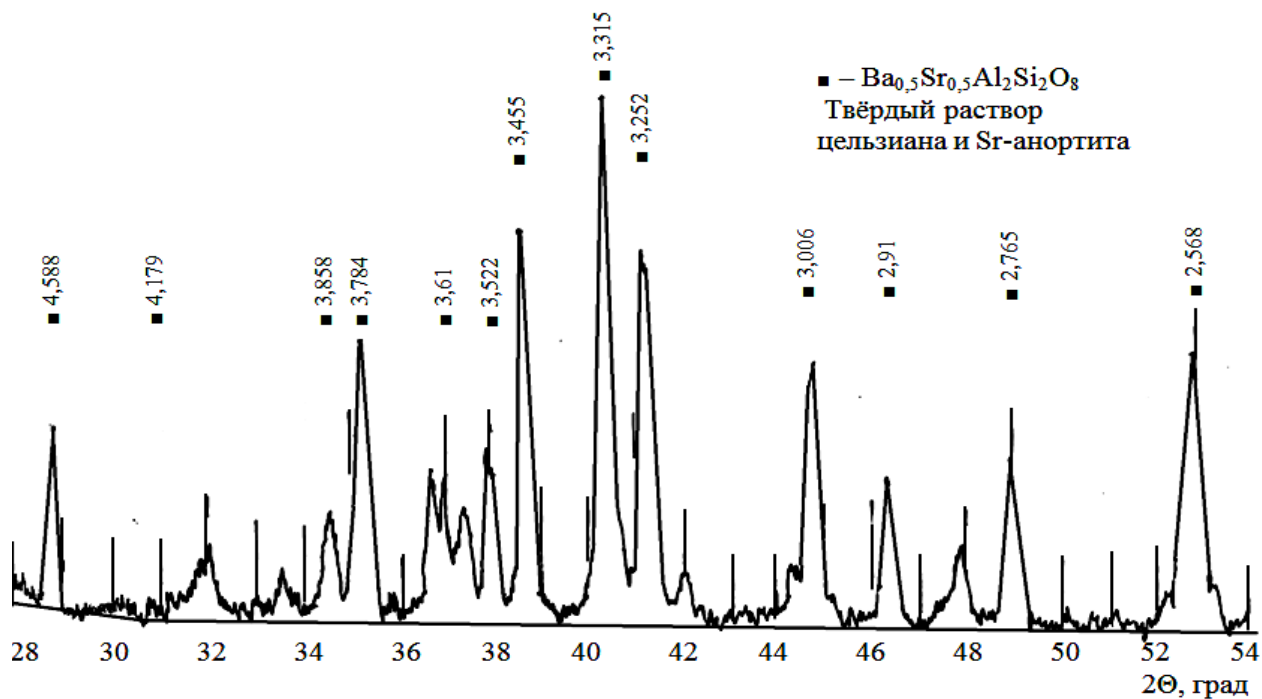


Рис. 6 – Дифрактограмма продуктов синтеза керамики

## Выводы

Установлено, что введение в состав керамики серии SAS+BAS минерализатора  $\text{TiO}_2$  в количестве 3 масс. % обеспечивает синтез заданной кристаллической фазы – цельзиана и Sr – анортита, получение нулевого водопоглощения и увеличение прочностных характеристик исследуемой керамики (предел прочности при сжатии составляет 97,1 МПа).

**Список литературы: 1.** Саркисов П.Д. Современные достижения в области создания высокотемпературных радиопрозрачных материалов / [П.Д. Саркисов, Д.В. Гращенков, Л.А. Орлова и др.] // Техника и технология силикатов. – 2009. – № 1. – С. 2 – 10. **2.** Радиопрозрачные обтекатели летательных аппаратов. Проектирование, конструкционные материалы, технология производства, испытания: учеб. пособие / [А.Г. Ромашин, В.Е. Гайдачук, Я.С. Карпов, М.Ю. Русин]. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 239 с. **3.** Михеев С.В. Керамические и композиционные материалы в авиационной технике / С.В. Михеев, Г.Б. Строганов, А.Г. Ромашин. – М.: «Альтекс», 2002. – 275 с. **4.** Лисачук Г.В. Перспективы создания керамических радиопрозрачных материалов / [Г.В. Лисачук, Р.В. Кривобок, А.В. Захаров, Е.Ю. Федоренко] // Технология и применение огнеупоров и технической керамики: Междунар. конф., 29-30 апр. 2014 г.: тезисы докл. – Х., 2014. – С. 50.

**References: 1.** Sarkisov P.D. Recent advances in the field of high-temperature materials radiotransparent / [P.D. Sarkisov, D.V. Grashhenkov, L.A. Orlova et all] // Technique and technology of silicates. – 2009. – № 1. – P. 2 – 10. **2.** Radioparent aircraft radomes. Design, construction materials, production technology, testing: textb. allowance / [A.G. Romashin, V.E. Gajdachuk, Ja.S. Karpov, M.Ju. Rusin]. – Kharkov:

Нас. аерокосм. ун-т «Khark. aviac. in-t», 2003. – 239 p. **3.** *Miheev S.V.* Ceramic and composite materials in aircraft engineering / *S.V. Miheev, G.B. Stroganov, A.G. Romashin.* – Moscow: «Al'teks », 2002. – 275 p. **4.** *Lisachuk G.V.* Prospects for the creation of ceramic materials radiotransparent / [*G.V. Lisachuk, R.V. Krivobok, A.V. Zakharov, E.Ju. Fedorenko*] // Technology and application of refractories and technical ceramics: Internat. conf., 29-30 apr. 2014.: abstracts. – Kharkov, 2014. – P. 50.

*Поступила в редколлегию (Received by the editorial board) 22.05.14*

УДК 666.651.2

**Перспективные радиопрозрачные керамические материалы для ракетной и космической техники / Г.В. ЛИСАЧУК, Р.В. КРИВОБОК, А.В. ЗАХАРОВ, Е.Ю. ФЕДОРЕНКО, Ю.Д. ТРУСОВА** // Вісник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 28 (1071). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 72 – 79. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0821.

В статті розглянуті основні напрямки створення радіопрозорих керамічних матеріалів, що використовуються для ракетної та космічної техніки. На основі проведених досліджень визначені склад та технологічні параметри отримання цельзіанової та Sr – анортитової кераміки. Вивчено вплив мінералізуючих добавок на фізико-механічні властивості цельзіанової та Sr – анортитової кераміки. Встановлено фазовий склад продуктів випалу.

**Ключові слова:** радіопрозора кераміка, цельзіан, Sr – анортит, мінералізатор

UDC 666.651.2

**Prospective radiotransparent ceramic materials for rocket and space technology / G.V. LISACHUK, R.V. KRIVOBOK, A.V. ZAKHAROV, E.Ju. FEDORENKO, Yu.D. TRUSOVA** // Visnyk NTU «KhPI». – 2014. – № 28 (1071). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. 72 – 72. – Bibliogr.: 4 names. – ISSN 2079-0821.

Basic directions of creation of the radiotransparent ceramic materials applied for a rocket and space technique are considered in the article. On the basis of undertaken studies composition and technological parameters (of receipt of celsian and Sr – anorthite ceramics are certain. Influence of mineralizing additions is studied on physical and chemical properties of celsian ceramics. Phase composition of products of burning is set.

**Keywords:** radiotransparent ceramics, celsian, Sr – anorthite, mineralizer