



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29864 (13) A

(51) 6 C03C8/02, 3/22

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СКЛОФРИТА ДЛЯ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ТА КОМПОЗИЦІЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНИХ СКЛОКЕРАМІЧНИХ ПОКРИТТІВ НА ЇЇ ОСНОВІ

(21) 97094537

(22) 09.09.1997

(24) 15.11.2000

(33) UA

(46) 15.11.2000, Бюл. № 6, 2000 р.

(72) Голеус Віктор Іванович, Білий Олександр Якович, Носенко Олександр Васильович, Білий Яків Іванович, Сопільняк Олександр Михайлович, Жирнов Леонід Іванович, Гарасюк Анатолій Дмитрович
(73) Голеус Віктор Іванович, Білий Яків Іванович, Білий Олександр Якович, Сопільняк Олександр Михайлович, Гарасюк Анатолій Дмитрович

(57) 1. Склофрита для електроізоляційних покриттів, що включає SiO_2 , B_2O_3 , CaO , MgO , CoO , яка відрізняється тим, що вона додатково містить

Al_2O_3 , Fe_2O_3 і ZrO_2 при такому співвідношенні компонентів, мас. %: SiO_2 - 29,7-38,0; B_2O_3 - 8,7-25,0; Al_2O_3 - 0,1-5,0; CaO - 26,0-38,6; MgO - 12,9-17,5; ZrO_2 - 0,1-1,5; Fe_2O_3 - 0,1-1,0; CoO - 0,1-0,5.

2. Композиція для електроізоляційних склокерамічних покриттів, що включає склофриту, яка кристалізується, і кварцевий пісок, яка відрізняється тим, що основу її складає склофрита, що містить, мас. %: SiO_2 - 29,7-38,0; B_2O_3 - 8,7-25,0; Al_2O_3 - 0,1-5,0; CaO - 26,0-38,6; MgO - 12,9-17,5; ZrO_2 - 0,1-1,5; Fe_2O_3 - 0,1-1,0; CoO - 0,1-0,5; додатково містить циркон при такому співвідношенні компонентів, мас. %: склофрита - 78,1-91,7; кварцевий пісок - 0,1-14,9 і циркон - 0,1-15,6.

Винахід відноситься до складів склофрит та склокераміки, призначених для одержування електроізоляційних покриттів на сталі, частково - для одержання покриттів на підкладках із сталі 04X17T, 40X13, 20X13 та інших марок, які використовуються у виробництві плівкових нагрівачів. Такі нагрівачі, наприклад, можуть використовуватись у виробництві конфорок побутових електропечей.

У відповідності до ДСТ 25570.0 та ДСТ 2757.14 до основних вимог, яким повинні задовольняти ці покриття, відносяться:

- пробивна напруга при товщині покриття ~200 мкм і при кімнатній температурі повинна бути не менше 2000 В, а при робочій температурі - не менше 1500 В;
- ток витоку між токоведучими частинами та корпусом електроконфорки при робочій температурі повинен бути не більше 1 мА;
- покриття повинно бути жаростійким і термостійким.

Того що основними переносниками електричного заряду в стеклах є іони лужних металів, то покриття, які задовольняють цим вимогам, можуть бути отримані на основі безлужних кристалізуючихся склофрит (ситалоцементів) або композицій

(склокераміки), які утримують, окрім ситалоцементів, також тугоплавкі та вогнетривкі речовини (корунд, периклаз, алюмосилікати та інше).

Окрім повного виключення оксидів лужних металів із складу електроізоляційних покриттів, бажано також, щоб в їх складі утримувалась мінімально можлива кількість оксидів двовалентних металів (MeO). Це сприяє підвищенню жаростійкості і електричної міцності покриттів.

На електричну міцність покриттів, окрім оксидного складу скло- і кристалофази склокераміки, впливає також і їх поруватість. Найбільша пробивна напруга характерна для не поруватих покриттів. Це може бути досягнуто вибором складу склофрити з відповідними властивостями, а також вибором оптимального співвідношення між кількістю склофрити і тугоплавкого компонента в композиції.

Відомий склад склофрити для діелектричних покриттів на сталі (Патент України на винахід № 7348 "Склофрита для одержування діелектричних покриттів на сталі", C03C8/081, який включає, мас. %: SiO_2 - 13,4-17,6; B_2O_3 - 9,6-16,0; BaO - 30,0-42,7; MgO - 23,6-28,3; Al_2O_3 - 0,4-4,3; P_2O_5 - 0,5-4; SrO - 1,5-8,7 і забезпечує отримання випалом при 850°C склокристалічних покриттів. Ці покриття мають температуру початку разм'якшення 830-860°, що забезпечує необхідні електроізоляційні властивості покриттів при максимально можливій температурі експлуатації плівкових нагрівачів (~500°C).

* Склофрита - це скло, яке отримують виливанням склоутворюючого розплаву у воду. Цей процес називається грануляцією скла, а продукт її називається склофритою або просто фритою.

Суттєвим недоліком цієї фрити є те, що покриття на її основі мають термічний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР), який дорівнює $120\text{--}140 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$ і значно перевищує ТКЛР підкладки з сталі 04Х17Т ($105\text{--}110 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$). Це обумовлює не виконання вимог до термостійкості покриттів і викликає розтріскування та злучення їх з підкладки при змінному нагріванні та охолодженні.

Відома склофрита для склокерамічного покриття на підкладках з маловуглецевої сталі, стабілізованої титаном (Патент США № 4385127, C03C3/22), яка включає, мас. %: BaO – 10-60; B₂O₃ – 5-10; SiO₂ – 25-40; Al₂O₃ – 0-15; CaO – 0-15; MgO – 10-35; ZnO – 0-16. Відмічається, що в склофриті сумарний вміст Al₂O₃, CaO і ZnO повинен дорівнювати 5-20%. Покриття на основі цієї склофрити отримують випалом при $t=850\text{--}1000^\circ\text{C}$ і характеризуються значеннями ТКЛР, які дорівнюють $75\text{--}150 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$.

Недоліком цієї склофрити є відносно висока її густина ($3,2\text{--}3,5 \text{ г/см}^3$), яка обумовлена підвищенням вмісту в її складі BaO. В зв'язку з цим суспензія на основі ізопропанолу, яка застосовується при електрофоретичному способі нанесення подрібненої склофрити на поверхню металу, характеризується недостатньою седиментаційною стійкістю. Вказане викликає, відповідно, значну нестабільність технологічного процесу отримання електрофоретичних покриттів.

Іншим недоліком цієї склофрити є висока температура випалу покриттів ($850\text{--}1000^\circ\text{C}$). Випал при цій температурі призводить до значної деформації великих за розміром підкладок (наприклад, діаметр яких більше 120 мм), що недопустимо при виготовленні пліткових нагрівачів, тому що утруднює виконання наступних технологічних операцій, пов'язаних з нанесенням провідників методом трафаретного друку.

Відомий склад склофрити для ізоляційних покриттів (Патент США № 4358541, C03C3/22), який включає, мас. %: SiO₂ – 25-40; B₂O₃ – 0-25; Al₂O₃ – 0-10; CaO – 0-35; MgO – 5-35; ZnO – 0-25, який забезпечує отримання покриттів з ТКЛР, що дорівнює $80\text{--}125 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$, і, відповідно, узгоджених по ТКЛР з маловуглецевою сталлю.

Недоліком цієї склофрити є висока температура випалу покриттів ($850\text{--}1000^\circ\text{C}$).

Загальним недоліком всіх вищезазначених складів склофрит є надмірно висока температура їхнього варіння ($1350\text{--}1450^\circ\text{C}$). Одержані при такій температурі склоутворюючі розплави відрізняються високою хімічною активністю до матеріалу найбільш доступних вогнетривких тиглів (шамотних або корундових), що призводить до передчасного їхнього руйнування. Тому для варіння вказаних склофрит змушені використовувати платинові тигли. Це, в свою чергу, підвищує вартість і утруднює застосування вказаних безлужних склофрит в серійному виробництві пліткових нагрівачів.

За технічною суттю і досягнутому результату найбільш близьким до запропонованого є склад склофрити для ізоляційних покриттів на сталевих і титанових підкладках (прототип 1) (Патент України на винахід № 8553 "Склофрита для ізоляційних покриттів на сталевих та титанових підкладках", C03C8/02), утримуючий в своєму складі, мас. %:

SiO₂ – 16,8-33,8; B₂O₃ – 8,1-26,1; CaO – 25,4-45,8; MgO – 12,2-29,9; CoO – 0,1-1,4; MnO – 0,1-1,4.

Цей склад забезпечує отримання склофрит розплавленням їх шихт при більш низькій температурі $1250\text{--}1300^\circ\text{C}$. Іншою перевагою склофрит вказаного складу є порівняно менша їх густина ($2,72\text{--}2,95 \text{ г/см}^3$), а також те, що склокристалічні покриття на їх основі отримують випалом при відносно невисокій температурі $840\text{--}850^\circ\text{C}$ і з ТКЛР, який дорівнює $80\text{--}103 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$ і який є, відповідно, найбільш узгоджений з ТКЛР сталі 04Х17Т.

Головним недоліком покриттів, отриманих на основі вказаної склофрити є недостатня їх електрична міцність (пробивна напруга при товщині покриття $\sim 200 \text{ мкм}$ менше 2000 В) і невисока жаростійкість (температура початку розм'якшення не вище 750°C). Того що температура максимальної швидкості кристалізації цієї склофрити ($870\text{--}900^\circ\text{C}$) вища за температуру її випалу ($840\text{--}850^\circ\text{C}$), то відмічені недоліки покриттів обумовлені низьким показником її закристалізованості.

Відомий діелектричний склад (Авторское свидетельство № 574776. Диэлектрический состав для межслойной изоляции. МКЛ² Н01В3/08, 1977), в якому поряд з склофритою (ситалоцемент СЦ-273), яка утримує оксиди PbO, SiO₂, ZnO і TiO₂, для поліпшення електрофізичних властивостей електроізоляційних покриттів вміщується також $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ в кількості 16-24 мас. %.

Недоліком цих покриттів є низький їх ТКЛР ($55\text{--}65 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$), який значно відрізняється від ТКЛР сталі 04Х17Т ($105\text{--}110 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$). Вказане обумовлює недостатню термостійкість покриттів, а також викликає розтріскування та злучення їх з сталлю підкладки при змінному нагріванні і охолодженні її.

Іншим недоліком цих покриттів є порівняно невисока їх жаростійкість (покриття розм'якшуються при нагріванні їх вище $760\text{--}800^\circ\text{C}$).

Відомий діелектричний склад (Авторское свидетельство № 154913. Диэлектрический состав для межслойной изоляции. МКЛ⁵ Н01L21/76, 1988), який для підвищення жаростійкості (до 850°C) та електричної міцності (до 11 кВ/мм) покриттів поряд з ситалоцементом СЦ-273 утримує також 30-35 мас. % $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ і 1-5 мас. % оксиду кремнію SiO₂.

Недоліком покриттів такого складу є низький їх ТКЛР. Відомий склад склокераміки (Авторское свидетельство № 1648934. Керамический материал. МКЛ⁵ C04В35/10, C03C10/00, 1991), який з метою поліпшення діелектричних властивостей покриттів і підвищення їх температури розм'якшення більше 900°C утримує (мас. %): боросилікатну склофриту, яка вміщує оксиди SiO₂, B₂O₃, BaO, MgO і ZnO, 49,9-60,0; $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 35,0-55,0 та кварцовий пісок 0,1-9,4.

Недоліком покриттів такого складу є низький їх ТКЛР.

За технічною суттю і досягнутому результату найбільш близьким до запропонованого є склад шихти для отримання покриттів (прототип 2) (Авторское свидетельство № 995479. Шихта для получения покрытия. МКЛ³ C04В41/06, 1981), який з метою отримання захисних і електроізоляційних покриттів на платиновіродієвих сплавах утримує в

своєму складі (мас. %): склофриту - 30-45; α - Al_2O_3 - 44-68; бентоніт 0,2-1,0 і кварцовий пісок 1-10. Склофрита має такий кількісний склад (мас. %): B_2O_3 - 9,5-10,5; CaO - 16,6-17,4; MgO - 3,6-4,4; Al_2O_3 - 14,5-15,5; SiO_2 - решта.

Недоліком цих покриттів є низький їх ТКЛР ($60\text{--}68 \cdot 10^{-7} \text{ град}^{-1}$) та надмірно висока температура випалу ($1300\text{--}1450^\circ\text{C}$), при якій покриття має мінімальну поруватість (1-3%). Відмічене викликане високою температурою початку розм'якшення (830°) і великою в'язкістю розплаву склофриту.

В основу винаходу поставлено задачу поліпшення властивостей електроізоляційних покриттів для пливкових нагрівачів шляхом вдосконалення складів як базової склофриту, так і склокераміки на її основі з метою забезпечити підвищення жаростійкості та електричної міцності склокристалічних покриттів, які одержують випалом при температурі $780\text{--}900^\circ\text{C}$, і характеризуються узгодженими значеннями ТКЛР зі сталлю 04Х17Т.

Мета вдосконалення складу склофриту, яка вміщує SiO_2 , B_2O_3 , CaO , MgO і CoO , досягається шляхом додаткового введення до її складу Al_2O_3 , Fe_2O_3 і ZrO_2 при такому їх співвідношенні (мас. %): SiO_2 - 29,7-38,0; B_2O_3 - 8,7-25,0; Al_2O_3 - 0,1-5,0; CaO - 26,0-38,6; MgO - 12,9-17,5; ZrO_2 - 0,1-1,5; Fe_2O_3 - 0,1-1,0; CoO - 0,1-0,5.

Відмінними ознаками винаходу, який пропонується, в порівнянні з відомими та прототипом 1, є додаткове введення до складу склофриту оксидів Al_2O_3 , Fe_2O_3 і ZrO_2 при оптимальному співвідношенні в ній останніх компонентів, які забезпечують без підвищення температури варіння склофриту поліпшення електричної міцності та жаростійкості покриттів на її основі.

Конкретні складі склофрит та властивості склокристалічних матеріалів на їх основі надані в табл. 1 і 2.

Як впливає з даних табл. 2 склокристалічні покриття, які отримані на сталі випалом при $840\text{--}860^\circ\text{C}$, відрізняються від прототипу 1 більшою електричною міцністю та жаростійкістю. Поліпшення вказаних властивостей покриттів обумовлене порівняно більшою їх закристалізованістю, яка забезпечується зниженням температури максимальної швидкості кристалізації склофриту до температурного інтервалу випалу покриттів.

Пониженню температури кристалізації склофриту сприяє введення до її складу ZrO_2 і Al_2O_3 в указаній кількості.

Забезпечення необхідної адгезії покриття до поверхні сталі досягається введенням до складу склофриту CoO і Fe_2O_3 .

Густина запропонованої склофриту знаходиться на рівні прототипу 1 (табл. 2), що дає підставу передбачати про можливість отримання суспензії на основі ізопропанолу (або інших спиртів) з седиментаційною стійкістю не гірше, ніж з використанням скла за прототипом 1. Окрім того, значення ТКЛР покриттів, які отримані випалом при температурі $800\text{--}850^\circ\text{C}$, показують, що вони є найбільш узгодженими з ТКЛР сталевий підкладки.

Мета вдосконалення складу склокераміки досягається тим, що композиція для електроізоляційних покриттів, яка вміщує склофриту і кварцовий пісок, згідно з винаходом додатково вміщує циркон (ZrSiO_4), а склофрита вміщує оксиди SiO_2 ,

B_2O_3 , CaO , MgO , CoO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , ZrO_2 , при такому співвідношенні компонентів (мас. %): склофрита 78,1-91,7; кварцовий пісок 0,1-14,9 і циркон (ZrSiO_4) 0,1-15,6.

Відмінними ознаками запропонованого складу склокераміки в порівнянні з відомими та прототипом 2 є використання як основи композиції менш в'язкої склофриту, яка кристалізується при температурі $840\text{--}860^\circ\text{C}$, і додаткове введення до складу композиції циркону при оптимальному співвідношенні в ній решти компонентів, які в порівнянні з прототипом 2 забезпечують отримання при пониженої температурі випалу ($820\text{--}900^\circ\text{C}$ склокристалічних покриттів. Ці покриття узгоджені по ТКЛР з сталлю 04Х17Т і характеризуються незначною поруватістю і, відповідно, підвищеними жаростійкістю і електричною міцністю.

Конкретні складі склофрит, склокераміки і властивості покриттів на їх основі надано в табл. 3-5.

Пониження температури спікання (випалу) склокераміки до $800\text{--}900^\circ\text{C}$ і отримання практично не поруватих покриттів, які узгоджені по ТКЛР зі сталлю 04Х17Т забезпечується введенням в склад композиції базової склофриту, яка є менш в'язкою, ніж склофрита за прототипом 2 (табл. 3).

Необхідна жаростійкість покриттів (більше 920°C) досягається збільшенням ступеню його кристалічності, а також збільшенням в складі покриття таких тугоплавких компонентів як оксид SiO_2 (кварцовий пісок) та циркон.

Вказані зміни в складі композиції сприяють також зменшенню в покритті сумарного утримання двовалентних металів (MeO) і, відповідно, збільшенню їх електричної міцності.

Шихти склофрит можуть бути складені з кварцового піску, вуглекислого кальцію, циркону, борної кислоти та оксидів магнію, заліза і кобальту. Необхідна кількість шихтових матеріалів розраховується, виходячи з оксидного складу склофрит (табл. 1).

Після дозування компонентів шихти (за допомогою терезів) необхідно виконати протягом 15-30 хвилин змішування їх у порцеляновому кульовому млині. Потім готова шихта завантажується в шамотні або корундові тиглі і розміщується в попередньо нагріту до $1250\text{--}1300^\circ\text{C}$ електричну піч. Варіння склофриту здійснюється протягом 40-80 хвилин. За цей час шихта розплавляється та утворює гомогенний склоутворюючий розплав. Гомогенність склоутворюючого розплаву контролюється пробою скляної нитки, яка для готового розплаву повинна бути без вузлів та кристалічних вкраплень. Готові розплави гранують виливанням його у холодну воду (мокрый спосіб) або на охолоджені сталні вальці (сухий спосіб).

Для одержання електроізоляційних покриттів отриманим таким чином склофриту та інші складові композицій дозуються відповідно до табл. 4, завантажуються у кульовий млин та подрібнюються до одержання шихти склокераміки з дисперсністю, яка оцінюється питомою поверхнею в $3000\text{--}5000 \text{ см}^2/\text{г}$.

Покриття на сталні підкладки можуть бути нанесені методом електрофоретичного осадження та трафаретного друку.

Для одержання електрофоретичних покриттів з отриманої таким чином шихти склокераміки та ізопропанолу (або іншого спирту) готують змішуванням у кульовому млині суспензії з утриманням твердої фази 50-200 г/л. При пропусканні через вказану суспензію постійного електричного струму напругою 250-350 В протягом 60-120 секунд на позитивно зарядженому електроді осаджуються необхідної товщини покриття, склад яких відповідає складові шихти склокераміки.

Для одержання покриттів методом трафаретного друку можуть бути використані пасти на основі органічних зв'язних (наприклад, 4% розчин

етилцелюлози в терпінеолі) з утриманням 70-80% шихти склокераміки. Паста готується змішуванням шихти склокераміки та зв'язного на спеціальних вальцях. Покриття наносять на сталю підкладину на станках трафаретного друку, які використовуються в товстоплівковій технології виготовлення електронних мікросхем.

Після нанесення покриттів вказаними методами їх закріплюють на сталених підкладках і одноразово перетворюють в склокристалічне становище випалом при 800-870°C впродовж 10-20 хвилин.

Таблиця 1

Склади склофрит, мас. %

| Оксиди | Номери склофрит | | | | | Прототип 1 |
|--------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| SiO ₂ | 29,7 | 33,7 | 32,1 | 35,8 | 38,0 | 16,8-33,8 |
| B ₂ O ₃ | 25,0 | 8,7 | 13,0 | 11,4 | 10,0 | 8,1-26,1 |
| Al ₂ O ₃ | 0,1 | 0,3 | 1,0 | 2,7 | 5,0 | - |
| CaO | 26,0 | 38,6 | 38,0 | 34,9 | 32,4 | 25,4-45,8 |
| MgO | 17,0 | 17,5 | 14,5 | 13,1 | 12,9 | 12,2-29,9 |
| ZrO ₂ | 1,5 | 0,4 | 0,7 | 0,9 | 0,1 | - |
| Fe ₂ O ₃ | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 0,6 | 1,0 | - |
| CoO | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1-1,4 |
| MnO | - | - | - | - | - | 0,1-1,4 |

Таблиця 2

Властивості склофрит і склокристалічних покриттів

| Властивості склофрит, склокристалічних матеріалів та умови їх визначення | Номери склофрит | | | | | Прототип 1 |
|--|-----------------|------|------|------|------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1. Густина скла, г/см ³ | 2,91 | 2,92 | 2,92 | 2,90 | 2,90 | 2,87 |
| 2. ТКЛР спеченого ситалу в інтервалі температур 20-400°C, α·10 ⁷ град ⁻¹ | 85 | 96 | 95 | 92 | 86 | 96 |
| 3. Напруга пробою склокристалічних покриттів, кВ/мм | 11,0 | 11,5 | 10,9 | 12,0 | 11,8 | 9,0 |
| 4. В'язкість розплавів стекол при температурі 1300°C, дПаС | 25 | 20 | 15 | 8 | 11 | 5 |
| 5. Температура кристалізації, °C | 840 | 845 | 850 | 850 | 855 | 900 |
| 6. Температура початку розм'якшення спечених ситалів, °C | 810 | 820 | 850 | 870 | 870 | 750 |

Таблиця 3

Склади склофрит (мас.%) і значення в'язкості їх розплавів

| Оксиди | Склофрита за прототипом 2 | Склофрита, яка пропонується |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| B ₂ O ₃ | 9,5-10,5 | 8,8-25,0 |
| Al ₂ O ₃ | 14,5-15,5 | 0,1-5,0 |
| CaO | 16,6-17,4 | 26,0-38,6 |
| MgO | 3,6-4,4 | 12,9-17,5 |
| ZrO ₂ | - | 0,1-1,5 |
| Fe ₂ O ₃ | - | 0,1-1,0 |
| CoO | - | 0,1-0,5 |
| SiO ₂ | решта | 29,7-38,0 |
| Дилатометрична температура розм'якшення склофрит, °C | 830 | 620-670 |
| Температура, при якій в'язкість склоутворюючого розплаву дорівнює 1000 дПаС, °C | 1190-1230 | 900-1000 |

Таблиця 4

Склад склокераміки, мас. %

| Компоненти | Номери складів | | | | |
|-----------------|----------------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Склофрита | 78,1 | 86,3 | 91,7 | 85,0 | 90,0 |
| Кварцовий пісок | 6,2 | 12,1 | 7,3 | 14,9 | 0,1 |
| Циркон | 15,6 | 0,9 | 0,9 | 0,1 | 9,9 |

Таблиця 5

Властивості склокристалічних покриттів

| Властивості склокристалічних матеріалів та умови їх визначення | Номери складів | | | | | Прототип 2 |
|--|----------------|------|------|------|------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1. Поруватість ситалів, спечених при 800-900°C, % | 0,1 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | 31-38 |
| 2. ТКЛР спечених ситалів в інтервалі температур 20-400°C, $\alpha \cdot 10^7$ град ⁻¹ | 89 | 95 | 92 | 93 | 85 | 60-68 |
| 3. Напруга пробою склокристалічних покриттів, кВ/мм | 13,0 | 12,5 | 14,0 | 14,3 | 13,9 | 8 |
| 4. Температура початку розм'якшення спечених ситалів, °C | 920 | 930 | 920 | 950 | 940 | 900 |

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 35 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22