

УДК 539

Л.В. Новікова, О.В. Вороненко

Запорізький державний технічний університет

## ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНОВОГО СКЛА ЯК МАТЕРІАЛУ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ

© Новікова Л.В., Вороненко О.В., 2001

**Вивчено структуру та властивості титанобарієвого скла двох систем:**

**1) без домішки міді; 2) з домішкою міді.**

**Встановлено вплив концентрації  $\text{TiO}_2$  у складі скла на ряд властивостей.**

**Відзначено, що для першої системи скла характерним є разом з підвищенням коефіцієнта заломлення, підвищення густини, рефракції й мольного об'єму зниження КТЛР та теплопровідності. Для другої системи останні два параметри зростають разом з першими чотирма.**

**A research into peculiar properties of titanium boracic glass was carried out involving its two systems:**

**1) without addition of copper; 2) with addition of copper.**

**An influence of  $\text{TiO}_2$  concentrations over a variety of properties was ascertained.**

**It was noted that the first glass system is distinguished by coefficients decrease of temperature linear expansion and heat conductivity together with the coefficients increase of refraction, density and gram-molecule volume. The final two characteristics as well as the initial four ones expand in relation to the second system.**

Титанобарієві матеріали широко застосовуються у виробництві радіоелектронної апаратури (РЕА). Поширення галузі їх використання та підвищення вимог до експлуатаційних характеристик обумовлюють необхідність пошуку нових сполук цих матеріалів та удосконалення технології їх одержання. Розглянуто фізико-хімічні властивості у двох системах скла:

1. Титанобарієво-боратні (мас. %-х  $\text{TiO}_2$ -40 ВаО - (60-х) $\text{B}_2\text{O}_3$ );

2. Титаномідні-барієво-боратні (мас. %-х  $\text{TiO}_2$ -15 СиО-35 ВаО-(50-х) $\text{B}_2\text{O}_3$ );

Скло одержано за золь-гель технологією.

КТЛР визначали на зразках  $5 \times 5 \times 30 \text{ мм}^3$ , торці яких були відполіровані з плоско-паралельністю  $\pm 0,01 \text{ мм}$ , на кварцовому дилатометрі типу ДКВ-4 з похибкою виміру  $\pm 2,5 \times 10^{-7} \text{ К}^{-1}$ . Показники заломлення визначені імерсійним методом за допомогою мікроскопа МИН-8 ( $\Delta n = \pm 3 \times 10^{-3}$ ). Густина – гідростатичним методом – зважуванням у хімічно чистому толуолі ( $\Delta \rho = \pm 3 \times 10^{-3} \text{ г/см}^3$ ). Коефіцієнт теплопровідності виміряли на прикладі ИТ-  $\lambda - 400$  з похибкою виміру  $\pm 3 \%$ , спектри поглинання в УФ та видимій областях спектра вимірялись за допомогою спектрометра КВСУ-12.

Для виявлення структурних особливостей скла, що відбуваються при легуванні змін в його каркасі, була розрахована мольна рефракція. Результати показані на рис. 1,2,3.

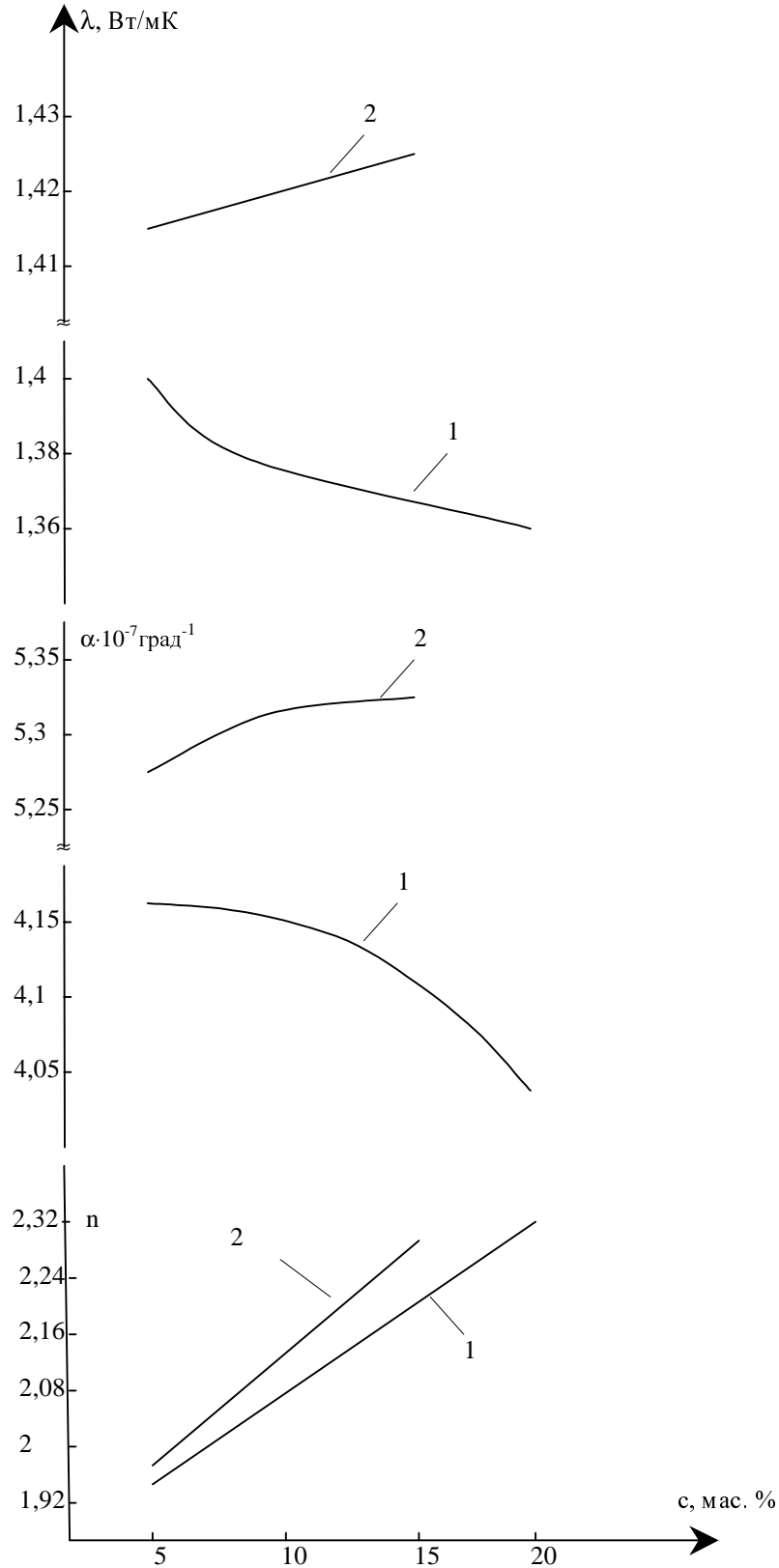


Рис. 1. Залежність параметрів барієво-боратного скла від кількості (мас. %):  
1 – TiO<sub>2</sub>; 2 – TiO<sub>2</sub> + SiO<sub>2</sub> у його складі

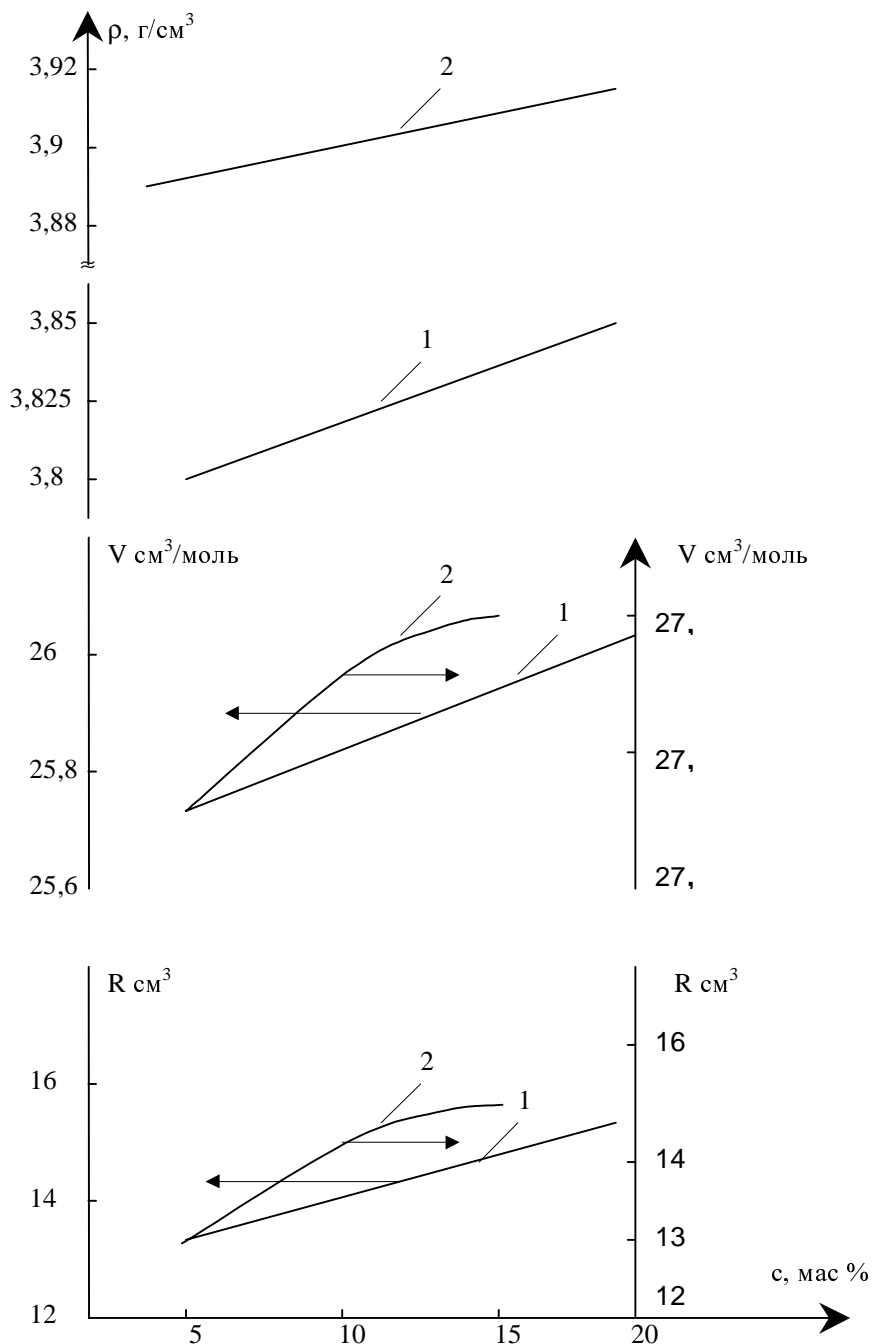


Рис. 2. Залежність параметрів барієво- боратного скла від кількості (мас. %):  
1 –  $TiO_2$ ; 2 –  $TiO_2+SiO$  у його складі

Густина ( $\rho$ ), показник заломлення ( $n$ ), мольна рефракція ( $R$ ) для скла першої системи при заміні оксиду склоутворювача оксидами титану підвищується, що можна пояснити більшою молекулярною вагою і показником заломлення в  $TiO_2$  порівняно з  $B_2O_3$ .

Характер змін вищезгаданих параметрів з дещо більшою інтенсивністю зберігається для скла другої системи. У цьому випадку значення показників  $n$ ,  $\rho$  та  $R$  пов'язані з впливом іонів міді на результати. Мольний об'єм і рефракція змінюються взаємопогоджено.

Перегин у кривих залежностей мольного об'єму ( $V$ ) і рефракції ( $R$ ) від складу скла при суворій лінійності коефіцієнта заломлення і густини може свідчити про зміни у структурі скла другої системи.

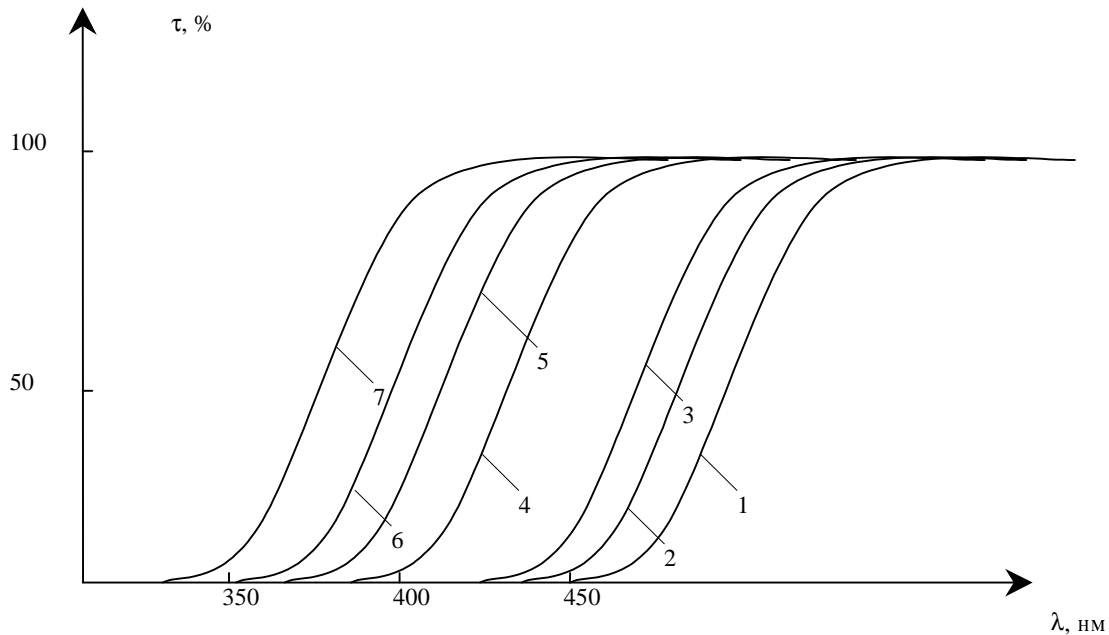


Рис. 3. Залежність оптичного пропускання скла від кількості (мас. %) домішок у його складі:  
 1 – 10 CuO + 15 TiO<sub>2</sub>; 2 – 10 CuO + 10 TiO<sub>2</sub>; 3 – 10 CuO + 5 TiO<sub>2</sub>; 4 – 20 TiO<sub>2</sub>;  
 5 – 15 TiO<sub>2</sub>; 6 – 10 TiO<sub>2</sub>; 7 – 5 TiO<sub>2</sub>

Експериментально встановлено, що при легуванні міднобарієво-боратного скла більше як 12 мас. % TiO<sub>2</sub>, у його матриці утворюються ліквідаційні області, збагачені титаном. При зростанні концентрації TiO<sub>2</sub> у барієво-боратному склі мольний об'єм дещо збільшується, а КЛТР незначно зменшується.

Подібні зміни у титановому склі пояснюються підвищенням мобільності структури за рахунок зменшення зарядової густини у сфері атомів титану та збільшення ступеня гібридизації хвильових функцій титану та кисню [1]. У результаті утворюється різноманітний аніонний мотив, що складається, як із трикутників BO<sub>3</sub> і тетраєдрів BO<sub>4</sub>, так і зі змішаного титаноборатного каркасу.

Кількість останніх структурних одиниць збільшується при збільшенні концентрації TiO<sub>2</sub> більше як 10 мас. %. Поява більш слабого зв'язку Ti-O, порівняно зі зв'язками склоутворювача В-О збільшує рухомість структури та полегшує варіацію кутів В-О-Ті під впливом температури. Ймовірність розсіяння теплових хвиль у цьому випадку також підвищується. У результаті при порівняно невеликій зміні мольного об'єму скла при зростанні в його складі кількості TiO<sub>2</sub> зменшується як КЛТР, так і теплопровідність. Ліквідаційні угруповання статично рівномірно розподілені у матриці скла.

Скло другої системи, яке містить два види домішкових іонів: мідь та титан – характеризується наявністю ліквідаційних областей, у яких координаційне число титану більше чотирьох, що сприяє деякому збільшенню КЛТР. Проте збільшення теплопровідності при підвищенні концентрації TiO<sub>2</sub> свідчить про зменшення центрів розсіяння теплових фонів, що спричиняє підвищення швидкості розповсюдження теплових хвиль і середньої довжини вільного пробігу фонів. Така ситуація може бути викликана переходом від "ближньої" до "середньої" упорядкованості. Підтвердженням цього припущення є зміщення межі пропускання у склі другої системи в бік хвиль більшої довжини. Переважно це виявляється у склі з наявністю кристалічної фази у матриці скла [2].

### Висновки

Методом золь-гель технології одержано дві системи титанобарієво-боратного скла. Скло, до складу якого внесена додаткова домішка міді, формує структуру, яку можна охарактеризувати "середньою" упорядкованістю. Для цього скла при збільшенні кількості  $TiO_2$  характерною є нарівні зі значним збільшенням коефіцієнта заломлення невелика зміна КЛТР та  $\lambda$ .

1. Павлова Т. А. Свойство й структура стекол системи  $5iO-TiO$  // Физ. и хим. стекла. 1982. № 4. С. 395. 2. Древаль Й.В., Засолоцкая М.В., Хотимченко В.С. Структурные превращения в титаносиликатных стеклообразных покрытиях под действием высокотемпературной обработки // Физ. и хим. стекла. 1984. № 4. С. 408.

УДК 539

**Zenon Gotra, Małgorzata Jakubowska\*, Zbigniew Szczepanski\*\***  
Lviv Polytechnic National University, department of electronic devices,  
\*Institute of Electronic Material Technology,  
\*\*Technical University of Warsaw

## THICK FILM STRUCTURE RESISTOR ON DIELECTRIC

© Gotra Zenon, Jakubowska Małgorzata, Szczepanski Zbigniew, 2001

**Розглянуто нові товстоплівкові матеріали для структурного резистора на діелектрику і описано властивості такої структури. Досліджено стабільність та п'єзоелектричні властивості резистора на діелектрику.**

**The new set of thick film materials for a structure resistor on dielectric and the properties of the of this structure are presented in this paper. The properties of resistor placed on dielectric such as stability, piezoresistive properties as well as microstructure was investigated.**

### 1. INTRODUCTION

Miniaturisation in thick film microcircuit is realized by higher density packaging of elements. It could be achieved by producing thinner and closer paths and/or producing more levels in the multilayer structure. Introducing resistors to the multilayer structures always causes problems.

Resistors could be introduced to thick film multilayer structure in different ways [1,2,3]:

- a) use both side of a substrate; on one side multilayer structure is placed, the resistors on the other,
- b) use of chip resistors surface mounted,
- c) division of the substrate into areas for resistors and the areas for multilayer connections,
- d) deposition of resistors onto the substrate and built up of multilayer over them (buried resistors),
- e) deposition of resistors onto the top of dielectric layer.

The simplest alternative is to a pre-completed multilayer structure as a substrate for resistor deposition, which becomes the last layer to be printed and fired. This reduces the number of resistor firings to one and eliminates level changes. It is necessary to find sufficiently large flat