

УДК 538.911

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖЕК КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Уткин В.Н.<sup>1</sup>, Исаков М.А.<sup>2</sup>, Хапугин О.Е.<sup>2</sup><sup>1</sup> ОАО «НПО «ЭРКОН»<sup>2</sup> ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

**Исследована морфология поверхности керамических подложек чип-резисторов. Показано, что качество поверхности изученных подложек является важнейшим фактором, влияющим на технические характеристики прецизионных тонкопленочных чип-резисторов. Представленные результаты могут быть интересны всем использующим керамические основания российским производителям электронных компонентов.**

### Введение

Керамика является определяющим материалом в дальнейшем развитии электронной промышленности, ключевой для обороноспособности страны. В настоящее время российские керамические основания для нужд электронной промышленности не позволяют в полной мере удовлетворить требования заказчиков к качеству конечных изделий. Важнейшим параметром керамических оснований, определяющим качество выпускаемых изделий, является состояние поверхности. Улучшение характеристик поверхности керамических оснований необходимо для общего повышения качества конечных изделий и перехода к фотолитографическим процессам с меньшими топологическими размерами.

Целью данной работы заключалась в экспериментальном исследовании морфологии поверхности керамических подложек компонентов электронной техники.

### 1. Методика эксперимента

В качестве объектов исследования были выбраны односторонне полированные поликорковые подложки российского производства из корундового материала с содержанием  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 > 99.7\%$  и подложки Rubalit® 708S™ (CeramTec®, Германия), с содержанием  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 > 96\%$ .

Исследования морфологии поверхности подложек проводились методами оптической микроскопии и атомно-силовой микроскопии (АСМ) [1] с использованием

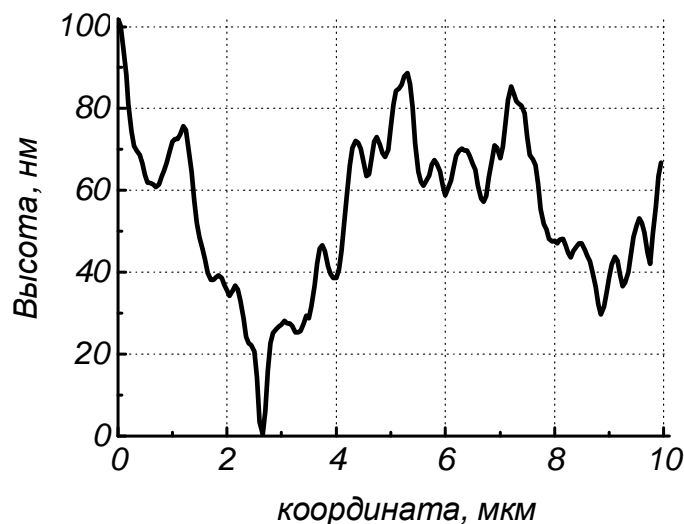
сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) NT-MDT® SolverPro™ (Зеленоград, Россия) в контактном режиме на воздухе. Использовались Si кантилеверы NSG-11 производства NT-MDT® с радиусом закругления острия  $R < 10$  нм (согласно паспортным данным). Калибровка СЗМ по координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  проводилась при помощи тестовых структур NT-MDT® TGZ-3™. Обработка и анализ результатов АСМ-исследований производились при помощи специализированного программного обеспечения Veeco DI SPM Lab™ 6.02 компании Veeco Instruments® (США).

### 2. Результаты и обсуждение

Было найдено, что при сканировании области размером  $10 \times 10$  мкм<sup>2</sup> в случаях непопадания на поры или царапины перепад высот на полированной подложке российского производства укладывается в 100-150 нм (рис.1). Шероховатость поверхности (среднеквадратичное отклонение от средней высоты)  $\approx 15$  нм, что соответствует 13 классу чистоты поверхности. Однако, при достаточной чистоте микрорельефа, рассматриваемые подложки обладают существенным недостатком: на поверхности присутствуют впадины (поры) с характерными размерами от единиц до десятков микрон, а также царапины, оставшиеся от полировки. Поверхностная плотность этих пор  $\sim 10^5$  см<sup>-2</sup>. Таким образом, если проводить усреднение по достаточно большому фрагменту поверхности, класс чистоты

поверхности не выше 8 – 9. Указанные дефекты, в соответствии с формулировками, изложенными в ТУ на подложки, не являются браковочным признаком, но в то же

время существенно снижают надежность и процент выхода готовых изделий (чип-резисторов).



**Рис. 1.** Профиль одной из линий скана АСМ поверхности поликорковой подложки российского производства



**Рис. 2.** Фрагмент резистивного слоя (толщина плёнки около 300 нм), полученного методом термического испарения навесок кермета КС-20С в вакууме на поверхности поликорковой подложки, толщина плёнки около 300 нм

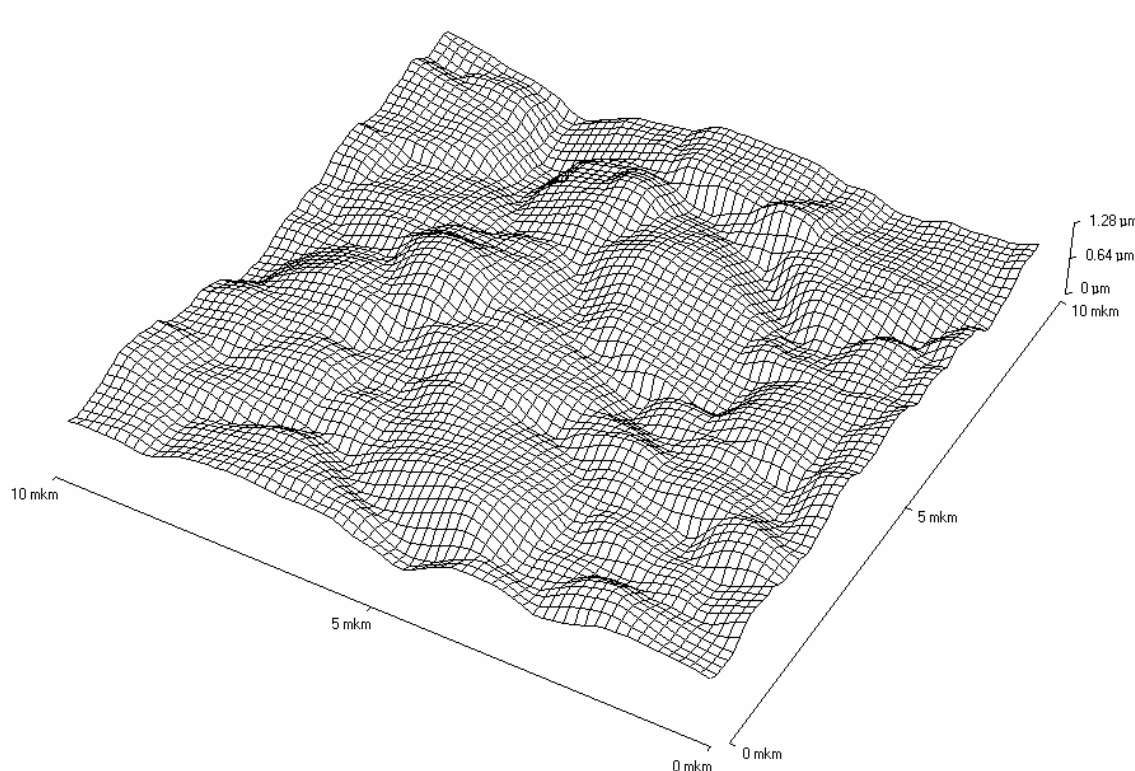
На рис. 2 показаны фрагменты топологии тонкопленочного планарного резистора меандрового типа, сформированного на керамической подложке. На резистивном слое видны характерные кратеры, обусловленные повторением пленкой пористости поверхности подложки. Это приводит к трудностям создания прецизионных планарных чип-резисторов малогабаритных типоразмеров, так как повышает стоимость технологических затрат при достижении необходимых параметров и

ограничивает возможность миниатюризации изделий.

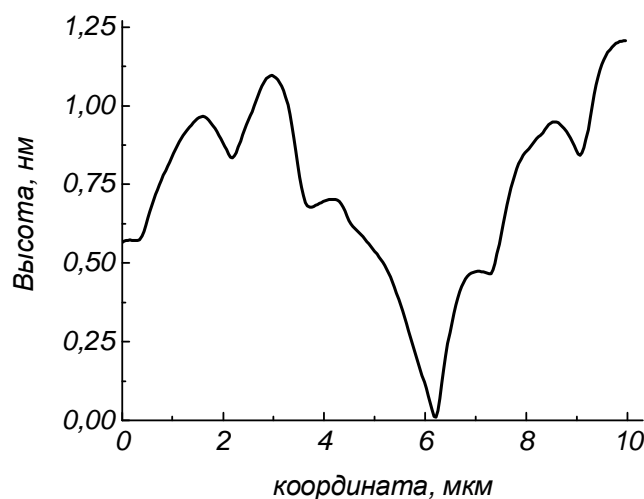
Для сравнения была исследована подложка из материала Rubalit® 708S™ для толстопленочной технологии, с содержанием  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 > 96\%$  (CeramTec®, Германия), с содержанием  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 > 96\%$ . Структура поверхности подложки продемонстрирована на рис. 3а. Как видно из рисунка, материал зарубежных подложек для представляет собой однородную структуру с размером зерна 1 – 3 мкм. На данной подложке, в отличие от россий-

ских, отсутствуют характерные поры большой глубины. Перепад высот по скану размером  $10 \times 10 \text{ мкм}^2$  на неполированной подложке укладывается в 1-1.5 мкм

(Рис.3.б). Это связано прежде всего с тем, что зарубежная керамика формируется из более мелкодисперсных порошков.



**Рис. 3а.** Профиль поверхности подложки из материала Rubalit'a. Размер скана  $10 \times 10 \times 1.31 \text{ мкм}^3$



**Рис. 3б.** Профиль одной из линий скана подложки из материала Rubalit'a

#### Заключение

Показано, что микрорельеф российских односторонне полированных поликоровых подложек производства 50 – 150 нм, что соответствует 14 - 13 классу чистоты,

однако из-за наличия многочисленных пор и царапин - следов полировки, видимых в оптических микроскоп, этот показатель снижается до 8 – 9 класса.

Российская электронная промышленность остро нуждается в проведении работ по улучшению качества поверхности керамических оснований пассивных и активных компонентов электронной техники. В частности, для создания прецизионных тонкопленочных чип-резисторов очевидна необходимость работ по повышению качества исходного сырья для керамики (переход от глинозема на порошок  $Al_2O_3$  высокой чистоты и дисперсности) и созданию керамических подложек на основе порошков, размер зерен которых должен быть существенно снижен – нанопорошков, а также изучения новых методов спекания

керамики, ингибирующих рост зёрен при спекании.

Необходимо также отметить необходимость разработки для промышленности ТУ на новые материалы и изделия, необходимые в ряде областей электроники, в частности, на нанопорошки  $Al_2O_3$  и полимерные подложки с улучшенными параметрами поверхности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Binnig G., Quate C. F., Gerber Ch. Atomic Force Microscope // *Physical Review Letters*. – 1986. – V.56. – P.930-933.

### **ELECTRONIC ENGINEERING CONSTITUENTS' CERAMIC BASE SURFACE MORPHOLOGY INVESTIGATION**

Utkin V.N., Isakov M.A., Khapughin O.Ye.

<sup>1</sup> *Public Corporation «Scientific production association «Erkon»*

<sup>2</sup> *Nizhny Novgorod N.I. Lobachevsky state university*

The morphology of a surface of the ceramic bases the chip-resistors is investigated. It is shown, that quality of a surface of the studied bases is the major factor complicating progress in the field of precision thin-film chip-resistors. The presented results can be interesting to all Russian manufacturers of electronic components using the ceramic basis.