



### Original Contribution

## ИЗГОТВЯНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТЪНКИ РЕЗИСТИВНИ СЛОЕВЕ ОТ Pt-SiO<sub>2</sub> ВЪРХУ ПОДЛОЖКИ ОТ ТЕФЛОН

Павлик Рахнев\*, Полина Милушева\*, Димитър Парашкевов \*

Университет „Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас

### ABSTRACT

The paper studies cermet layers of Pt- SiO<sub>2</sub>. The substrate material is PTFE /teflon/. The solid state films are produced by RF magnetron cathode sputtering of target consisting both metal phase of Pt and dielectric phase of SiO<sub>2</sub>. The depositing conditions are described. RS and the TCR of pattern resistors are measured right after producing them. Thermal treatment of the resistors in different atmosphere /air, vacuum, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>/ and temperatures are undertaken. Changes in the above mentioned parameters are registered. Conclusions for appropriate regimes of treatment of the resistors treatment are made.

**Key words:** *teflon, thin cermet layers, TCR, cathode sputtering, thermal treatment*

### УВОД

Интересът към тънкослойните резистори и тяхното приложение и изследване датира повече от осемдесет години. В сравнение с дискретните резистори, получени на базата на обемен материал, тънкослойните имат по-добри електрофизични параметри, по-добра надеждност и много по-ниска цена. При изисквания за размери по-малки от 150 μm използването им става задължително. Тънкослойните резистори с успех намират приложение в хибридни и монолитни интегрални схеми. При изготвянето им най-високи изисквания се предявяват към слоевете, имащи листово съпротивление в диапазона 10 -1000 Ω/□. Резистивни елементи със съпротивление по-малко от 10 Ω/□ се употребяват рядко, а тези със съпротивление до няколко MΩ имат много големи размери.

Заедно с изискванията за листово

съпро-тивление, слоевете трябва да имат нисък температурен коефициент на съпро-тив-ление, обикновено по-малък от 10<sup>-4</sup> K<sup>-1</sup>.

Чрез високочестотно катодно разпрашване са нанесени Pt-SiO<sub>2</sub> слоеве върху подложки от политетрафлуоретилен. Проследени са измененията на електрофизичните параме-три на слоя след термообработка.

### СТРУКТУРА И СВОЙСТВА НА КЕРМЕТНИТЕ СЛОЕВЕ

Схематично структурата на керметните слоеве (КС) представлява микрокомпозиция от частици на проводящо вещество и частици диелектрик. Физичните свойства на КС се определят преди всичко от макро- и микро-структурата на тяхната метална фаза. За разлика от металните слоеве, структурата на проводящата фаза на КС не зависи от дебелината им, а се определя преди всичко от отношението метал-диелектрик в обема на слоя [2, 4, 6].

### МАТЕРИАЛ ЗА ПОДЛОЖКИ

Тефлонът – PTFE е конструкционен материал, позволяващ надеждна работа при температури превишаващи границата на всички термопласти.

\* **Correspondence to:** *Павлик Рахнев Рахнев*  
Университет „Проф. д-р Асен Златаров”,  
Бургас, бул. ”Проф. Яким Якимов” 1, тел. 056/  
900-475, e-mail: [rahnev@bfu.bg](mailto:rahnev@bfu.bg), Полина  
Милушева – Мандаджиева, Университет  
„Проф. д-р Асен Златаров”, Бургас, тел.  
056/858-265, e-mail: [pmilusheva@abv.bg](mailto:pmilusheva@abv.bg);  
гл.ас. д-р Димитър Парашкевов, Университет  
„Проф. д-р Асен Златаров” - гр. Бургас  
тел. 056/858-370, e-mail: [parashkevov@abv.bg](mailto:parashkevov@abv.bg)

В зависимост от условията работната температура достига  $280^{\circ}\text{C}$  при продължително въздействие. ПТФЕ остава устойчив и стабилен дори при температури до  $-200^{\circ}\text{C}$ .

Устойчив е на стареене дори при високи температури и в присъствието на разтворители, масла, окислителни и други. Устойчив е на агресивни органични и неорганични химически съединения. Характеризира се с висока електрическа якост, негоримост и ниска топлопроводимост. Има най-нисък коефициент на триене от всички съществуващи подобни материали. [7]

### ОТЛАГАНЕ НА РЕЗИСТИВНИЯ $Pt-SiO_2$ СЛОЙ

Известно е, че отлагането на вещества във вакуум е процес, който включва получаване, пренасяне и кондензация на неговите пари върху подложката.

Резистивните  $Pt-SiO_2$  слоеве са получени чрез катодно разпръскване.

Основен параметър на катодното разпръскване е скоростта на разпръскване –  $S$

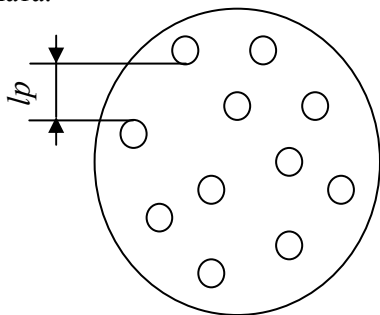
$$S = S_1(2,3\lambda_1 + P_0d)/2,3\lambda_1, \quad (1)$$

$\lambda_1$  - среден свободен пробег на разпръснатия атом при налягане  $13,30 \text{ Pa}$ ;

$P_0$  - налягане на газа при  $0^{\circ}\text{C}$ ;

$d$  – разстояние между мишената и подложката.

За получаване на  $Pt-SiO_2$  слоеве чрез високочестотно катодно разпръскване се използва планарна катодна мишена - *фиг. 1*. Това е диелектрична мишена, върху която са нанесени миниатюрни планарни метални участъци, като максималното разстояние  $\ell_p = D_m/25$ ;  $D_m$  – диаметър на мишената.



Фигура 1. Планарна катодна мишена

По този начин се отлагат и двете фази едновременно. Така в процеса на отлагане се запазва стехиометричният състав на отлагания слой. [1,3].

### ОПРЕДЕЛЯНЕ СКОРОСТТА НА ОТЛАГАНЕ НА СЛОЯ

За да се получи керментен слой със зададено обемно отношение метал – диелектрик, е необходимо да е изпълнено условието:

$$(\sum S_m / \sum S_d) \cdot (V_m' / V_d) = V_m / V_d, \quad (2)$$

където  $S_m$  и  $S_d$  са сумите от площите на металните и диелектричните микро-участъци, взаимно допълващи се до кръг;  $V_d$  - скорост на отлагане на диелектрика;  $V_m'$  - скорост на отлагане на нанесения върху монолитната мишена метал. [1, 3, 5]

### РЕЖИМ НА ОТЛАГАНЕ НА РЕЗИСТИВНИТЕ $Pt-SiO_2$ СЛОЕВЕ

Слоеве от  $Pt-SiO_2$  са получени чрез високочестотно катодно разпръскване.

Режимът на отлагане е следния:

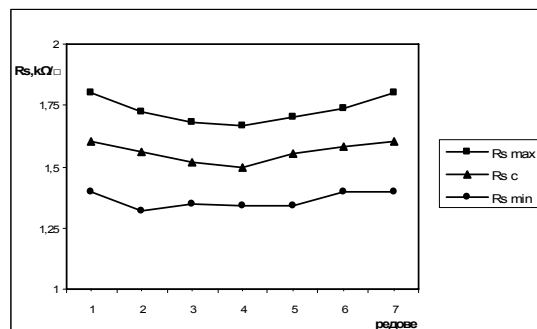
- напрежение –  $1,5 \text{ kV}$ ;
- висок вакуум –  $1 \cdot 10^{-6} \text{ Torr}$ ;
- времетраене на процеса предразпръскване –  $30 \text{ min}$ ;
- времетраене на процеса разпръскване –  $15 \text{ min}$ ;
- температура -  $225^{\circ}\text{C}$ .

Така получените слоеве са обработени термично във вакуум, на въздух и в кислородна и азотна атмосфера.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

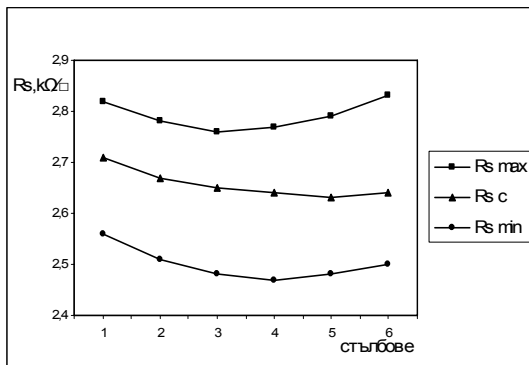
В резултат на термичната обработка в структурата на  $Pt-SiO_2$  слой настъпват промени. Тези изменения влияят върху електро-физичните параметри на слоя и точно по този начин могат да бъдат констатираны.

На получените слоеве предварително е снет разброс на листовото съпротивление по редове и стълбове. Резултатите са показани на *фиг. 2а* и *2б*.



Фигура 2а. Стойности на листовото съпротивление – по редове

Измерени са температурния коефициент на съпротивление  $TCR$  и листовото съпротивление  $R_S$  както преди, така и след термообработката. Резултатите от измерванията респ. промените са показани на *фиг.3, 4, 5 и 6*.



**Фигура 2б.** Стойности на листовото съпротивление - по стълбове

## ИЗВОДИ

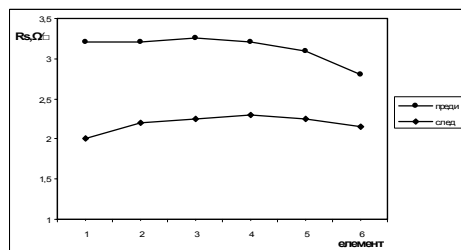
От проведените изследвания могат да се направят следните изводи:

- получени са  $Pt-SiO_2$  резистивни слоеве чрез високочестотно катодно разпръскване във вакуум върху подложки от политетрафлуоретилен;

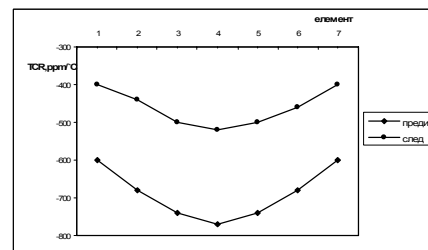
- за получаването на слоя е използвана планарна катодна мишена, която спомага за едновременното отлагане на двете фази;
- планарната катодна мишена води до простота при реализация на процеса, както и до възможност за промишлено приложение;
- най-голяма разлика в стойностите на  $TCR$  и  $R_S$  се наблюдава след термообработка в среда от азот.

## ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ ИЗТОЧНИЦИ

1. Бучков, Д.Т. и М.Й.Кънев, Материалознание, С., Техника, 1998
2. D. Chacravorty, Bull. Mat. Science, Vol.34, 2002,411-420
3. G. Lassaletta et.al., Journal of Material Science, 31, 1996, 2325-2332
4. <http://bg.wikipedia.org/wiki/>
5. <http://www.polymerbranch.com/catalog/view/5.html&viewinfo=4>
6. <http://www.tregaltd.com>
7. <http://www.elektrabg.com/teflon.php>

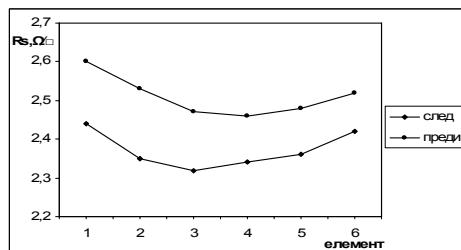


**Фигура 3а.** - на  $R_S$

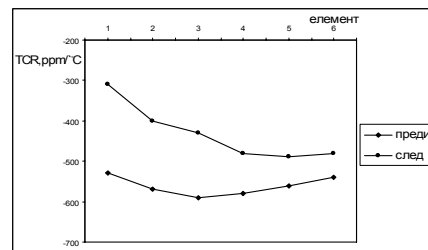


**Фигура 3б.** - на  $TCR$

**Фигура 3.** Изменения след термообработка на въздух 2 часа  $100^{\circ}C$

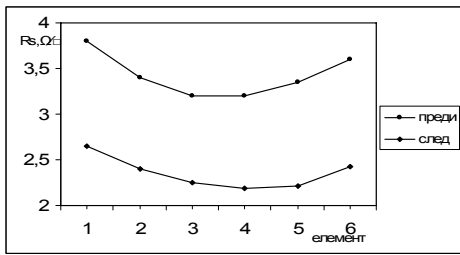


**Фигура 4а.** - на  $R_S$

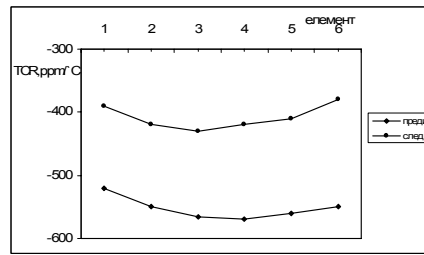


**Фигура 4б.** - на  $TCR$

**Фигура 4.** Изменения след термообработка във вакуум 1 час  $180^{\circ}C$

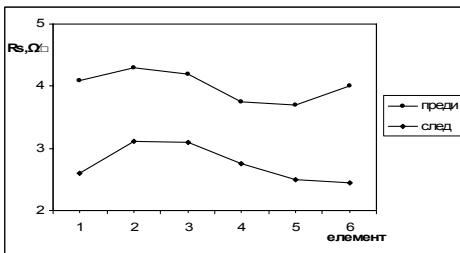


Фигура 5а. - на  $R_S$

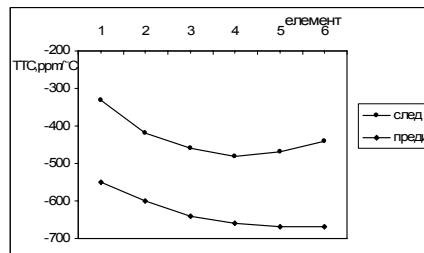


Фигура 5б. - на TCR

Фигура 5. Изменения след термообработка в среда от азот 1 час  $150^{\circ}C$



Фигура 6а. - на  $R_S$



Фигура 6 б. - на TCR

Фигура 6. Изменения след термообработка в среда от кислород 1 час  $80^{\circ}C$