

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **LPP-0176-09**

**Efekt rezistívneho prepínania a TiO<sub>2</sub> nanoštruktúry ako detektory plynov**

Zodpovedný riešiteľ **Doc. RNDr. Miroslav Grajcar, DrSc.**

Príjemca **FMFI UK**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Katedra experimentálnej fyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

- 1.
- 2.
- 3.

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. A. Plecenik, M. Tomasek, T. Plecenik, M. Truchly, J. Noskovic, M. Zahoran, T. Roch, M. Belogolovskii, M. Spankova, S. Chromik, P. Kus, Studies of resistance switching effects in metal/YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> interface junctions, Applied Surface Science 256 (2010) 5684–5687
2. T. Plecenik, M. Tomášek, M. Belogolovskii, M. Truchly, M. Gregor, J. Noskovič, M. Zahoran, T. Roch, I. Boylo, M. Španková, Š. Chromik, P. Kúš and A. Plecenik, Effect of crystallographic anisotropy on the resistance switching phenomenon in perovskites, Journal of Applied Physics 111, 056106 (2012)
3. Azhar Ali Haidry, Peter Schlosser, Pavol Durina, Marian Mikula, Milan Tomasek, Tomas Plecenik, Tomaš Roch, Andrej Pidik, Miloslav Stefecka Jaroslav Noskovic, Miroslav Zahoran,

Peter Kus and Andrej Plecenik, Hydrogen gas sensors based on nanocrystalline TiO<sub>2</sub> thin films, Central European Journal of Physics, Vol. 9, Issue: 5 (2011), p. 1351-1356

4. Azhar Ali Haidry, Jarmila Puskelova, Tomas Plecenik, Pavol Durina, Jan Gregus, Martin Truchly, Tomas Roch, Miroslav Zahoran, Melinda Vargova, Peter Kus, Andrej Plecenik, Gustav Plesch, Characterization and hydrogen gas sensing properties of TiO<sub>2</sub> thin films prepared by sol-gel method, Applied Surface Science 259 (2012) 270– 275

5. Martin Truchlý, Tomáš Plecenik, Ondrej Krško, Maroš Gregor, Leonid Satrapinsky, Tomáš Roch, Branislav Grančič, Marián Mikula, Agáta Dujavová, Štefan Chromik, Peter Kúš and Andrej Plecenik, Studies of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub> degradation and surface conductivity properties by Scanning Spreading Resistance Microscopy, Physica C (2012), prijaté na publikovanie

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výsledky boli publikované v karentových časopisoch a môžu nájsť uplatnenie pri konštrukcii komerčných detektorov plynov.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku** (max. 20 riadkov)

V súlade s so stanovenými cieľmi boli pripravené planárne spoje YBCO/kov s kontaktom v smere osi c a ab-rovinou, na ktorých boli následne merané IV charakteristiky vykazujúce odporové prepínanie (OP). Zameraná bola závislosť parametrov tohto javu od teploty, maximálneho aplikovaného el. poľa a kryštalografickej orientácie YBCO. Štruktúry pre OP boli pripravené a zmerané aj na materiáli LaMnO. Na základe nameraných údajov bola vypracovaná difúzna teória OP v YBCO. Ďalej boli zmerané uvedené závislosti aj na hrotových STM spojoch nanometrových rozmerov. Difúzne procesy kyslíka zodpovedné za OP v YBCO sme skúmali aj pomocou rastovacej odporovej mikroskopie, kde sme sa zamerali na degradáciu povrchu spôsobenú touto difúziou a homogenitu povrchovej vodivosti. Stanovené ciele prvej časti projektu teda boli splnené, pričom niektoré merania boli urobené aj nad rámec stanovených cieľov. V druhej časti projektu boli na tenkých Ti vrstvách pripravené TiO<sub>2</sub> meracie nanoštruktúry metódou lokálnej anodickej oxidácie. Tieto sa však ukázali byť nestabilné, preto sme prešli na TiO<sub>2</sub> vrstvy s Pt elektródami vytvarovanými pomocou optickej, resp. elektrónovej litografie. Po odladení prípravy TiO<sub>2</sub> vrstiev bol skúmaný vplyv technológie prípravy a ich vlastností na citlivosť na plyny. Finálne detektory dosahovali výborné citlivosti (~ 10<sup>-5</sup> pre 1% H<sub>2</sub>) už v prípade mikro-štruktúr. Na týchto TiO<sub>2</sub> vrstvách boli následne pripravené aj meracie nanoštruktúry. Tieto mali podľa očakávaní podstatne menší odpor, čo umožňuje detekciu plynov aj na izbovej teplote. Tiež sme pozorovali zvýšenú citlivosť na nízke koncentrácie H<sub>2</sub>. Pripravením a zmeraním uvedených detektorov na báze nano-štruktúr TiO<sub>2</sub>/Pt boli splnené ciele aj druhej časti projektu.

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku** (max. 20 riadkov)

In agreement with the aims of the project, YBCO/metal junctions with contact in c-axis direction and ab-plane were prepared and IV curves exhibiting resistance switching (RS) behavior were measured. Dependence of the RS on temperature, maximal applied el. field and crystallographic orientation of the YBCO was investigated. Structures for the RS were prepared and measured also on LaMnO. Based on the obtained data, diffusion theory of the RS in YBCO was developed. Such characteristics and dependancies were also measured on nanometer-scale STM point-contact junctions. The oxygen diffusion processes responsible for the RS were further investigated using scanning spreading resistance microscopy with focus on surface degradation caused by this diffusion and homogeneity of the surface conductance. Aims of the 1<sup>st</sup> part of the project were thus fulfilled, even some additional measurements were done. In the 2<sup>nd</sup> part of the project, TiO<sub>2</sub> sensing nano-structures were prepared on Ti films by local anodic oxidation by STM. As their stability was insufficient, we have switched to TiO<sub>2</sub> films with Pt electrodes patterned by optical and/or electron lithography. After mastering

the TiO<sub>2</sub> thin film fabrication, influence of the technological process and their properties on gas sensitivity was investigated. Final sensors exhibited high sensitivity ( $10^5$  for 1% H<sub>2</sub>) even on micro-structures. Subsequently, sensing nano-structures were prepared on these films. According to our expectations their resistance was considerably smaller, what allows measurement also at room temperature. Moreover, increased sensitivity to low concentrations of H<sub>2</sub> was observed. By fabricating and measurements of the gas sensors based on TiO<sub>2</sub>/Pt nano-structures, aims of the 2<sup>nd</sup> part of the project were also fulfilled.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

**Zodpovedný riešiteľ**

Doc. RNDr. Miroslav Grajcar, DrSc.

V Bratislave 27.09.2012

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

**Štatutárny zástupca príjemcu**

prof. RNDr. Karol Mičieta, PhD., rektor UK  
v zastúpení  
prof. RNDr. Jozef Masarik, DrSc.,  
dekan fakulty

V Bratislave 27.09.2012

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu