

## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

**APVV-0548-  
07****Diamantové elektródy pre elektrochemické aplikácie**Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Marian Veselý, PhD**Príjemca **Fakulta elektrotechniky a informatiky STU**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Fakulta elektrotechniky a informatiky STU (FEI STU)
2. Medzinárodné laserové centrum (MLC)
- 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. Ižák, Tibor - Marton, Marián - Vojs, Marian - Redhammer, Robert - Varga, Marián - Veselý, Marián: A Raman Spectroscopy Study on Differently Deposited DLC Layers in Pulse Arc System.

In: Chemical Papers. - ISSN 0366-6352. - Vol. 64, Iss. 1 (2010), s. 46-50

2. Marton, Marián - Zdravecká, Eva - Vojs, Marian - Ižák, Tibor - Veselý, Marián - Redhammer, Robert - Varga, Marián - Šatka, Alexander: Study of Adhesion of Carbon Nitride Thin Films on Medical Alloy Substrates.

In: Vacuum. - ISSN 0042-207X. - Vol. 84 (2009), s. 65-67

3. Ižák, Tibor - Marton, Marián - Varga, Marián - Vojs, Marian - Veselý, Marián - Redhammer,

Robert - Michalka, Miroslav: Bias Enhanced Nucleation of Diamond Thin Films in a Modified HFCVD Reactor.

In: Vacuum. - ISSN 0042-207X. - Vol. 84 (2009), s. 49-52

4. Marton M, Kovalčík D, Vojs M, Zdravecká E, Varga M, Michalíková L, Veselý M, Redhammer R, Písečný P. Electrochemical Corrosion Behavior of Amorphous Carbon Nitride Thin Films, Vacuum (2011), doi: 10.1016/j.vacuum.2011.07.053

5. Varga M, Vojs M, Marton M, Michalíková L, Veselý M, Redhammer R, Michalka M. Diamond thin film nucleation on silicon by ultrasonication in various mixtures, Vacuum (2011), doi: 10.1016/j.vacuum.2011.07.035

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Vďaka možnosti rýchlej chemickej analýzy výsledky výskumu nájdu uplatnenie najmä pri zvyšovaní kvality života spoločnosti formou zlepšenia životného prostredia. Dosiahnuté výsledky veľkou mierou prispievajú k bezpečnosti pracovného prostredia v priemyselnej výrobe využívajúcej toxické materiály. Ďalšou oblasťou uplatnenia výsledkov výskumu je medicína a farmaceutický priemysel.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

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

Dôležitým výsledkom potrebným pre úspešné riešenie detekcie ťažkých kovov na diamantových a diamantu podobných elektródach bolo vybudovanie moderného automatizovaného pracoviska a optimalizácia merania senzorov. Optimalizovali sme depozíciu bizmutu, dĺžku depozície analytu, analyzovali sme vplyv amplitúdy pulzov pre SWASV (square wave anodic stripping voltammetric technique) a vplyv nárastu potenciálu SWASV. Navrhli a skonštruovali sme unikátne zariadenie pre depozíciu diamantových vrstiev metódami HF a MW CVD. Po dôkladnej optimalizácii prípravy elektrických kontaktov na diamantových vrstvách sme naprašovaním a štandardným litografickým procesom pripravili vysoko kvalitné ohmické kontakty za použitia troj-kombinácie kovov Ti/Pt/Au. Dosiahnuté experimentálne výsledky plazmového leptania kremíka a kovových vrstiev pri príprave ohmických kontaktov, ako aj samotné leptanie D a DLC vrstiev vykazujú dobrú reprodukovateľnosť procesov a dostatočné možnosti nastavenia ich parametrov. Diamantové a diamantu podobné vrstvy sme okrem dusíka a bóru dopovali aj kovmi (Cu, Al, Ni), čím výrazne rástla ich vodivosť. Vytvorené elektródy dosahujú parametre citlivosti a detekčného limitu použiteľné v praxi. V porovnaní s inými detekčnými materiálmi dosahujú naše elektródy dobré výsledky. Naše ďalšie návrhy smerujú k realizácii elektród s plochou rádovo 10 - 100  $\mu\text{m}$ , pri ktorej predpokladáme ďalšie zvýšenie citlivosti a detekčného limitu. Najvyššie povolené koncentrácie kovov vypúšťaných z priemyselnej výroby do povrchových vôd sú stanovované podľa typu výroby a pohybujú sa v rozmedzí desiatín až jednotiek mg/l. Tieto koncentrácie sú vysoko nad detekčným limitom našich elektród.

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

Important result necessary for successful solving of heavy metals detection on diamond and diamond-like carbon electrodes was a set up of a modern, automated work place as well as optimization of sensor measurement. We optimized deposition of bismuth and length of analyt deposition; and analyzed effect of pulse amplitude on SWASV (square wave anodic stripping voltammetric technique) and effect of SWASV potential gain. We proposed and constructed unique apparatus for deposition of diamond layers by HF and MW CVD methods. After precise optimization of electric contacts preparation on diamond layers we have prepared by sputtering and standard lithographic process high-quality ohmic contacts using triple combination of Ti/Pt/Au metals. Reached experimental results of plasmatic etching of silicon and metal layers at preparation of ohmic contacts as well as D and DLC layers etching itself

show good process reproducibility and adequate possibilities for parameters adjustment. D and DLC were next to nitrogen and boron doped by metals (Cu, Al, Ni) which markedly raised its conductivity. Prepared electrodes reach sensitivity and detection limit parameters applicable in praxis. In comparison to other detection materials our electrodes gain reasonable results. Our other proposals aim at realization of electrodes with area approximately 10-100  $\mu\text{m}^2$  where we do not suppose any further raise of sensitivity and detection limit. Highest accepted concentrations of metals emitted from industrial manufacture into surface water are determined according to type of manufacture and reach tenths to ones mg/l. These concentrations are high above detection limit of our electrodes.

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

**Zodpovedný riešiteľ**

doc. Ing. Marian Veselý, PhD

V

**Štatutárny zástupca príjemcu**

doc. RNDr. Gabriel Juhás, PhD

V

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu