

# Zpráva o plnění výzkumného záměru v roce 2010

Číslo tematické skupiny: 444 05 0610

Zodpovědný pracovník: Doc. Ing. Karel Kadlec, CSc.

Téma:

## **2b) Senzory a aplikace senzorů pro monitorování a řízení chemických a biologických procesů.**

### Chemické vodivostní senzory

*M. Vrňata, F. Vysloužil, D. Kopecký, P. Fitl, J. Hofmann, O. Ekrt, H. Uhrová, L. Fišer, J. Jirešová, J. Seidl*

V roce 2010 se výzkum soustředil do následujících oblastí:

- Byla dobudována depoziční komora umožňující nanášení vrstev organických polovodičů jednak technologií MAPLE a jednak evaporátorem. Komora byla zkompletována, odzkoušena a uvedena do provozu. Depoziční zařízení je nyní aktivně využíváno ve výzkumu.
- Pokračoval výzkum v oblasti syntézy polypyrrolu a jeho využití pro citlivé vrstvy senzorů a přinesl množství publikovaných výsledků. Jednalo se především o syntézu a charakterizaci vodivého polymeru s využitím organických dopantů (kys. p-toluensulfonové, kys. dodecyl-benzensulfonové a.j) [A2] a syntézu a charakterizaci nanotrubek s použitím měkké předlohy tvořenou azobarvivou [D1, D2]. Souhrn získaných poznatků byl publikován v kapitole knihy [C1].
- Vyzkoušely se nové materiály pro citlivé vrstvy. Jednalo se o anorganicko-organické vrstvy na bázi acetylacetonátu a oxidu cínu PLD [A1], vrstvy na bázi dotovaného polypyrrolu [A2] a ftalocyaniny kovů [D3].
- Rozvoj technologie citlivých vrstev probíhal zejména cestou MAPLE depozice dotovaného polypyrrolu [A2], PLD, laserového žíhání (žíhání ftalocyaninu zinku [D3], žíhání nanodiamantových povrchů [D18]) a nízkoteplotního odpařování za vysokého vakua (depozice ftalocyaninu zinku [D3]).
- Pro výzkum je charakteristické získávání poznatků o chemickém složení, struktuře a morfologii zkoumaných materiálů [A2, D2, D4] a nacházení souvislostí s jejich elektrickými a detekčními vlastnostmi (impedanční analýza [A1], studium kontaktního odporu [D4], zvyšování citlivosti senzorů expozicí UV-zářením [D5])
- Dále se rozvíjí impedanční měření na senzorech (konstrukce Nyquistových diagramů, vyhodnocování fázové citlivosti, parametrů náhradního obvodu). Publikovaly se výsledky výzkumu na senzorech se směsnou - anorganicko-organickou vrstvou - deponovanou pomocí PLD [A1], výsledky byly porovnány se stejnosměrnou odezvou senzoru.
- Výsledky z výzkumu ovlivnění detekčních procesů zářením v UV-VIS oblasti (sledování paměťového efektu po ozáření senzoru, vliv záření na teplotu maximální citlivosti) byly publikovány v práci [D5].
- Výzkum v oblasti nově studovaných senzorů na bázi QCM byl zahájen návrhem, sestavením a zprovozněním nové plně automatizované testovací aparatury umožňující expozici senzorů různými plyny s volitelnou koncentrací i různými zdroji záření. Byly provedeny úvodní experimenty a změřeny odezvy senzorů QCM na vzdušnou vlhkost a páry alkoholů.

## Pelistorové senzory

*K. Kadlec, L. Fišer, M. Karlík*

- Pokračovaly experimenty s bezdotykovým měřením rozložení teploty na povrchu pelistorových senzorů termokamerou Optris PI při statickém režimu pelistoru. Zvláštní pozornost byla věnována metodikám určení emisivity pozorovaného objektu.
- Pro zpracování signálu pelistorových senzorů byl navržen a realizován obvod pracující s vyvažovaným měřicím můstkem s elektronickým potenciometrem a komparátorem, určujícím polaritu napětí na měřicí diagonále.
- Byly realizovány elektronické obvody umožňující sběr dat při měření s pelistorovými senzory zapojenými jak v klasickém měřicím můstku, tak při použití tzv. měřicího děliče, které se vyznačuje principiálně lineárním vztahem mezi výstupním signálem a změnou odporu senzoru. Sběr dat je realizován pomocí karty AT-Mio a programu v LabVIEW. Data z experimentů budou sloužit k vyhodnocení dlouhodobého chování pelistorového senzoru při měření koncentrace různých hořlavých látek a k vyhodnocení různých modifikací přípravy katalyticky aktivního povrchu senzoru.
- V oblasti věnované bezpečnostním charakteristikám hořlavých látek bylo provedeno ověření způsobu odhadu teploty vzplanutí, založené na redukováných veličinách, na širším souboru experimentálních dat různých skupin látek. Ukázalo se, že tato metodika, na rozdíl od jednoduchých příspěvkových metod, poměrně dobře vystihuje vliv izomerie a prostorového uspořádání různých látek na experimentální hodnoty. Příspěvkové metody je vhodné použít v případech, kdy se vychází pouze ze strukturního vzorce. V ostatních případech je vhodné (za jistých omezení) použít princip redukováných veličin [D6].

## Optické detekční metody a senzory

*E. Jiráček, A. Korbářová*

- EDF modul, příslušející k softwarovému prostředí pro analýzu obrazu NIS Elements byl doplněn o automatizovaný stolek, připevněný k mikroskopu NIKON. Stolek je ovládán počítačem a umožňuje naprosto přesný automatický posuv stolku pod mikroskopem nejen po osách X, Y, ale také po ose Z. Tím se velice usnadnilo používání EDF modulu při zkoumání objektů, které vyžadují větší hloubku ostrosti, než je schopen snímací systém zobrazit v rámci jednoho snímku a také při snímání objektů, které plochou přesahují zorné pole kamery a mikroskopu. V současné době jsou pro tento nový snímací systém vytvářeny manuály, aby mohl být využit ve výzkumu i výuce studentů.
- Výzkumné práce byly zaměřeny na zdokonalování systémů pro automatické snímání a vyhodnocování obrazů heterogenních směsí a potravinářských vzorků. Vytvořený modulární systém, který slouží ke zjednodušení práce programátorů obrazové analýzy v prostředí LabVIEW, použitý pro potravinářské aplikace, byl prezentován na kongresu CHISA 2010 [D7].
- Vzhledem k půlroční mateřské dovolené (5/2010-12/2020) Ing. A. Korbářové, Ph.D. nebylo možné splnit veškeré předpokládané cíle, vytčené pro tento rok. V plánovaných projektech se bude pokračovat v následujícím roce.
- Výzkum v oblasti senzorů na principu světlovaných vláken a v oblasti přímého sledování znečištění transparentního optického prostředí pevnými polutanty pomocí kamerových systému, je v současné době utlumen odchodem Ing. Emila Jiráčka, CSc. do důchodu a ukončením doktorského studia Ing. Jana Havlíka.

## Sterilizační účinky nízkoteplotního plazmatu

*V. Scholtz, J. Khun*

- Dekontaminační vlastnosti nízkoteplotního plazmatu byly zkoumány na různých typech mikroorganismů, mezi které přibýly mikromycety (plísně). Mikromycety se jeví být k nízkoteplotnímu plazmatu odolnější než dosud studované bakterie a eukaryotní kvasinky. Získané nové výsledky zabývající se hubením bakterií a kvasinek byly publikovány [A3, B3, D11, D13].
- Byl zkoumán nový jev – tzv. “kometární výboj” a výsledky byly publikovány v [B1, A4]. Zařízení produkující “kometární” výboj bylo podáno k patentování na Úřad pro ochranu duševního vlastnictví ČR [E1].
- Byla ukončena první série základních experimentů k ověření možnosti inaktivace prionů nízkoteplotním plazmatem. Výsledky ukazují, že k inaktivaci prionů dochází již po 5 minutách působení, k úplné inaktivaci dochází dle výchozí koncentrace v intervalu 15 až 30 minut. Výsledky byly zaslány k publikaci do časopisu Plasma Processes and Polymers.
- Při studiu inaktivace prionů byla zjištěna perzistence baktericidních vlastností ve vodě vystavené nízkoteplotnímu plazmatu i dlouhou dobu, řádově měsíc, po samotné expozici. Při zkoumání tohoto fenoménu byly měřeny látky generující se v exponované vodě jako oxidy dusíku, ozón a peroxid vodíku. Zatím není možno tento jev jednoznačně vysvětlit, pravděpodobně ve vodě vznikají ještě další látky, které se zatím nepodařilo identifikovat. Předběžně byl tento poznatek publikován v práci [D12]. Podrobné výsledky byly zaslány k publikaci do časopisu Physica Medica.
- Byla navázána spolupráce se skupinou obrazové analýzy za účelem automatizace počítání narostlých mikrobiálních kolonií na misce. První série experimentů byla vyhodnocena a prezentována na konferenci PDES v Polsku [D9].
- Byla provedena stabilizace korónového výboje v uspořádání elektrod hrot-rovina předřadnou impedancí (rovina realizována povrchem vodní hladiny). Empiricky byly navrženy předřadné impedance, při kterých výboj hoří nejstabilněji a dále, při kterých výboj vykazuje nejvyšší účinnost při dekontaminaci vodní suspenze bakterie *Escherichia coli*. Byly změřeny elektrické charakteristiky tohoto výboje a popsány jeho režimy. Výsledky jsou prezentovány ve [B2].
- S využitím bezkontaktního měření teploty byla provedena první série testování míry ohřevu vody (nalité do jamky tečkovací destičky) a povrchu agaru po expozici korónovým výbojem v různých režimech. Bylo zjištěno, že míra ohřevu (jak vody, tak MH agaru) je obecně pro daný výkon výboje a danou dobu expozice vyšší v případě kladné stabilizované koróny v porovnání s korónou zápornou.
- Byly proměřeny volt-ampérové charakteristiky a určeny jim odpovídající režimy stabilizovaných korónových výbojů v uspořádání elektrod hrot-rovinná elektroda. Rovinná elektroda byla v jednotlivých případech realizována vodní hladinou, povrchem agaru a nerezovou plochou. Experimenty ukázaly, že výskyt jednotlivých režimů stabilizované kladné i záporné koróny je ovlivněn parazitními parametry elektrického obvodu výboje.
- Byly dosaženy pokroky i v okrajově řešených tématech. K publikaci byla přijata práce popisující spontánní strukturalizaci dynamických systémů studovaných v minulosti [B6]. Proběhla další sada experimentů v systému digitální evoluce SVET, které byly stručně představeny v práci [D10]. Novým je návrh šifrovacího systému proudových šifer na bázi inverzní permutace, podrobně publikováno v [D8].

## Aplikace senzorů pro monitorování a řízení procesů

*K. Kadlec, Kopecký D., Fitl P., Fišer L.*

Problematika monitorování technologických veličin byla prezentována v příspěvcích [B4, D14, D17] (dotykové a bezdotykové snímače teploty), [B7, D15] (aplikace termografie pro studium dynamiky kondenzátoru brýdových par při řízení odparky), [B5] (snímače průtoku - Coriolisovy průtokoměry), [D16] (monitorování atmosférických polutantů vznikajících při nedokonalém spalování zemního plynu), [C2] (vybrané snímače pro aplikace v potravinářských technologiích).

## Prezentace výsledků

### A) Články v impaktovaných časopisech

Uplatněné:

- A1. Seidl J., Vysloužil F., Vrňata M., Ekrť O., Myslík V., Kopecký D., Fitl P., Hofmann J., Nápravník J.: *AC analysis of organocomplex sensing layer with Pd catalyst*. Sensor Letters, Vol. 8, (2010), Issue 3, pp. 507-511, ISSN: 1546198X, IF 0,626, pětiletý IF 0,882 - NEJEN
- A2. Kopecký D., Vrňata M., Vysloužil F., Fitl P., Ekrť O., Seidl J., Myslík V., Hofmann J., Náhlík J., Vlček J., Kučera L.: *Doped polypyrrole for MAPLE deposition: Synthesis and characterization*. Synthetic Metals, Vol. 160, (2010), Issue 9-10, May 2010, pp. 1081-1085, ISSN: 03796779, IF 1,901, pětiletý IF 2,199882 – NEJEN
- A3. Scholtz V., Julák J., Kříha V.: *The Microbicidal Effects of Low-Temperature Plasma Generated by Corona Discharge: Comparison of Various Microorganisms on an Agar Surface or in Aqueous Suspension*. Plasma Processed and Polymers. Vol. 7, (2010), No. 3-4, p. 237-243, ISSN 1612-8850, IF = 4.037 – NEJEN
- A4. Scholtz V., Julák J.: *Plasma Jet-Like Point-to-Point Electrical Discharge in Air and its Bactericidal Properties*. IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 38, (2010), No. 38, p. 1978-1980, ISSN 0093-3813, IF = 1.253 – NEJEN

### B) Články v recenzovaných neimpaktovaných časopisech

Uplatněné:

- B1. Scholtz V., Julák J.: *The "cometary" discharge, a possible new type of DC electric discharge in air at atmospheric pressure, and its bactericidal properties*. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 223, (2010), No. 1, Article number 012005, 2010, pp. 1-4. ISSN 1742-6596 – NEJEN
- B2. Horák P., Khun J.: *Impedance-stabilized positive corona discharge and its decontamination properties*. Journal of Physics: Conference Series, Vol. 223, (2010), No. 1, Article number 012006, 2010, p. 1-5. ISSN 1742-6596 – JEN
- B3. Scholtz V., Julák J., Štěpánková B.: *Comparison of Point-to-Plane and Point-to-Point Corona Discharge for the Decontamination or Sterilization of Surfaces and Liquids*. Plasma Medicine. Vol. 1, (2011), No. 1, s. 21-25. ISSN 1947-5764 – NEJEN
- B4. Kadlec K., Kopecký D., Fitl P.: *Laboratoř bezdotykového měření teploty*. AUTOMA **16**, (2010), 7, 46-49, ISSN 1210-9592- NEJEN
- B5. Kadlec K.: *Coriolisovy průtokoměry*. AUTOMA **16** (2010), 11, 40 - 42, ISSN 1210-9592, - JEN

Uplatnění zahájeno:

- B6. Krempaský J., Scholtz V.: *Spontaneous structuralization of discrete biological systems with diffusion*. Dynamics of Continuous, Discrete and Impulsive Systems Series B: Applications & Algorithms. ISSN 1492-8760 – přijato, v tisku - JEN
- B7. Kmínek M. Kadlec K., Nachtigalová I., Jakeš B.: *Využití termografie ke studiu dynamiky kondenzátoru brýdových par*. – přijato k publikaci v časopisu AUTOMA, ISSN 1210-9592 - JEN

## C) Odborné recenzované knihy

Uplatnění zahájeno:

- C1. Kopecký D., Vršata M., Fitl P., Vysloužil F.: *Deposition of Polypyrrole Thin Films by Advanced Method - Matrix Assisted Pulsed Laser Evaporation*, v knize Polypyrrole: Properties, Performance and Applications. Nova Publishers, New York, USA, přijato k publikování
- C2. Kadlec K.: *Měření technologických veličin*. Kapitola v knize Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výrob (editoři Kadlec P., Melzoch K., Voldřich M.). Ed. KEY Publishing s.r.o. Ostrava, vyjde 2011, (přijato k publikování)

## D) Články ve sbornících

Uplatněné:

- D1. Škodová J., Kopecký D.: *Polypyrrole nanotubes prepared by different azo-dyes*. Conference proceedings NANOCON 2010, 12. – 14. 10. 2010, pp. 67-68, Full text on CD 6 pgs. Ed: TANGER Ltd., Ostrava 2010, ISBN 978-80-87294-18-5, – NEJEN
- D2. Škodová J., Kopecký D.: *Polypyrrole nanotubes prepared for chemical sensors by soft-template method*. Proceedings of the 8th international conference Králíky 2010, 30.8. – 1.9. 2010, pp. 134-137. Published by University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Communication, Brno, 2010, ISBN 978-80-214-4139-2, – NEJEN
- D3. Fitl P., Myslík V., Náhlík J., Kašpárková I., Kopecký D., Lánčok J., Vršata M., Vysloužil F.: *Laser processing of Zinc phthalocyanine thin films prepared by low temperature evaporation*. Elektronický sborník konference E-MRS 2010, E-MRS 2010, Strassbourg, Francie, RP111-21, p. 13, (bez ISBN)- NEJEN
- D4. Škodová J., Ekrť O.: *Thin organic layers diagnostic by image analysis*. Summaries Volume 9<sup>th</sup> Int. Conference PROCESS CONTROL 2010, Kouty n. D., p. 84, Ed. Tribun EU, 2010, Full text on CD, C091a 1 - 9, ISBN 978-80-7399-951-3 - NEJEN
- D5. Kučera L., Vršata M., Myslík V., Fišer L., Pinkava J.: *Improvement of gas sensor performance by UV radiation*. Summaries Volume 9<sup>th</sup> Int. Conference PROCESS CONTROL 2010, Kouty n. D., p. 81, Ed. Tribun EU, 2010, Full text on CD, C067a 1 - 6, ISBN 978-80-7399-951-3 - NEJEN
- D6. Karlík M.: *Method for flash temperature estimation of organic substances based on reduced quantities*. 19th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2010 and the 7th European Congress of Chemical Engineering-7, Summaries 5 - Systems and technology, P1.260 (p. 1947), Ed. Process Engineering Publisher, Praha 2010, ISBN 978-80-02-02250-3, Full text on CD-ROM, P1.260, pp. 1-5, ČSCHI Praha 2010 - JEN
- D7. Korbářová A., Jiráček E.: *New modular system for automatic image analysis of food*. Summaries 5 – Systems and Technology, 19th International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2010, pp. 2107, Ed. Process Engineering Publisher, Praha 2010, ISBN 978-80-02-02250-3, full text No. P5-267 on CD (10 pgs.) - JEN
- D8. Scholtz V., Scholtzová J.: *The Stream Ciphers and the Keystream Generator Based on Inverse Permutation*. Proceedings of 10th IFAC Workshop on Programmable Devices and Embedded Systems PdeS 2010, s. 15-18, Ed. Institute of Electronics, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, Pszczyna, 2010, (bez ISBN) - JEN
- D9. Soušková H., Kommová L., Scholtz V., Korbářová A., Julák J.: *The Determination of Microbicidal Effects of Corona Discharge Using the Image Analysis*. Proceedings of 10th IFAC Workshop on Programmable Devices and Embedded Systems PdeS 2010, s. 251-256, Ed. Institute of Electronics, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland, Pszczyna, 2010, (bez ISBN) - NEJEN

- D10. Vláčilová L., Scholtz V.: *Digital Evolution in SVET*. 19th Annual CTU Student Scientific Conference WORKSHOP 2010 – CTU reports, vol. 14, February 2010, s. 66-67, Czech Technical University in Prague, Praha, 2010. ISBN 978-80-01-04513-8, - JEN
- D11. Kommová L., Scholtz V., Julák J.: *Comparison of Bactericidal Effects of Corona Discharge for Various Parameters*. 19th Annual CTU Student Scientific Conference WORKSHOP 2010 – CTU reports, vol. 14, February 2010, s. 268-269, Czech Technical University in Prague, Praha, 2010. ISBN 978-80-01-04513-8, - NEJEN
- D12. Kotúčová S., Scholtz V., Julák J.: *The Persistence of Bactericidal Effects in Water After its Exposition to the Corona Discharge*. 19th Annual CTU Student Scientific Conference WORKSHOP 2010 – CTU reports, vol. 14, February 2010, s. 274-275, Czech Technical University in Prague, Praha, 2010. ISBN 978-80-01-04513-8, - NEJEN
- D13. Kvasničková E., Scholtz V., Julák J.: *The Evolving of Bacterial Clone Resistive to the Low-Temperature Plasma*. 19th Annual CTU Student Scientific Conference WORKSHOP 2010 – CTU reports, vol. 14, February 2010, s. 276-277, Czech Technical University in Prague, Praha, 2010. ISBN 978-80-01-04513-8, - NEJEN
- D14. Kadlec K., Kopecký D., Fitl P.: *Laboratory of non-contact temperature measurement*. Summaries Volume 9<sup>th</sup> Int. Conference PROCESS CONTROL 2010, Kouty n. D., p. 80, Ed. Tribun EU, 2010, Full text on CD, C042a 1 – 10, ISBN 978-80-7399-951-3 – NEJEN
- D15. Kmínek M. Kadlec K., Nachtigalová I., Jakeš B.: *Using of thermography for study of temperature field on the vapor condenser surface*. Summaries Volume 9<sup>th</sup> Int. Conference PROCESS CONTROL 2010, Kouty n. D., p. 39, Ed. Tribun EU, 2010, Full text on CD, C099a 1 – 10, ISBN 978-80-7399-951-3, – JEN
- D16. Kopecký D., Fišer L.: *Measurement of atmospheric pollutants concentration*. Summaries Volume 9<sup>th</sup> Int. Conference PROCESS CONTROL 2010, Kouty n. D., p. 69, Ed. Tribun EU, 2010, Full text on CD, C028a 1 – 8, ISBN 978-80-7399-951-3 - NEJEN
- D17. Kadlec K.: *Principy snímačů pro měření teploty*. Sborník Škola měření teploty 2010, s. 63 - 81. Vydal ČMI OI Praha 2010, (bez ISBN) – JEN

Uplatnění zahájeno:

- D18. Vlček J., Fendrych F., Taylor A., Fitl P., Vrnata M., Myslík V., Nesládek M.: *UV-Laser treatment for patterning of nanodiamond seeded surfaces*. MRS Fall Meeting 2010, Boston, USA, 29. 11. - 2. 12. 2010, přijato, vyjde v r. 2011 – NEJEN

## E) Patenty

Uplatnění zahájeno:

- E1. Scholz V., Julák J.: Zařízení produkující nízkoteplotní plazma pomocí „kometárního“ DC výboje za atmosférického tlaku pro lokální dekontaminaci a sterilizaci. PV E77539 (2010)