

## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

**-0497-07**

### Termofyzikálne senzory

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Ľudovít Kubičár, DrSc**Príjemca **Fyzikálny ústav SAV**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Fyzikálny ústav SAV
2. Fakulta elektrotechniky a informatiky STU
- 3.
- 4.
- 5.

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

1. Physikalische-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Nemecko
- 2.
- 3.

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

1. č.: 287386 „Metóda merania tepelnej vodivosti materiálov a senzor na jej vykonávanie“ (senzor horúcej guľôčky) udelený 9.8.2010
- 2.
- 3.

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

1. Ľ. Kubičár, V. Boháč, V. Vretenár, V. Štofanič, P. Dieska, C. C. Aníbarro, Ľ. Bagel', I. Novak, I. Chodak: Thermophysical Analysis of Technological Processes by Pulse Transient and Hot Ball Methods. Proc. of the ITCC 30/ ITES 18, Eds. D S Gaal and P S Gaal, DEStech Publications, Inc., Lancaster, 2010, pp. 160-178
2. Vladimír Štofanič, Igor Baláž, Marián Minárik, Stanislav Kozinka, Multi-Mode Crystal Oscillator for Simultaneous Excitation of Three Thickness-Shear Modes in Stress Compensated Resonator, Proceedings of the 2009 Joint Meeting of the European Frequency and Time Forum and the IEEE International Frequency Control Symposium, Besançon, France, April, 2009, IEEE 2009, 978-1-4244-3510-4/09/, p.516-519.

3. L. Kubičár, V. Štofanič, V. Boháč, M. Brček, J. Vlčko, C.C.Anibarro: Monitoring system of the temperature-moisture regime placed at Spis Castle, Proc. of MEASUREMENT 2009, Int. Conf. on Measurement, Smolenice, eds.: M. Tyšler, J. Maňka, V. Witkovský, Institute of Measurement Science: Bratislava, 2009, ISBN 978-80-969672-1-6, pp. 282-285
4. Ľudovít Kubičár, Vladimír Štofanič, Viliam Vretenár, Vlastimil Boháč, Peter Dieška (STU)Thermophysical analysis of porous system, Thermophysics 2009 - Proceedings BrnoUniversity of Technology, Faculty of Chemistry, 2009, ISBN 978-80-214-3986-3, p. 64
5. Ľudovít Kubičár, Ulf Hammerschmidt, Danica Fidriková, Peter Dieška, and Viliam Vretenár: Measuring Regime and Accuracy of the Transient Hot-Ball Method, Conf. Proc. THERMOPHYSICS 2010, Ed.:Zmeskal, Brno University of Technology, 2010, pp. 166-171

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Výstupy projektu sa využívajú v praxi v týchto oblastiach:

- Laboratórium spolupracuje s Transient MS s.r.o. pri vývoji a výrobe rady prístrojov pre testovanie/monitorovanie termofyzikálnych vlastností materiálov. Projekt bol zameraný na vývoj a konštrukciu termofyzikálnych senzorov, ktoré sú v spomínaných prístrojoch využívané. Jedná sa o senzor tepelnej vodivosti (senzor založený na metóde horúcej guľôčky), senzor horúcej platne (senzor založený na metóde plošného zdroja) a senzor horúceho prstenca (senzor založený na metóde kruhového zdroja tepla). Každý zo spomínaných senzorov má svoje špecifické využitie vo vede a technológii. Senzor tepelnej vodivosti je najvhodnejší pre využitie v monitorovaní procesov šírenia vlhkosti v stavebných konštrukciách, monitorovaní procesov polymerizácie a vulkanizácie, monitorovaní tuhnutia betónových zmesí pri konštrukciách budov, ciest, mostov tunelov atď. meraní tepelnej vodivosti kvapalín, apod. tento senzor má veľmi široké uplatnenie. V tomto projekte bola venovaná pozornosť analýze presnosti merania senzorom tepelnej vodivosti. Senzor horúcej platne sa používa v rade prístrojov pre presné merania tepelnej vodivosti, teplotnej vodivosti a špecifického tepla, šírenie frontov tuhnutia a topenia a pod. Senzor umožňuje merania aj nehomogénnych/poréznych materiálov pri špecifických termodynamických podmienkach ako sú teplota, zloženie okolitej atmosféry a jej tlak a stupeň zavlhčenia poréznych materiálov. Tento senzor možno využívať pre celú radu prechodových metód. V projekte bola riešená komercializácia výroby senzora. Senzor horúceho prstenca má využitie v meraní termofyzikálnych vlastností materiálov aj prenosnými prístrojmi a je určený aj pre monitorovanie technologických procesov. Obzvlášť sa senzor využije pri monitorovaní technologických procesov, kde senzor horúceho prstenca dáva informácie o transportných parametroch (tepelná vodivosť, teplotná vodivosť) a o termodynamickom parametre (špecifické teplo). V tomto projekte sa pozornosť sústredila na teóriu, konštrukciu a laboratórnu výrobu tohto typu senzora. V súčasnosti, okrem posledného senzora, využíva celá rada domácich aj zahraničných zákazníkov. Posledný senzor, senzor horúceho prstenca, čakajú aplikačné experimenty v rôznych oblastiach vedy a technológie, v ktorých sa otestuje jeho spoľahlivosť a miera informácií.
- Pre monitoring bola vyvinutá rada monitorovacích prístrojov v spojení so senzorom tepelnej vodivosti. Sú to prístroje pre monitorovanie procesov na dostupných miestach (laboratória, dostupné stavebné konštrukcie, atď.). Pre nedostupné miesta sú vyvinuté prístroje s napájaním zo solárneho panela a prístroje s bezdrôtovým prenosom dát. V súčasnosti sa monitorovacie prístroje využívajú najčastejšie pre monitorovanie šírenia vlhkosti, meranie tepelnej vodivosti v kvapalinách domácimi aj zahraničnými zákazníkmi. Je pripravený demonštračný projekt na monitoring tuhnutia betónových zmesí priamo na stavebných objektoch.
- Vývoj riadiacích programov pre prístroje rady RTB a RT (prístroje na meranie termofyzikálnych vlastností s plošným zdrojom tepla) a monitorovacie pre prístroje rady RTM bol kompilovaný v úzkej spolupráci s programátorom firmy Transient MS s.r.o.
- Termofyzikálne senzory a prístroje založené na prechodových metódach merania termofyzikálnych vlastností sú vyrábané, dodávané a servisované firmou Transient MS s.r.o. v úzkej spolupráci s našim laboratóriom.
- Pripravuje sa celá rada aplikačných projektov termofyzikálnych senzorov v rôznej oblasti

technológie a monitoringu životného prostredia.

## **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

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

Projekt bol zameraný na vývoj termofyzikálnych senzorov. Riešili sa tri typy senzorov ktoré sú v súčasnosti na rôznej úrovni vývoja. Senzor horúcej platne je najrozvinutejší, projekt riešil jeho komerčnú výrobu z hľadiska reprodukovateľnosti technických parametrov. Senzor horúcej guľôčky vyžadoval rozpracovanie modelov z hľadiska presnosti merania. Vývoj senzora horúceho prstenca sa realizoval od prvotnej ideí až po funkčnú vzorku. Riešila sa teória senzora, optimalizovala sa štruktúra senzora a zabezpečila sa laboratórna výroba senzora. Vypracovali sme metodológiu merania a verifikovali sme funkcionality senzora pre materiály v rozsahu tepelnej vodivosti od 0.09 až po 1 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Metodológia vývoja senzorov je založená na vývoji teórie senzora - návrhu motívu senzora - metodiky merania - analýzy presnosti merania a komercializácii jeho výroby. Veľká pozornosť sa venovala vývoji monitorovacích systémov založených na bezdrôtovom prenose dát. Monitorovacie prístroje v spojení s termofyzikálnymi senzormi patria medzi inovatívne testovacie techniky ktoré s úspechom možno využiť v priemysle pri monitorovaní technologických procesov, stavebníctve pri technológii stavieb a monitorovaní ich degradácie a životnom prostredí.

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

Project is devoted to the development of the thermophysical sensors. Three kinds of sensors have been constructed that are at different developing stage up to date. Hot-plate sensor is at the most developed stage. The project has concentrated on commercial production considering reproducibility of sensor's technical parameters. A set of models of hot-ball sensor was found to analyze the measurement accuracy. Development of the hot-ring sensor started from the beginning, i.e. from an idea to the prototype. A theory of the sensor was found, motive of the sensor structure was optimized and laboratory production has been started. Measurement methodology was found to verify its functionality for thermophysical measurement of materials in the thermal conductivity range from 0.09 up to 1 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>. Methodology of a sensor development is based on a theory - motive design - measurement methodology - accuracy analysis and commercialization of the sensor production. A great attention was paid to the design and construction of the monitoring systems based on wireless data transmission. Monitoring systems in connection with the thermophysical sensors belong to the innovative testing techniques. They can be successfully used in industry for monitoring the technological processes, in civil engineering for technology of building construction and its degradation and in environment.

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

**Zodpovedný riešiteľ**

Ing. Ľudovít Kubičár, DrSc

V Bratislave 31. 01. 2011

**Štatutárny zástupca príjemcu**

Prof. Ing. Ivan Štich, DrSc

V Bratislave 31. 01. 2011

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu