

Nanočasticové senzory plynov - CO a NO₂

Štefan Luby, Livia Chitu, Matej Jergel, Eva Majková, Peter Šiffalovic
Fyzikálny ústav SAV, Dúbravska 9, Bratislava 84511, Slovakia



Citlivou vrstvou senzora sú polovodivé kovové oxidy Fe₂O₃ a CoFe₂O₄ vo forme nanočastíc, nanosené na substrát Langmuir-Blodgettovou technikou.

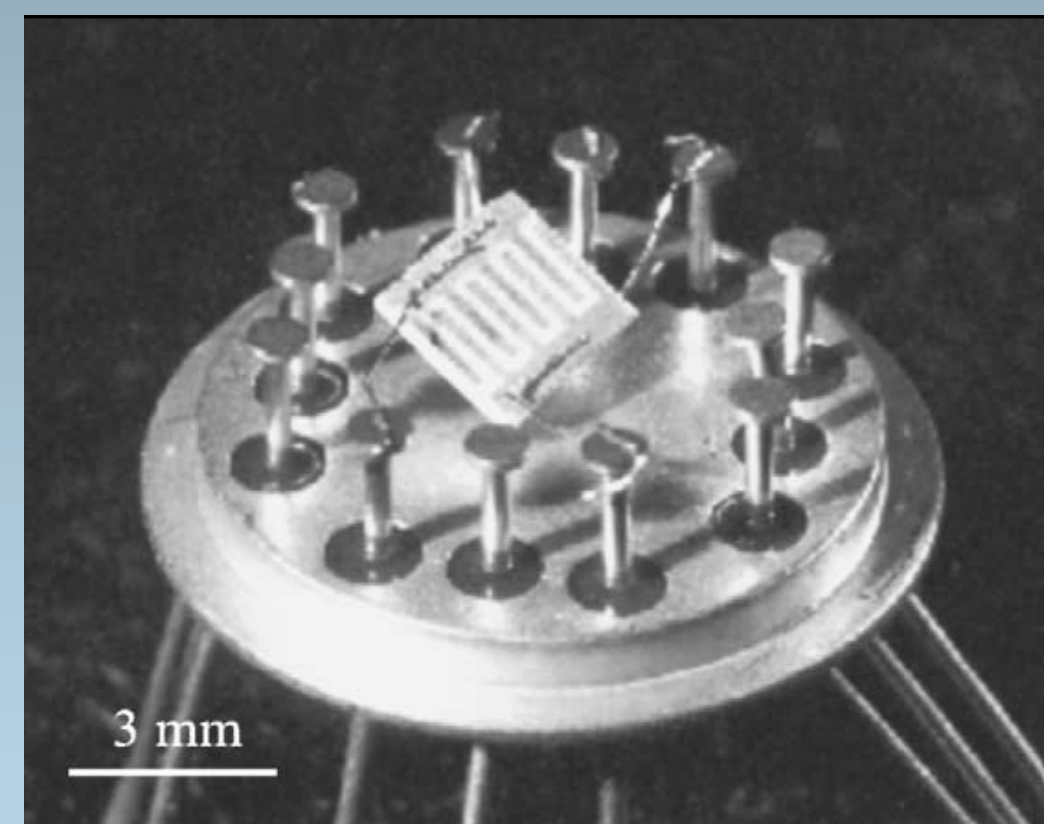
Detekujú sa plyny CO a NO₂ významné z hľadiska čistoty ovzdušia resp. monitorovanie prítomnosti výbušnín ako prevencie teroristických aktov.

Nanočastice

Fe₂O₃ (maghemit) a CoFe₂O₄ nanočastice sa syntetizovali z acetylacetonátov kovov, surfaktant sa vytvoril z olejovej kyseliny a aminu. Rozpúšťadlo toluén.
Prof. I. Capek a kol., Ústav polymérov SAV

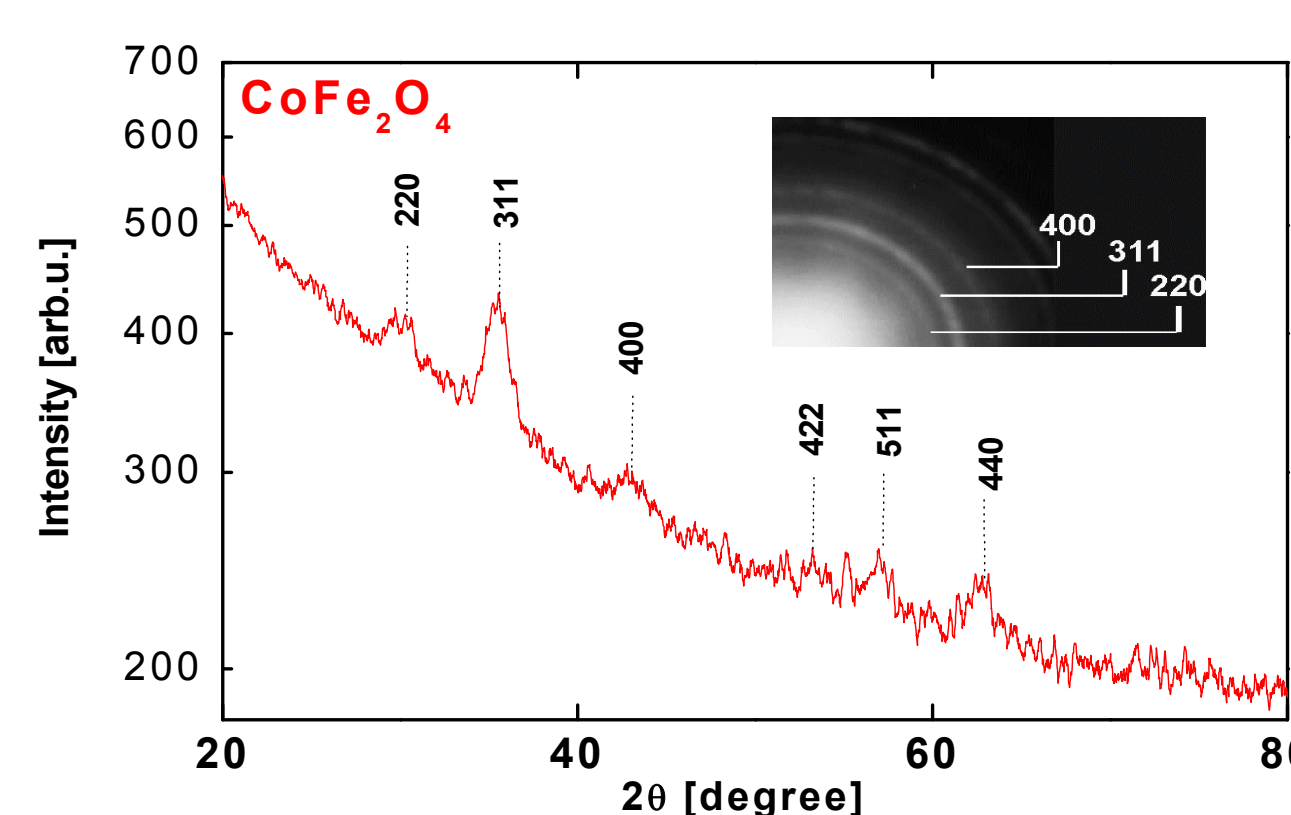
Tab. 1 Rozmery nanočastíc, disperzia < 10 %.

Zloženie	Polomer jadra [nm]	Surfaktant [nm]
Fe ₂ O ₃	3.2 ± 0.3	1.8
CoFe ₂ O ₄	3.8 ± 0.3	1.8

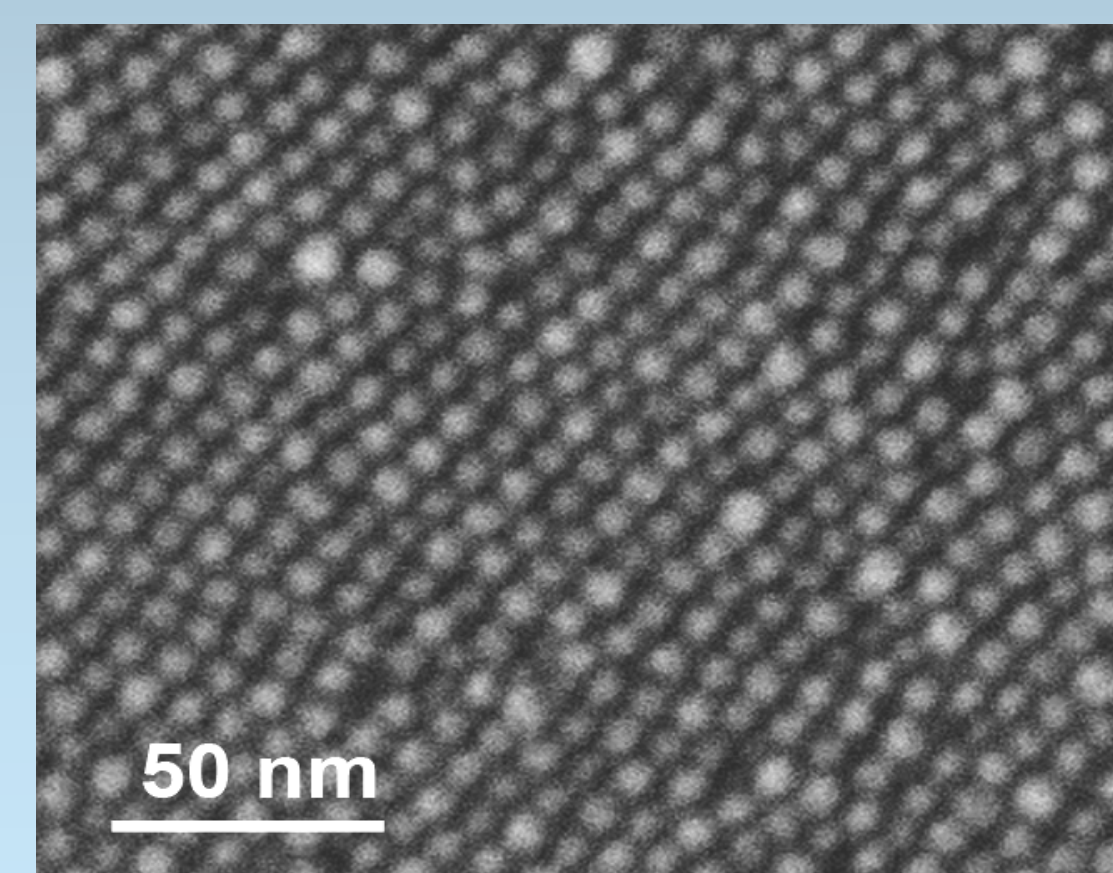


Senzor

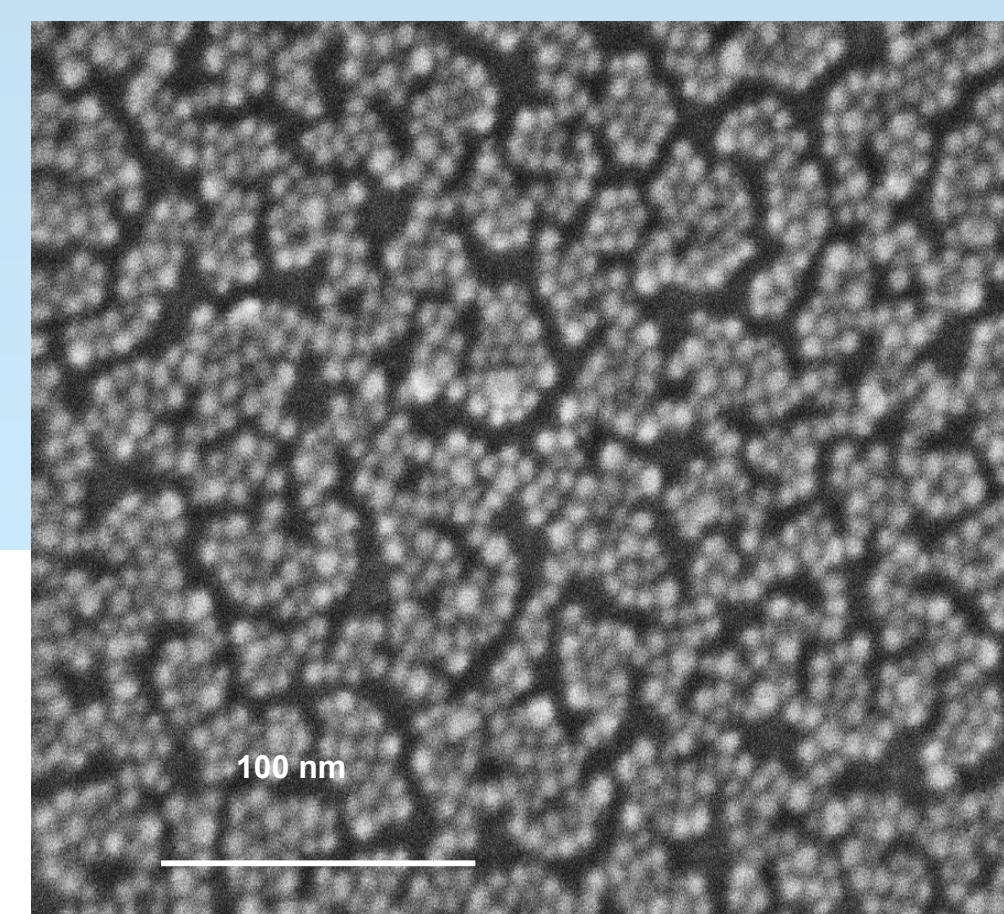
1 alebo 7 LB monovrstiev na 2 mm × 2 mm Al₂O₃ substráte s Ti/ Pt ohrievacím elementom a zbernými elektródami



Oba typy nanočastíc majú štruktúru Inverzného spinelu A(B₂)O₄



LB Fe₂O₃ monovrstva pripravená z vodnej hladiny



LB Fe₂O₃ monovrstva po odstránení surfaktantu tepelným spracovaním pri 400 °C alebo UV ožiarení. Odstránenie surfaktantu je potrebné aby boli nanočasticové depozity vodivé.

Tab. 2 Operačné podmienky senzorov, C_g - konc. plynu, T_w - prac. teplota, T_m - teplota max. odozvy T_w pri koncentrácii C_m. Prúd v suchom vzduchu I_{vzduch} pri T_m alebo v strede T_w intervalu. Odozva R = I_{plyn}/I_{vzduch}.

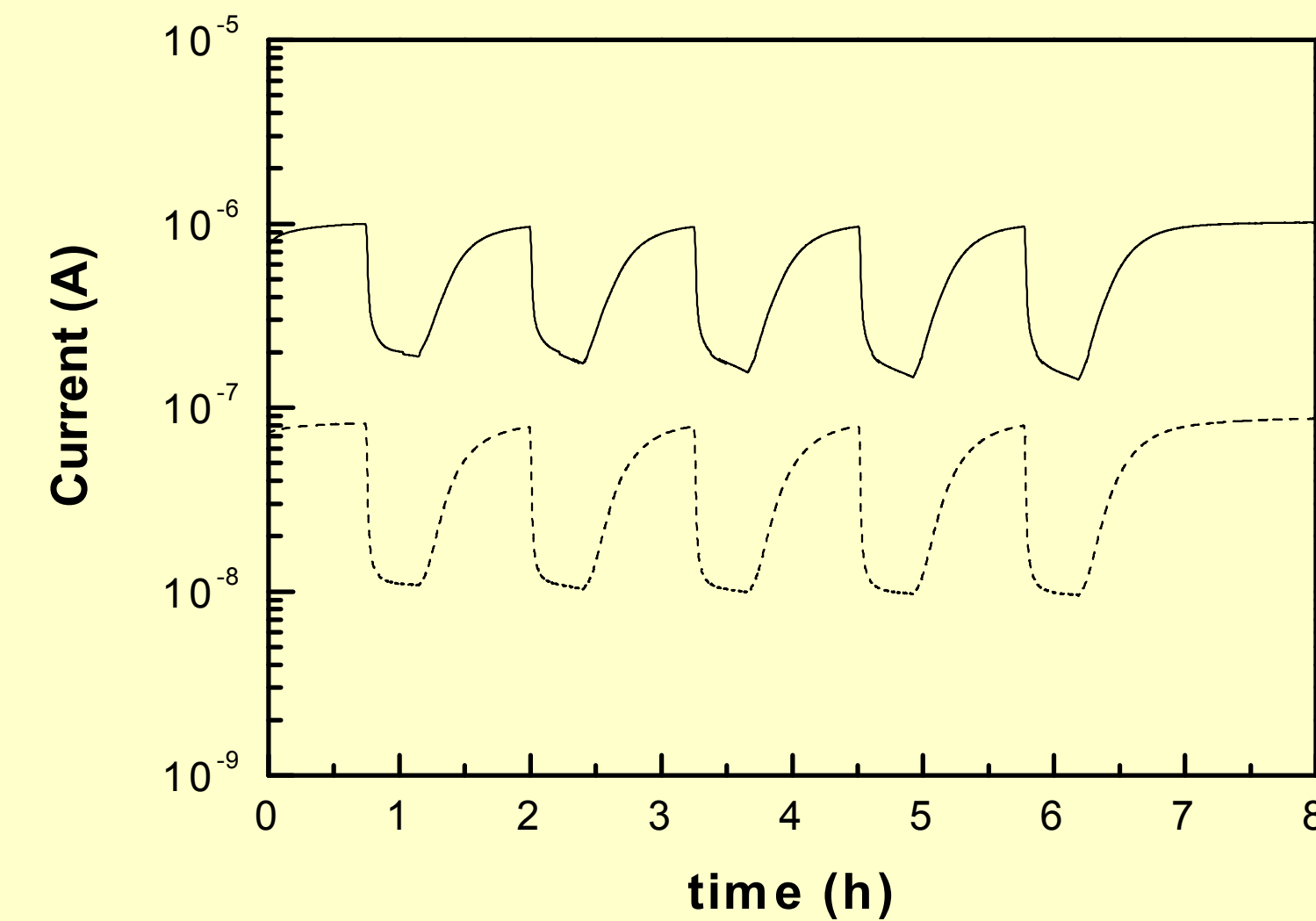
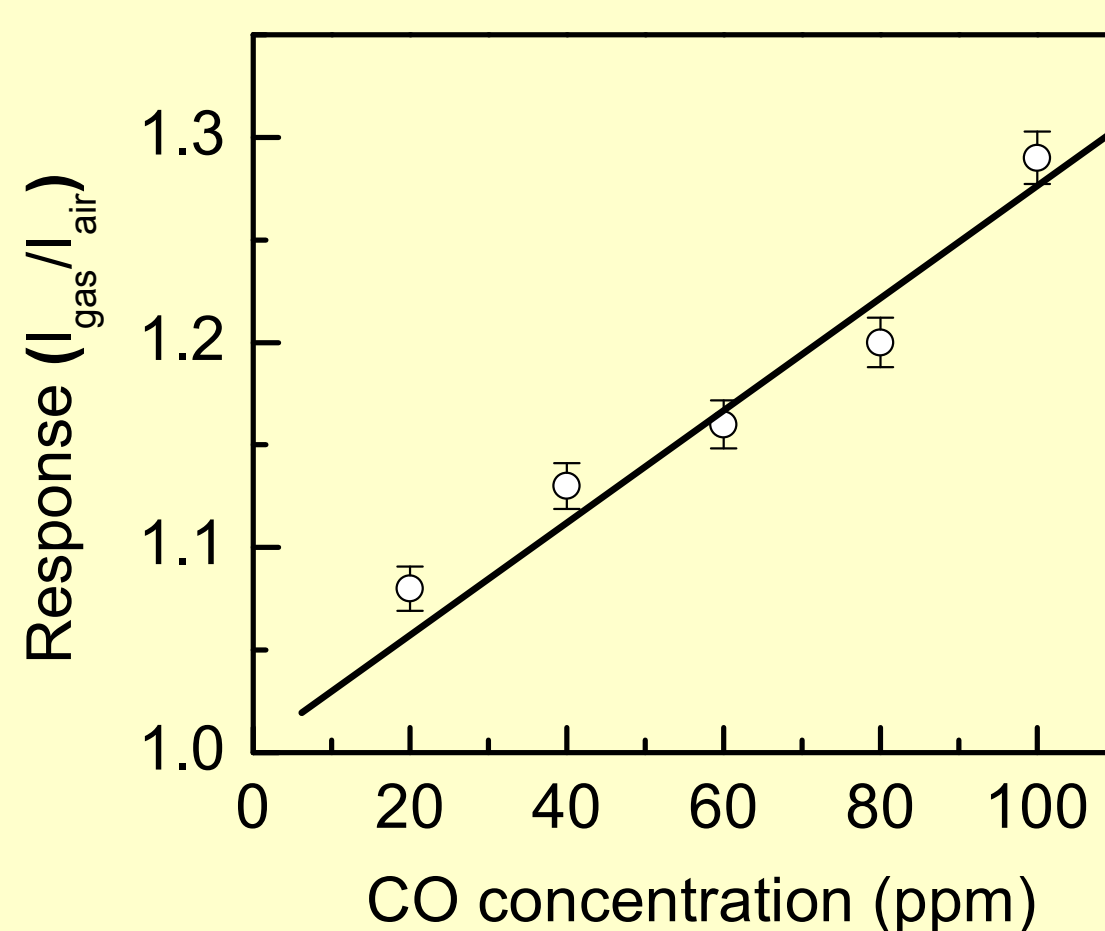
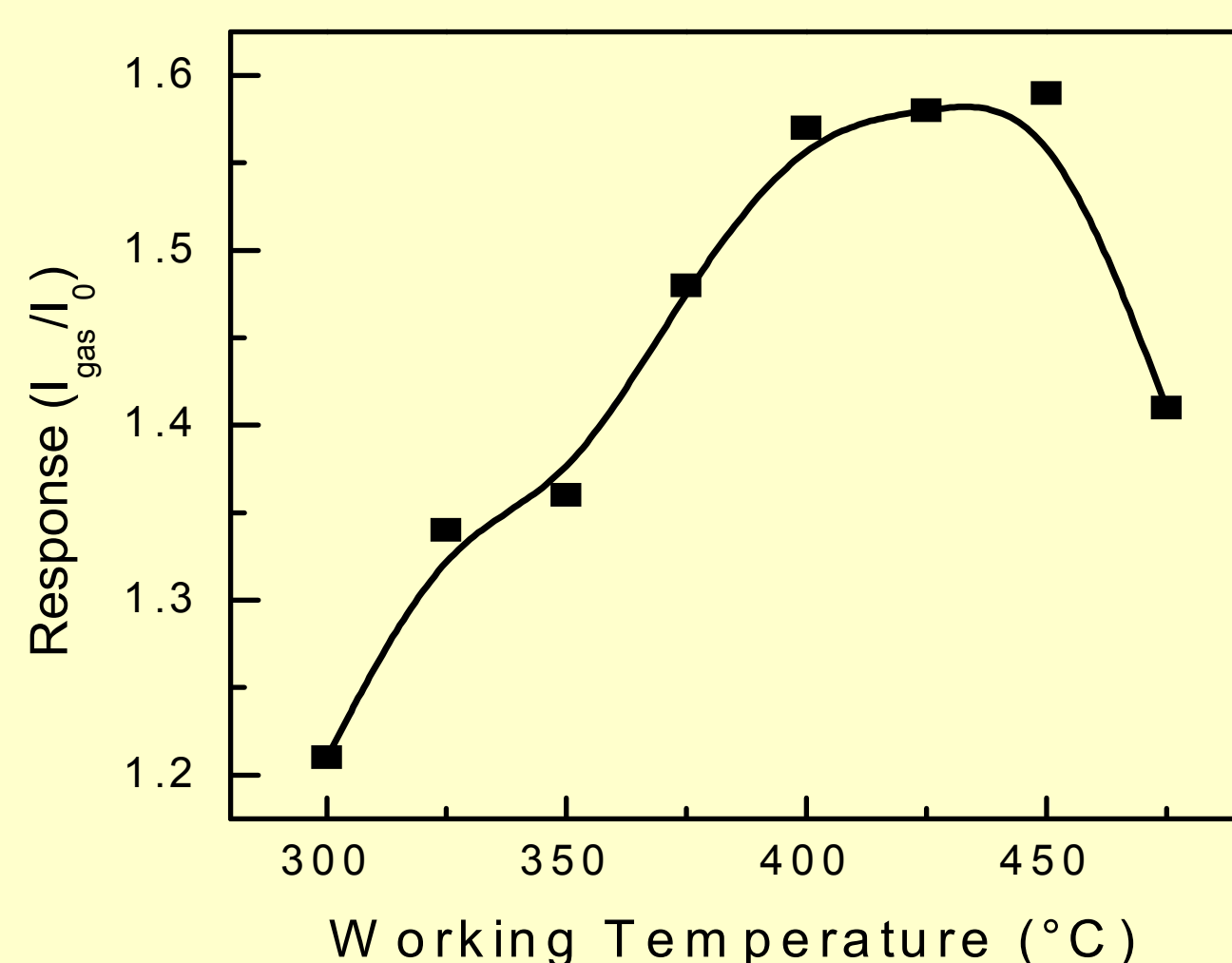
Nanočastice/ počet monovrstiev	Plyn	C _g	T _w [ppm]	T _m /C _m [°C]	I _{vzduch} [°C]/[ppm]	R
Fe ₂ O ₃ /1	CO	20 - 100	325 - 475	450/100	3x10 ⁻⁹	1.3 (400 °C, 100 ppm)
Fe ₂ O ₃ /1	NO ₂	5	375		2.4x10 ⁻⁹	(1.8)-1 (375 °C, 5 ppm)
Fe ₂ O ₃ /7	CO	100	200 - 475	350/100	6x10 ⁻⁷	2.8 (350 °C, 100 ppm)
Fe ₂ O ₃ /7	NO ₂	5	300 - 475	300/5	8x10 ⁻⁷	(8)-1 (350 °C, 5 ppm)
CoFe ₂ O ₄ /1	CO	20 - 100	175 - 450	340/100	2x10 ⁻¹¹	1.9 (350 °C, 100 ppm)
CoFe ₂ O ₄ /1	NO ₂	100	350		4x10 ⁻¹¹	okolo 1
CoFe ₂ O ₄ /7	CO	2 - 100	300 - 475	425/100	6x10 ⁻⁷	1.6 (400 °C, 100 ppm)
CoFe ₂ O ₄ /7	NO ₂	100	375		3x10 ⁻⁷	okolo 1
CoFe ₂ O ₄ /7 UV	CO	100	250 - 475		7x10 ⁻⁸	3 (350 °C, 10 ppm)
CoFe ₂ O ₄ /7 UV	NO ₂	5	300 - 475		8x10 ⁻⁸	(10)-1 (350 °C, 5 ppm)

Meranie

Elektromer pri konštantnom napätí 5 - 10 V.

Plyny sa dózovali certifikovanými prietokomermi,

Prietok 100 sccm pri testovaní.



Obr. 2 Odozva CoFe₂O₄ senzora so 7 monovrstvami vs. pracovná teplota pre 100 ppm CO.

Obr. 3 Kalibračná krivka CO senzora s 1 monovrstvou Fe₂O₃ pri pracovnej teplote 400 °C.

Dynamická odozva na 5 ppm NO₂ pri 350 °C, Fe₂O₃, 1 monovrstva, tepelné spracovanie (plná čiara) a CoFe₂O₄, 7 monovrstiev, UV ožiarenie (trhaná čiara).

Záver

Fe₂O₃ a CoFe₂O₄ nanočasticové senzory s citlivými vrstvami z 1 alebo 7 monovrstiev deponovaných Langmuir-Blodgett technikou sú vhodné na monitorovanie redukčného - CO alebo oxidačného - NO₂ plynu. Optimalizácia spočíva v skrátaní časov odozvy a zvýšení prúdu deponovaním 2 až 5 monovrstiev nanočastíc. Fe₂O₃ a CoFe₂O₄ senzory so zmenou signálu na úrovni 8 až 10 x pri vystavení 5 ppm NO₂ sú vhodné na detekciu trhavín.

Literatúra

- J. Bardeen and W. H. Brattain, 1953, *Bell. Syst. Tech. J.* 32, 1.
- A. Fainberg, 1992, *Science* 255, 1531-1537.
- L. Chitu, Y. Chushkin, S. Luby et al., *Mater. Sci. Engn. C* 27, 23-28.
- P. Šiffalovic, L. Chitu, E. Majkova et al., *Langmuir* 26:5451.