

# SUMMARY

This master thesis focuses on the study of optically modulated desorption of gases from thin active layers of gas sensors. The active layers selected in frame of this work are based on phthalocyanines and on highly nano-structured metallic films (metal-blacks). The phenomenon of optically modulated desorption called photoregeneration is particularly studied using NO<sub>2</sub>-sensitive phthalocyanine-based chemiresistors as well as the Quartz Crystal Microbalance – QCM sensors.

During the work about of 18 sensors were prepared. The experimental part of this thesis includes description of their preparation and measurement. Within the thesis, 11 of them – 3 chemiresistors, 4 QCM sensors and 4 metal-black-based QCM sensors were intensively investigated. The experimental part also contains the description of the development of a novel measurement apparatus for measuring the QCM sensors. The development included programming of measurement software as well. During the experiments, a new methodology of measuring of the photo-induced gas desorption on the prepared QCM sensors was proposed.

Obtained results show that photoregeneration has a significant effect and improves many properties of the gas sensors. It was confirmed that photoregeneration stabilises a sensor baseline, significantly lowers recovery times and also allows the reduction of a sensor normal operating temperature. Selected results obtained during the work on this thesis have been summarised and published in the ACS Sensors journal.

The application of the photoregeneration for QCM sensors proves that the active layer illumination reduces the detected mass on the active layer of the QCM sensor. The photoregeneration thus causes the photo-desorption of the molecules that were adsorbed. Even though the QCM sensors exhibited lower sensitivity to NO<sub>2</sub> than chemiresistors during the conducted experiments, this thesis proves that metal blacks can improve the sensitivity of QCM sensors up to ten times.

## KEYWORDS

*chemical sensors, phthalocyanine, metal-blacks, chemiresistors, quartz crystal microbalance (QCM), nitrogen dioxide detection, photoregeneration, photo-induced effect, gas desorption, nanostructured materials, highly porous materials*

# SOUHRN

Diplomová práce se zabývá především studiem opticky modulované desorpce plynů z aktivních vrstev chemických senzorů. Použité aktivní vrstvy v této práci jsou založeny zejména na ftalocyaninech a vysoce nanostrukturovaných tenkých kovových filmech, takzvaných černých kovech. Studovaný fenomén opticky modulované desorpce plynů v práci nazývaný jako fotoregenerace je studován jak na ftalocyaninových vodivostních chemických senzorech citlivých na NO<sub>2</sub>, tak na křemenných krystalových mikrováhách – QCM senzorech.

V praktické části práce je popsána příprava chemických senzorů a následně popis provedených experimentů. Během celé práce bylo připraveno celkem 18 chemických senzorů, z nichž bylo vybráno 11 kusů, které byly podrobně studovány. Jednalo se o 3 ftalocyaninové vodivostní senzory, 4 ftalocyaninové QCM senzory a 4 QCM senzory s vrstvou černého kovu. Praktická část práce také popisuje vývoj nové měřicí aparatury pro měření QCM senzorů. Vývoj zahrnoval též naprogramování obslužného měřicího softwaru. V rámci provedených experimentů byla navržena i nová metodika pro měření foto-indukované desorpce plynů z aktivní vrstvy QCM senzorů.

Získané výsledky ukázaly, že fotoregenerace má na senzory výrazný účinek a zlepšuje jejich senzorické vlastnosti – stabilizuje výchozí hodnotu (baseline), významně snižuje dobu zotavení senzoru a v neposlední řadě též umožňuje snížení pracovní teploty senzoru. Vybrané výsledky z této práce byly shrnuty ve formě publikace v impaktovaném časopise ACS Sensors.

Studium fotoregeneračního procesu pomocí QCM senzorů prokázalo, že osvit aktivní vrstvy senzoru způsobuje snížení detekované hmotnosti. Fotoregenerace tedy způsobuje foto-desorpci adsorbovaných molekul z povrchu senzoru. Přestože QCM senzory oproti vodivostním senzorům vykazovaly nižší citlivost na NO<sub>2</sub>, tak tato práce ukázala, že citlivost těchto senzorů je možné vylepšit až desetkrát, a to právě použitím nanostrukturovaných materiálů na bázi černých kovů.

## KLÍČOVÁ SLOVA

*chemické senzory, ftalocyaniny, černé kovy, vodivostní senzory, křemenná krystalová mikrováha (QCM), detekce oxidu dusičitého, fotoregenerace, foto-indukovaný efekt, desorpce plynů, nanostrukturované materiály, vysoce porézní materiály*