

Vysoké učení technické v Brně

**Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií**

# Posudek vedoucího diplomové práce

Akademický rok: 2020/2021

Ústav: Ústav mikroelektroniky

Student(ka): **Bc. Juraj Priščák**

Studijní program: **Mikroelektronika**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ondřej Chmela, Ph.D.**

Oponent diplomové práce: **Ing. Imrich Gablech, Ph.D.**

## Název diplomové práce:

Charakterizace senzitivních nanomateriálů pro MOX senzory plynů.

## Celkové slovní hodnocení:

Tato diplomová práce popisuje použití jednorozměrných (1D) a dvourozměrných (2D) nanomateriálů z oxidů kovů (MOX) pro přípravu velmi malých sensorů na detekci různých plynů, technologie jejich výroby a integrace. Tyto materiály mají unikátní vlastnosti, např. vysoký poměr plochy na svůj objem (surface-to-volume ratio) díky tomu i predikovanou vysokou citlivost na různé plyny, které je možno využít v chemických senzorech. Hlavním přínosem této práce mělo být: 1) vytvoření přehledu nanomateriálů a jejich technologie výroby, 2) rešerše vlastností 1D a 2D materiálů zejména senzitivity a selektivity na přítomnost vybraných druhů plynů a 3) přehled současných technologií realizace sensorů plynů založených na MOX, např. využití vyhřívací platformy MEMS či jiné nově zkoumané technologie.

V teoretické části práce se student zabývá problematikou chemických sensorů, jejich typy, vlastnostmi, principy detekce, zlepšování detekčních parametrů, např. pomocí funkcionalizace povrchu senzitivního materiálu atp. Hlavním zaměřením práce byly chemické senzory využívající nanomateriály na bázi kov-oxid (metal oxide, MOX), které jsou rozebrány detailněji jak současně využívané technologie provedení těchto sensorů, tak i nově studované typy MOX sensorů využívající fotoaktivaci povrchu citlivé vrstvy (světlo), místo všeobecně nejrozšířenějších, které využívají výhřevných elementů (teplo, většinou MEMS) pro aktivaci povrchu a dosažení potřebných chemisorpčních jevů. Tato kapitola je velmi pěkně zpracovaná, i když schází závěrečné porovnání těchto technologií z hlediska jejich výhod a nevýhod, týkající se zejména spotřeby, nebo dlouhodobé stability sensorů využívající fotoaktivaci, což patří mezi hlavní benefity pro jejich využití do budoucna. Dále uvádí několik PVD a CVD metod používaných pro syntézu nanomateriálů, ale i pro výrobu testovacích mikrostruktur. Součástí teoretické části jsou i způsoby přenosu a uspořádávání nanodrátů, které je možno použít pro navazující laboratorní experimenty.

Experimentální část byla hodně ovlivněna situací opatřeními onemocnění Covid-19, ale i přesto se studentovi podařilo splnit vytyčené zadání práce. Předmětem laboratorních experimentů bylo zvládnutí několika dílčích technologických kroků, jako je separace nanodrátů od základního substrátu, přenos nanodrátů na testovací elektrodové pole s interdigitálními elektrodami, proces žíhání atp., které předcházelo sestavení samotného snímacího elementu, neboli senzoru reagujícího na změnu koncentrace přimíchaného analytu. Další částí experimentální práce byla charakterizace odezvy dvou typů nanomateriálů, konkrétně nanodráty  $WO_3$  a  $ZnO$ , na přítomnost různých druhů plynů pomocí laboratorní plynové stanice. I přes výrazné omezení prací v laboratořích, studentovi se podařilo získat dostatečné množství výsledků potřebné k základní charakterizaci těchto materiálů, ale i sensorického systému jako takového. Naměřená data student znázornil v práci jak pomocí grafických závislostí, tak i přehledně s využitím tabulek, kde vzájemně porovnává jednotlivé parametry dvou typů senzorů, např. velikost odezvy senzoru, čas odezvy a zotavení senzoru. Student si takto osvojil základní postupy pro realizaci a charakterizaci plynových senzorů, založené na MOX nanomateriálech. V závěrečném zhodnocení práce schází delší diskuze o případné optimalizaci postupů takto vyráběných MOX senzorů, bráno jako vlastní přínos této práce, kde mohl student využít velké množství poznatků, které nabyt při zpracování teoretické části.

Práce má rozsah 76 stran textu a je přehledně členěna celkem do 7 hlavních kapitol. Grafická podoba je úhledná a je vidět, že jí student věnoval dostatečnou pozornost. Při zpracování grafických závislostí v rámci jednoho typu senzoru by měl být dodržován stejný rozsah odezvy, aby bylo možné velikost odezvy lépe interpretovat. Až na pár nedostatků a nepřesností v určitých pasážích práce, kde student zacházel zbytečně do detailů, které mohl použít spíše v jiných částech práce, hodnotím tuto práci jako dobře zvládnutou. Student projevoval o práci zájem a byl aktivní téměř po celou dobu zpracovávání této diplomové práce. Kladně hodnotím i práci s literaturou, která se skládala převážně z vědeckých publikací v anglickém jazyce. Tuto práci doporučuji k obhajobě u státní závěrečné zkoušky a hodnotím stupněm B (85 b).

V Brně dne 02.06.2021

Ing. Ondřej Chmela, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce