

**Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko - technologická**

Studium chalkogenidů s potenciálními aplikacemi v mikro- a nano-optice

**Autor práce: Ing. Jiří Orava
Školitel: prof. Ing. Tomáš Wágner, CSc.**

**Disertační práce
2009**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 20.5.2009

Jiří Orava

Poděkování:

Děkuji svému školiteli prof. T. Wágnerovi za vedení zajímavé disertační práce, vědeckou podporu během studia a umožnění práce s moderními experimentálními technikami.

Rád bych poděkoval prof. M. Frumarovi za možnosti podílet se na mezinárodních vědeckých projektech LC523 a CAMELS (ChAlcogenide MEmory with multiLevel Storage).

Chtěl bych vyjádřit své hluboké poděkování všem svým kolegům a kamarádům z Univerzity Pardubice a jiných českých a zahraničních univerzit a institucí. Bez jejich vědecké i osobní podpory by tato práce nikdy nevznikla. Jmenovitě bych pak rád poděkoval svým kolegům, jejichž příspěvek k disertační práci ať už vědecký nebo osobní je neodmyslitelný, Beneš L., Horálek J., Hrdlička M., Klapetek P., Kohoutek T., Kourková L., Krbal M., Matsui Y., Mistrík J., Myslivcová H., Nagao M., Nesládek P., Nývltová Z., Ondráček F., Příkryl J., Seddon A., Šik J. a Vlček Mil.

SOUHRN

Disertační práce se zabývá studiem fyzikálně-chemických vlastností objemových vzorků a tenkých vrstev chalkogenidových skel. Výsledky disertační práce jsou tématicky rozděleny do dvou kapitol, tj. selektivní rozpouštění tenkých vrstev a příprava optických prvků a dále optické vlastnosti objemových skel, tenkých vrstev a multivrstev chalkogenidů studovaných spektroskopickou elipsometrií.

V první části bylo studováno selektivní rozpouštění amorfních tenkých vrstev As-S-Se a stříbrem dotovaných (amorfní i krystalické) chalkogenidů v anorganických a organických roztocích s praktickou ukázkou přípravy optických prvků, tj. mikročoček a vlnovodů. Připravené optické prvky byly dobře definované s ostrými rozhraními. Vhodnými technologickými postupy byly optické prvky dotovány žádaným množstvím stříbra pro přesné řízení optických vlastností.

Druhá část se zabývá detailním studiem optických vlastností chalkogenidových skel pomocí spektroskopické elipsometrie a jejich potenciálními aplikacemi. Byly popsány vztahy mezi strukturou a výslednými optickými funkcemi objemových vzorků skel As-S-Se. Použitím teplotně závislé spektroskopické elipsometrie byly nalezeny vztahy mezi strukturou a optickými vlastnostmi tenkých vrstev během fázového přechodu v $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$, tj. materiálu s potenciální aplikací pro záznam informací. Byly nalezeny vhodné modely pro popis dielektrických funkcí s dobrou shodou s experimentálními daty. Byly stanoveny optické vlastnosti definovaných multivrstev vhodných pro přípravu 1D fotonických krystalů, tj. zrcátek s všesměrovou odrazivostí pro oblast $\sim 1,55 \mu\text{m}$ připraveny alternací tenkých chalkogenidových vrstev $\text{Ge}_{25}\text{S}_{75}$ a $\text{Sb}_{40}\text{Se}_{60}$. Fotonické krystaly byly definovaně a reprodukovatelně připraveny podle předem daného modelu s odrazivostí ~ 1 v žádaném spektrálním intervalu.

Výsledky disertační práce přináší nové příspěvky k poznání syntézy, chemického chování a optických vlastností důležitých v oblasti aplikace chalkogenidových skel v optice (vlnovody), pro záznam informací (DVD, Blue-ray disky) a fotonice (1D krystaly).

KLÍČOVÁ SLOVA

chalkogenidová skla, amorfní polovodiče, tenké vrstvy, selektivní rozpouštění, vlnovody, spektroskopická elipsometrie, optické vlastnosti, záznam informací, fázový přechod, fotonické krystaly

TITLE

Study of Chalcogenides with Potential Applications in Micro- and Nano-Optics Devices

ABSTRACT

The dissertation thesis focuses on the study of physico-chemical properties of bulk and thin films of chalcogenide glasses. The results of dissertation thesis are divided into the two main topics, i.e., (1) selective etching of chalcogenide thin films and fabrication of optical elements and (2) optical properties of bulk glasses, thin films and multilayer structure studied by spectroscopic ellipsometry.

First part deals with selective wet etching of amorphous chalcogenide As-S-Se and silver doped (amorphous and crystalline) thin films using inorganic and organic alkaline etchants. We demonstrated fabrication of optical elements (microlenses and waveguides) based on the found selective etching behavior, i.e., positive or negative type of etching. Optical elements were prepared with high accuracy, good quality and reproducibility. Microlenses and waveguides (planar or channel) were further doped by silver using advanced etching techniques. The silver doping is required for precise control of optical properties.

In the second part, we studied detailed optical properties of chalcogenide glasses using spectroscopic ellipsometry. We found relations between modeled optical functions of bulk As-S-Se glasses and their structure. We studied the phase change transition in the $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ thin films by the means of temperature dependent spectroscopic ellipsometry. We found good agreement between used dispersion models and ellipsometry experimental data. We fabricated and studied the optical properties of omnidirectional reflector at the first harmonic $\sim 1.55 \mu\text{m}$. The multilayer structure was prepared by alternation of $\text{Ge}_{25}\text{S}_{75}$ and $\text{Sb}_{40}\text{Se}_{60}$ thin films. The projected photonic band structure calculation were done prefer to 1D photonic crystal preparation.

The omnidirectional reflector was prepared with high accuracy and demanding reflectance ~ 1 .

The dissertation thesis bears new results of synthesis, chemical properties and optical properties of chalcogenide glasses with regard to applications in optics (waveguides), phase change materials for data storage (DVDs, Blue-ray discs) and photonics (omnidirectional reflector).

KEYWORDS

chalcogenide glasses, amorphous semiconductors, thin films, selective etching, waveguides, spectroscopic ellipsometry, optical properties, phase change materials, data storage, photonics