

# Jak spolu souvisí lesk a elektrická vodivost stříbra?

S. Vlk

Katedra inženýrství pevných látek fakulta jaderná a fyzikálně  
inženýrská ČVUT  
Svata.vlk@gmail.com

## **Abstrakt:**

V tomto příspěvku popíšeme přípravu tenké stříbrné vrstvy a měření jejích optických vlastností metodou zeslabeného úplného odrazu. Z naměřených dat vypočteme koncentraci volných elektronů v připravené vrstvě, pomocí rentgenové difrakce pak stanovíme koncentraci atomů. Porovnáním těchto dvou hodnot zjistíme, že se ve stříbře nachází 0,85 elektronů na atom.

## **1 Úvod**

Stříbro je velice dobrý elektrický vodič a my jsme se rozhodli stanovit koncentraci volných elektronů. A k tomu jsme si napařením připravili tenkou stříbrnou vrstvu a změřili její odrazivost optickou metodou zeslabeného úplného odrazu. Z naměřených hodnot jsme pomocí Drudeho modelu vypočetli koncentraci volných elektronů ve stříbře.

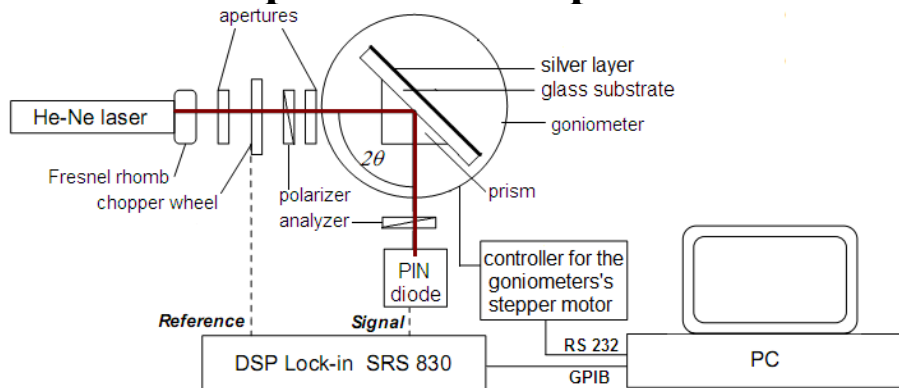
## **2 příprava tenké vrstvy stříbra napařováním**

Napařování je metoda nanášení tenkých vrstev, které poté zkoumáme. Napařování probíhá v napařovačce, kde se vytvoří vakuum za pomoci dvou vývěv. Když v nádobě dosáhneme vakua a rozžhavíme za pomoci elektrického proudu wolframovou mystičku, v níž je uloženo stříbro, které se po roztavení začne odpařovat a usedat na skleněnou destičku.

## **3 Aplikace skleněné destičky do měřícího zařízení**

Na sklíčko s napařenou vrstvou kápneme roztok se stejným indexem lomu jako sklo, a to na nenapařenou stranu. Na roztok položíme optický hranol a zlehka přitiskneme v upínacích čelistech k sobě a to tak aby se mezi sklem a hranolem vytvořilo homogenní prostředí.

## 4 Měření na optické měřicí aparatuře



Obr. 1: Schéma optické měřicí aparatury

Při měření jsme použili paprsek elektromagnetického záření (světla). He-Ne laser vysílá paprsek světla o vlnové délce 633 nm, který prochází soustavu optických prvků tak, že na hranol dopadá světlo lineárně polarizované paralelně s rovinou dopadu. Při dopadu na hranol se světlo láme a dopadá až na vrstvu stříbra, od které se odráží, vystupuje z hranolu a vstupuje do detektoru, který měří jeho intenzitu. Goniometr umožňuje nastavit úhel mezi dopadem světla a detektorem. Naměřenou závislost odrazivosti na úhlu jsme vyhodnotili pomocí softwaru, který využívá Fresnelovy rovnice, které popisují odraz a lom světla na rozhraní dvou prostředí. V našem případě jsme namodelovali systém skleněný hranol-stříbrná vrstva-vzduch. Z toho jsme určili relativní permitivitu stříbra jako  $\epsilon_r = -17$  a tloušťku stříbrné vrstvy 38,5 nm. Pro koncentraci volných elektronů dle Drudeho modelu [1] platí:

$$\begin{aligned}
 N_e &= \frac{(1 - E_r) \cdot E_o \cdot m \cdot \omega^2}{e^2} \\
 &= \frac{(1 - (-17)) \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (3 \cdot 10^{15})^2}{(1,602 \cdot 10^{-19})^2} \\
 &= 5,01 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3} \\
 \omega &= 2 \cdot \pi \cdot \frac{c}{\lambda} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{633 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{15} \text{ rad/s}
 \end{aligned}$$

## 5 Měření rentgenovým difraktometrem

Naši tenkou vrstvu stříbra na skleněné destičce jsme odejmuli od hranolu a vložili do RTG difraktometru. Z výsledků získaných difrakcí, můžeme dosadit do Braggovy rovnice [2], pomocí které vypočítáme vzdálenosti atomových rovin.

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \cdot \sin \theta} = 4,0812 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

Vzdálenost atomových rovin jsme dále dosadili do vzorce, ze kterého jsme určili koncentraci atomů. (4 = počet atomů v krystalické mřížce plošně středěné)

$$N_{Ag} = \frac{4}{d^3} = 5,88 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

## 6 Závěr

Jako závěr našeho bádání jsme vypočítali podíl koncentrace volných elektronů a koncentrace atomů z čehož jsme zjistili, že počet volných elektronů na atom je 0,85. Tento výsledek je i přes nepřesnosti našeho měření velice dobrý.

$$P = \frac{N_{Ag}}{N_e} = 0,85$$

## Poděkování

Poděkování patří organizátorům týdne vědy na FJFI za to, že nám vše zařídili a domluvili a že díky nim si můžeme ozkoušet práci v laboratořích. Samozřejmě poděkování patří i panu Ing. Petru Levinskému, jakož to vedoucímu mého miniprojektu.

## Reference:

- [1] *Elektronové stavy v kovech, polovodičích a izolátorech*. URL: <[http://www.statnice.janbok.cz/index.php/3.\\_Elektronov%C3%A9\\_stavy\\_v\\_kovech,\\_polovodi%C4%8D%C3%ADch\\_a\\_izol%C3%A1torech](http://www.statnice.janbok.cz/index.php/3._Elektronov%C3%A9_stavy_v_kovech,_polovodi%C4%8D%C3%ADch_a_izol%C3%A1torech)> [cit. 2018-06-19].
- [2] *Difrakce rentgenového záření*. URL: <[http://vega.fjfi.cvut.cz/docs/sfbe/rtg\\_difrakce/4.html](http://vega.fjfi.cvut.cz/docs/sfbe/rtg_difrakce/4.html)> [cit. 2018-06-19].