

INTERFEROMETRY ON A THIN LAYER

Zdeněk JURIS, Master Degree Programme (5)
Dept. of Microelectronics, FEEC, BUT
E-mail: xjuris00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Lukáš Daněk

ABSTRACT

This work is focused on relation between color of captured pictures and a thickness of developed layers of resin exposed by electron beam lithograph and exposure doze. Captured color is a result of an interference of white light on a thin layer. Relation between exposure doze and color is being determined experimentally.

1 ÚVOD

Cílem této práce je pokusit se o nalezení vazby mezi interferencí a tloušťkou substrátu, příp. dobou expozice. Při pozorování tenkých vrstev optickým mikroskopem můžeme jasně vidět barevné obrazce, které vznikají skládáním odražených paprsků světla v závislosti na tloušťce substrátu. Jde o interferenci na tenké vrstvě.

2 INTERFERENCE NA TENKÉ PLANÁRNÍ VRSTVĚ

Předpokládejme, že světelná vlna dopadá na rozhraní dvou prostředí. Část vlny se na rozhraní odráží a část prochází do druhého prostředí. Jestliže takto oddělené vlny nějakým způsobem přivedeme do určitého místa prostoru, budeme pozorovat interferenci, pokud dráhový rozdíl mezi nimi bude menší než koherenční délka. Výsledek interference závisí na fázovém rozdílu mezi nimi. K fázovému rozdílu však musíme vzít v úvahu i změnu fáze vlny o π při vnějším odrazu.

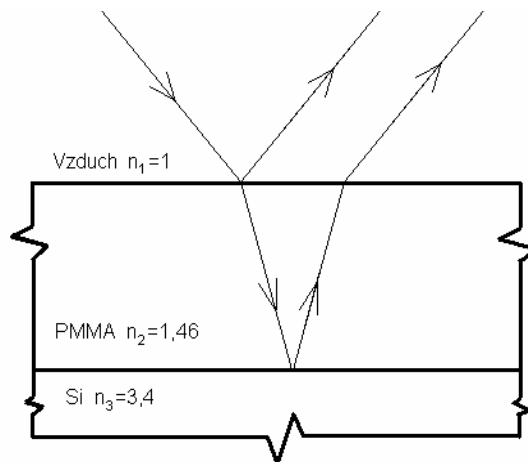
Pro případ téměř kolmého dopadu jsou podmínky pro maximum a minimum světla odraženého od vrstvy ve vzduchu:

$$2h = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{n_2} \quad \text{maxima} \Rightarrow h = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2n_2}$$

$$2h = m \frac{\lambda}{n_2} \quad \text{minima} \Rightarrow h = m \frac{\lambda}{2n_2}$$

kde, h je tloušťka vrstvy, m celé číslo, λ vlnová délka a n index lomu prostředí.

Mezi hodnotami minim a maxim se světlo rozloží ve spektrum. Můžeme tedy říci, že barva spektra je závislá na dráze paprsku.

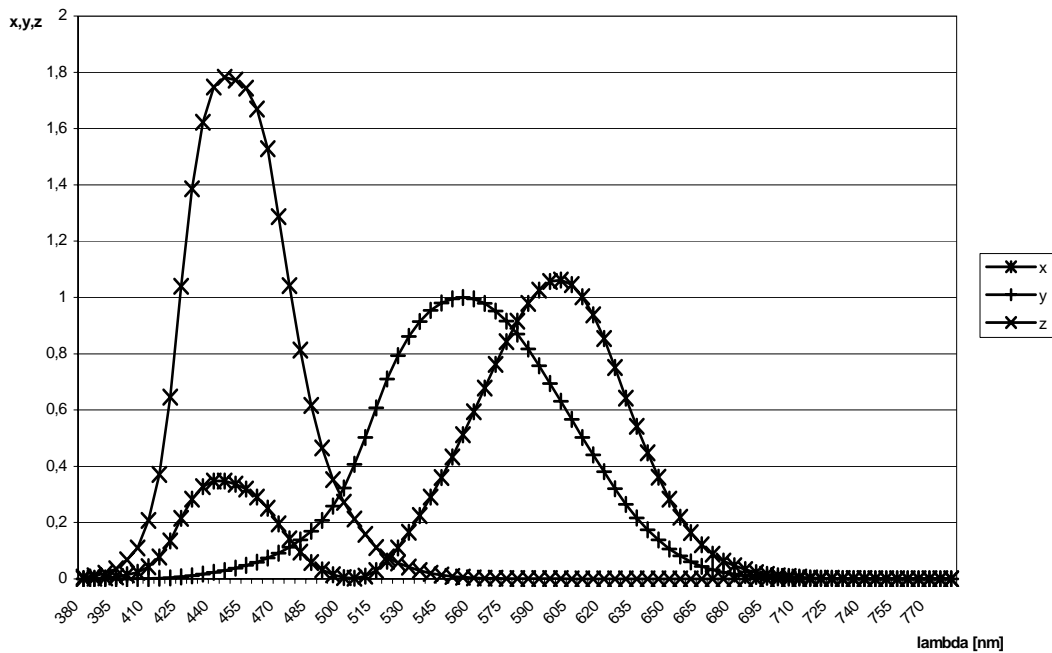


Obr. 1: *Interference na tenké vrstvě*

V našem případě jde skutečně o kolmý dopad a dochází zde ke dvěma odrazům stejného druhu. První na rozhraní vzduch-PMMA, druhý PMMA-Si. Změna fáze se tedy neuplatní.

3 ZÁVISLOST SLOŽEK RGB NA TLOUŠŤCE SUBSTRÁTU

Světlo, které vstupuje do substrátu je světlo bílé, tzn. obsahuje celé vlnové spektrum. Protože je interference závislá na vlnové délce, bylo nutné zjistit závislosti složek RGB na vlnové délce. K tomu slouží diagram chromatičnosti. My jsme využili tabulkových hodnot trichromatických členitelů CIE $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ (viz obr. 2).



Obr. 2: *Funkce trichromatických členitelů*

4 POROVNÁNÍ VYPOČÍTANÝCH HODNOT SE SKUTEČNOSTÍ

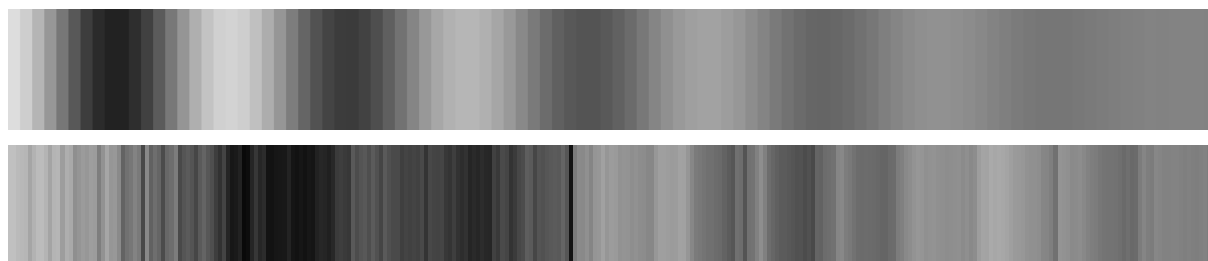
Nechali jsme vyexponovat testovací substrát. Substrát je tvořen z vrstvy PMMA na vrstvě křemíku. Vrstva PMMA má index lomu 1,46, křemíku 3,4.

Jednalo se o expozici 300 čtverců o rozměrech $18 \times 18 \mu\text{m}$ v matici 20×15 (viz. obr.). Každý čtverec měl jiný expoziční čas a to od 1 % do 300 %.

Pomocí barevné CCD kamery na mikroskopu, propojené s počítačem, jsme uložili obraz substrátu. Zde se projevily nedostatky v optické soustavě jako jsou nečistota na čočce, nezkalibrovaný mikroskop či vliv okolního světla a dále nerovnost substrátu (viz. obr.).

Nezávisle na těchto vadách jsme obraz substrátu načetli a upravili v Matlabu. Bylo zapotřebí vzít v úvahu pouze vnitřní části čtverců, které byly načteny po jednotlivě. Poněvadž i zde se projevila nehomogenita. Jednotlivé pixely v daném čtverci byly nahrazeny průměrnou hodnotou. Vzniklo nám tak 300 bodů, které byly vyjádřeny složkami RGB. Tím jsme mohli přiřadit jednotlivému expozičnímu času danou hodnotu RGB.

Pro zpřesnění těchto výpočtů a pro eliminaci výše uvedených chyb je nutno tento postup zopakovat při různých podmínkách snímání substrátu.



Obr. 3: *Srovnání závislostí složek RGB - teoretické na tloušťce rezistu a experimentální na expozičním čase*

5 ZÁVĚR

Při porovnání dvou výsledných spekter zjistíme, že teoretické spektrum má větší kontrast než spektrum skutečné. Je to dáno vlivem osvětlení i odrazivostí materiálu. To se ale pokoušíme odstranit dalšími úpravami.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl za podpory grantu GAČR GA102/05/2325.

LITERATURA

- [1] Zaplatílek, K., Doňar, B.: MATLAB pro začátečníky, BEN - technická literatura, Praha, 2003, ISBN 80-7300-095-4
- [2] Zaplatílek, K., Doňar, B.: MATLAB – tvorba uživatelských aplikací, BEN - technická literatura, Praha, 2004, ISBN 80-7300-133-0