

Moderní optické zobrazovací metody – praktikum

Jaro 2006, 1 hodina týdně, blokově 3 hodiny po dobu 4 týdnů

Výuka je rozdělena do dvou bloků:

Blok A (výuku vede Mgr. Jurmanová) obsahuje experimentální úlohy zaměřené na praktické ověření některých optických principů uplatňujících se u komerčních mikroskopů.

1. Studium principů optických mikroskopů (meziobraz, polní čočka, temné pole s rovnoběžným a divergentním osvětlením preparátu)
2. Studium principů polarizačního mikroskopu (polarizátory, polarizace odrazem, jednostupňový polarizační mikroskop, průchod světla přes tlustý dvojlomný preparát, vznik interferenčního kontrastu na tenkém dvojlomném preparátu.)
3. Koherenční vlastnosti světla a interference (jednoduchý optický difraktograf, interference na Fresnelově dvojhranolu, dvojtěrbíně, na tenkých vrstvách, na planoparalelním skle, laserové světlo, bílé světlo).

Blok B (výuku vede doc. Kuběna) je zaměřen na práci u komerčních mikroskopů a pořízení digitální fotografie mikroskopických preparátů:

1. Zobrazení nekонтastního preparátu v režimu světlého pole a temného pole na odraz na mikroskopu Zeiss. Zobrazení reliéfu povrchu krystalického povrchu Nomarského kontrastem (vzorek křemíku s naleptanými dislokacemi). Stanovení zvětšení digitálních mikrosnímků.
2. Zobrazení dvojlomných preparátů polarizačním mikroskopem na průchod (dvojlomné preparáty mineralogické, dvojlomná vlákna, deformace PE folie, určení optické osy).
3. Metoda světlého a temného pole u stereomikroskopu. Prohlídka čipů integrovaných obvodů.
4. Práce s interferenčním mikroskopem Zeiss Peraval. Nastavení interferometru na vytvoření homogenního zorného pole a na vytvoření interferenčních proužků v bílém a monochromatickém světle, pozorování nerovného povrchu preparátu, vliv rozštěpení obraz na kontrast, vliv šířky štěrbinu zdroje. Pozorování odpařování kapek vody.

Studenti mají během semestru splnit povinné úlohy a věnovat se experimentům podle vlastního návrhu.

Z každé úlohy studenti odevzdají stručný protokol v rozsahu max. 2 stránek, který bude obsahovat především optická schémata (mikrofotografie) a stručný popis příčin pozorovaného jevu (vybraného učitelem).

Zápočet uděluje Mgr. Jurmanová na základě odevzdaných protokolů, po jejich případném doplnění. Protokoly bloku A kontroluje Mgr. Jurmanová, bloku B doc. Kuběna.

V Brně 12. II. 07

Blok A – podrobnější návody k úlohám

1. Studium principů optických mikroskopů (meziobraz, polní čočka, temné pole s rovnoběžným a divergentním osvětlením preparátu)

Než přistoupíte k úkolům tohoto bloku, zamyslete se (kromě teoretické přípravy na jednotlivé úlohy) nad následujícími zdánlivě triviálními otázkami (odpovědi si můžete prakticky ověřit na optické lavici):

- jak získat ostrý obraz předmětu na lavici dané délky, jak zajistit, aby byl tento obraz zvětšený (zmenšený)
- kam vkládat clony, aby nezpůsobovaly vignetaci,
- jak správně osvětlit preparát, jaký je vliv matnice na osvětlení preparátu a kdy je a kdy není vhodné matnici používat
- jak získat rovnoběžný svazek, jaké čočky a jaký zdroj používat.

Mikroskop s polní čočkou:

- 1) Při osvětlení preparátu použijte matnici (proč?). Pomocí objektivu vytvořte ostrý meziobraz ve vzdálenosti přibližně 70cm od čočky. Tento meziobraz zobrazte čočkou o ohniskové vzdálenosti 30cm na stínítko.
- 2) Použijte polní čočku (ploskovypuklá čočka velkého průměru), vložte ji do roviny meziobrazu. Jak zkontrolujete, že rovina meziobrazu leží v hlavní rovině polní čočky? Polohu polní čočky případně jemně zkorigujte.
- 3) Do roviny meziobrazu vkládejte clony, případně měřítka. Prozkoumejte, zda se tyto předměty zobrazují ostře.
- 4) Změřte zvětšení objektivu, okuláru a celého mikroskopu, ověřte správnost výsledků.
- 5) Určete zvětšení zorného pole po vložení polní čočky vůči situaci, kdy mikroskop polní čočku neobsahuje.
- 6) Zamyslete se nad vlastnostmi polní čočky. Bylo by možné tuto čočku nahradit při stejném objektivu a okuláru jinou čočkou anebo by bylo nutné zaměnit i objektiv a okulár?

Metoda temného pole:

- 1) Připravte si koherentní osvětlení preparátu (jakou čočku je nejvhodnější použít na vytvoření rovnoběžného svazku?).
- 2) Preparát (kapka laku na sklíčku) vložte do držáku tak, aby se uprostřed zorného pole objevila hrana preparátu. Tu pak pomocí čočky zobrazte na stínítko.
- 3) Preparát vyjměte z držáku, do ohniska zobrazovací čočky umístěte terčík. Vytvořte na stínítku světlé a temné pole.
- 4) Preparát vložte zpět do držáku a prohlédněte si jej ve světlém a temném poli. Chcete-li přeostrit na jinou rovinu preparátu, musíte pohybovat čočkou anebo preparátem? Vysvětlete existenci temných míst na preparátu ve světlém poli a světlých míst na preparátu ve světlém poli.
- 5) Je při této metodě vhodné používat nekoherentní osvětlení pomocí matnice? Úvahu můžete ověřit experimentem.
- 6) Zájemci si mohou v temném poli prohlédnout i otisk palce či jiný preparát, který si přinesou.

2. **Studium principů polarizačního mikroskopu** (polarizátory, polarizace odrazem, jednostupňový polarizační mikroskop, průchod světla přes tlustý dvojlomný preparát, vznik interferenčního kontrastu na tenkém dvojlomném preparátu.)

Funkce polarizačních filtrů, polarizace odrazem a dvojlomem:

- 1) Na optické lavici vytvořte rovnoběžný svazek paprsků. Do svazku vložte irisovou clonu a zobrazte ji na stínítko.
- 2) Do svazku vložte polarizační filtr a otáčejte jím. Vysvětlete výsledek experimentu.
- 3) Do svazku vložte druhý polarizační filtr. Filtry otáčejte tak, aby směry propustnosti vektoru elektrické intenzity obou filtrů svíraly různé úhly. Vysvětlete výsledky pozorování.
- 4) Polarizační filtry nastavte tak, aby směry propustnosti svíraly pravý úhel. Mezi tyto filtry vložte třetí filtr. Vysvětlete pozorování. Třetí filtr vyjměte a vložte jej znovu tak, aby a) soustavou neprocházelo světlo b) soustavou procházelo co nejvíce světla.
- 5) Polarizujte světlo odrazem. Na stropě vytvořte po odrazu na skleněné destičce obraz irisové clony, najděte Brewsterův úhel. Jak musíte nastavit polarizační filtr, který vložíte do svazku dříve, než se svazek odrazí na destičce, aby bylo hledání úspěšné? Ověřte, že světlo odražené pod Brewsterovým úhlem je lineárně polarizované. Pokud použijete místo skleněné destičky kovové zrcadlo, bude pokus úspěšný?
- 6) Prozkoumejte vlastnosti krystalu islandského vápence. Krystal vložte na do svazku v uspořádání podle bodu 1) na stejný držák jako irisovou clonu. Určete, který ze svazků na stínítku odpovídá řádnému a který mimořádnému paprsku. Ověřte, že polarizace řádného a mimořádného paprsku jsou na sebe kolmé. Proč nedochází k interferenci řádného a mimořádného svazku?

Polarizační mikroskop:

- 1) Sestavte polarizační mikroskop (přidejte do předchozího uspořádání polarizátor a analyzátor s rovnoběžnými směry propustnosti, jako preparát použijte tenkou dvojlomnou látku, například destičky různé tloušťky ze sádrovce anebo lepicí pásku, osvětlete monochromaticky přes červený filtr).
- 2) Proč nastává interference? Proč je pro ni nutné použít oba polarizační filtry?
- 3) Otáčejte oběma filtry tak, že směry jejich propustnosti zůstanou rovnoběžné. Vysvětlete, proč při určitých polohách filtrů je interference velmi dobře viditelná a při jiných nenastává.
- 4) Nastavte filtry do polohy, v níž je interference velmi dobře viditelná, a poté otočte jedním z nich o 90° . Vzniklý jev vysvětlete.
- 5) Všechny experimenty je možné provádět i v bílém světle.

3. **Koherenční vlastnosti světla a interference** (jednoduchý optický difraktograf, interference na dvojštěrbíně, na tenkých vrstvách, na planparalelním skle, laserové světlo, bílé světlo).

Interference a difrakce v laserovém světle:

- 1) Pomocí laserového světla realizujte interferenci na dvojštěrbině (Youngův pokus). Proveďte geometrická měření a určete vzdálenost vrypů dvojštěrbiny.
- 2) Pomocí laserového světla a mřížky se známou mřížkovou konstantou se pokuste určit vlnovou délku laserového světla. Odhadněte chybu měření, výsledek porovnejte s údajem výrobce laseru.
- 3) Pomocí laserového světla, rozptylky a tenké skleněné destičky realizujte interferenci na této destičce na odraz. Je možné z obrazce odhadnout rovnoběžnost obou stěn destičky? V případě zájmu můžete realizovat interferenci na plátku slídy.
- 4) Pozorujte difrakční obrazce na různých strukturách (mřížky, sít'ky apod.) v laserovém světle, pokuste se vysvětlit tvar obrazců.

Youngův pokus v bílém světle:

- 1) Sestavte experiment bez čoček (zdroj, štěrbin, dvojštěrbina), pozorujte obrazec pouhým okem na vzdáleném stínítku.
- 2) Sestavte experiment, použijte jednoduchý difraktograf (zdroj, štěrbin, čočka zobrazující obraz štěrbin na stínítko, dvojštěrbina, případně mřížky místo ní). Jaké jsou výhody a nevýhody tohoto přístupu?
- 3) Sestavte experiment bez čoček, k pozorování použijte digitální kameru. POZOR na zahlcení čipu světlem velké intenzity!!! V tomto uspořádání demonstřujete pojmy koherenční délka (pokus se zakrýváním štěrbin dvojštěrbiny sklíčkem – vymizení obrazce) a koherenční šířka (pozorování tvaru obrazce při změně šířky zdrojové štěrbin anebo vzdálenosti od štěrbin, odhad šířky, při které nastane první vymizení interference, výpočet koherenční šířky pro tento případ).

Fresnelův dvojhnanol (v bílém světle):

- 4) Sestavte experiment s laserem (laser s kolimátorem, dvojhnanol), pozorujte obrazec pouhým okem na vhodně vzdáleném stínítku (kam musíme stínítko umístit, abychom uviděli interferenci na překryvu obou svazků vycházejících z dvojhnanolu?). Obrazec lze zvětšit pomocí rozptylky umístěné mezi dvojhnanol a stínítko.
- 5) Týž experiment zopakujte s bílým světlem (štěrbina, dvojhnanol, případně rozptylka). Prozkoumejte vliv šířky štěrbin na interferenční obrazec.
- 6) Pokuste se sejmout tento experiment digitální kamerou a vyhodnotit intenzitní profil obrazce.

Interference dělením amplitudy:

- 1) Bílým světlem osvětlíte Newtonova skla, zobrazte je zároveň na odraz i na průchod (skla musí být orientována šikmo vůči optické ose, například pod úhlem 45° , rozmyslete si, jakou ohniskovou vzdálenost musí mít čočka, kterou zobrazujete skla na odraz).
- 2) Vysvětlíte, proč je interferenční obrazec lépe viditelný na odraz než na průchod.
- 3) Vysvětlíte, proč nedochází k interferenci na celé ploše skel (jak by toho šlo dosáhnout?).
- 4) V případě zájmu můžete experiment zopakovat s mýdlovou blánou (použijte determální sklo, které vložíte před zdroj).

Volitelné úlohy čili další náměty pro práci v laboratoři

- Ověřte si rozdíl mezi binokulárním mikroskopem a stereomikroskopem, pokuste se o realizaci metody temného pole na odraz.

- Proveďte demonstraci filtrace prostorových frekvencí pro vhodný preparát, jev vysvětlete.
- Připravte si souvislý experimentální blok na téma totální odraz (včetně vysvětlení efektů a aplikací).
- Vymyslete způsob, jak změřit, kolik procent intenzity světla projde polarizačním filtrem, dvojicí, trojicí, ... vzájemně různě natočených polarizačních filtrů. Naměřené výsledky porovnejte s teoretickou předpovědí.
- Pomocí polarizovaného světla zviditelněte namáhání ve vhodných průhledných předmětech (kromě vzorků v laboratoři jsou vhodné i předměty denní potřeby, které vznikly odléváním či lisováním).
- Vymyslete metodu, jak určit tloušťku pásku napnuté polyethylenové fólie využitím vlastností polarizovaného světla. (Návod: jedna z možností je měřit závislost intenzity polarizovaného světla na úhlu, který svírají rovnoběžné polarizační filtry s optickou osou fólie.)
- Prozkoumejte polarizační interferenci na dvojlomném klínu, určete viditelnost interferenčního jevu, promyslete si a prakticky realizujte, jak tuto viditelnost zvětšit. (Návod: při této úloze je užitečným pomocníkem CCD kamera.)
- Zájemci mohou pod dohledem vyučujícího prověřit vlastnosti elektromagnetického záření pomocí soupravy pro vysílání a detekci elektromagnetických vln, především experimenty potvrzující analogii s optikou (polarizace).
- Demonstrujte interferenci světla sodíkové výbojky na slídkové vrstvě. Objasněte rozdílný průběh experimentu pro nízkotlakou a vysokotlakou sodíkovou výbojku. (K objasnění bude možná nutné provést další experiment odhalující rozdílnost světla pocházejícího z obou výbojek.)
- Demonstrujte a objasněte interferenci na „špinavém“ zrcadle.
- Sestavte na optické lavici jednoduchý difraktograf, v bílém světle pozorujte difrakci na mřížkách, popište vzniklé obrazce, rozlište efekty interference a difrakce. Pozorování difrakčních efektů na různých objektech zopakujte pomocí bodového zdroje bílého světla.
- Prohlédněte si a vysvětlete podobu spekter žárovky, rtuťové výbojky (zabraňte přímému dopadu světla do oka!), Geisslerových trubic (při obsluze napájení dbejte pokynů vyučujícího), eventuálně dalších zdrojů světla. (Pokud budete zkoumat tvar spektrálních čar, může být vhodným pomocníkem CCD kamera, nesnímejte však objektiv a zvolte si méně intenzivní zdroje světla.)