

Posudek oponenta diplomové práce: Digitální optický mikroskop

Autor: Bc. Alexandra Pešátová

Vedoucí: Mgr. Michal Baránek, Ph.D.

Oponent: Mgr. Jaromír Běhal, Ph.D.

Diplomová práce autorky se skládá ze čtyř kapitol. V první kapitole jsou stručně představeny optické metody pro zvýšení kontrastu fázových vzorků a princip činnosti prostorového modulátoru světla s kapalnými krystaly. Druhá kapitola podrobněji vysvětluje princip temného pole a Zernikova fázového kontrastu včetně numerických simulací. V kapitole třetí je popsán optický design a realizace experimentálního uspořádání. Dále je zde zdokumentováno použití vyvinutého grafického uživatelského rozhraní pro ovládání digitálního mikroskopu. V poslední kapitole autorka prezentuje dosažené výsledky.

Přínos práce vidím v designu a realizaci optického mikroskopu se zabudovaným prostorovým modulátorem světla. V práci jsou prezentovány různé funkční modalitty mikroskopu včetně mikroskopie ve světlém poli (brightfield), v temném poli (darkfield), Zernikova fázového kontrastu a spirálního fázového kontrastu. Podrobnější popis metody spirálního fázového kontrastu však v práci chybí. Na druhou stranu velice oceňuji vytvoření vlastního grafického uživatelského rozhraní, které umožňuje pohodlnější práci s digitálním mikroskopem skrze načítání předvolených fázových masek na prostorový modulátor světla. Autorka tím usnadnila ovládání prostorového modulátoru světla dalším uživatelům.

Práci považuji za graficky zdařilou, její struktura je logická a text po většinu času plynulý. Pokud mohu hodnotit, je práce po gramatické stránce v pořádku. Použitá literatura je vhodně zvolena i citována. Níže však uvádím i některé nedostatky práce:

Komentáře:

- Ve spodní části Obrázku 1.1, který schematicky znázorňuje popis interakce vlny s fázovým předmětem, by vlnová délka světla na vstupu a na výstupu měla být stejná.

- Na Obrázky 1.1 - 1.7 chybí odkaz v textu práce.

- V sekci 1.2 uvádíte, že „V závislosti na uspořádání (kapalných krystalů) v pixelech je určen typ modulace“. Tato věta je zavádějící. Jako příklad uvedu skutečnost, že fázovou modulaci lze docílit jak u paralelních nematických kapalných krystalů, tak i u stočených nematických kapalných krystalů. Stejně tak i amplitudovou, či polarizační modulaci.

- Formulace: „...což má za následek snižování mimořádného indexu lomu podle vztahu (1.2)“ je také mírně zavádějící. V rovnici 1.2 se mimořádný index lomu n_e pro danou vlnovou délku nemění. n_e je daný typem kapalného krystalu (typem modulátoru). Pokud však na elektrody (dle Obrázku 1.11) přivede napětí, začnou se molekuly stáčet do směru elektrického pole E . Tímto způsobem „nesnižujeme mimořádný index lomu“, ale měníme *efektivní index lomu* $n_e(\theta)$, který pocítuje procházející polarizovaná vlna.

- Chybí barevné stupnice – kvantifikované barevné škály. Není jednoznačné, zda se v obrázcích jedná o amplitudové, nebo čistě fázové masky (například Obrázky 2.4, 2.5, 2.6).

- Rovnice 2.5. by měla být psána ve tvaru: $I = a + 2a\theta \sin(\alpha) + \theta^2$.

- Teorii v sekci 2.2 by bylo vhodné alespoň stručně doplnit popisem metody spirálního fázového kontrastu.
- U obrázků z kamery, hlavně u těch, které neobsahují kalibrační testy, by bylo vhodné uvést buď osy s uvedenými rozměry v mikrometrech, nebo rysku o definované/známé délce. Například na Obrázcích 4.10, 4.11, 4.12 není jasné, jak velké struktury pozorujeme.
- (Doporučení): Text přidružený k obrázkům bych se snažil soustředit do popisků pod příslušnými obrázky. Pod-obrázky bych pak jen jednoznačně označil, například a), b), c). Jako příklad uvedu Obrázek 2.4: „Obrázek 2.4: Simulace zobrazování pomocí temného pole. a) Fázový předmět. b) Masky pro temné pole. c) Simulace obrazu fázového USAF testu zobrazeného v temném poli.“

Některé další doplňující otázky jsou uvedeny na konci tohoto posudku.

I přes uvedené výhrady hodnotím dílo za zdařilé. Domnívám se, že práce splňuje požadavky kladené na diplomovou práci. Proto práci doporučuji k obhajobě a za předpokladu, že autorka zodpoví otázky, které jsou uvedené na konci tohoto posudku, navrhuji hodnotit známku: „ C “.

V Olomouci dne 22. srpna 2023

Mgr. Jaromír Běhal, Ph.D.

Dotazy a podněty k diskusi:

- Do kterého směru se dle Obrázku 1.11 po přiložení elektrického napětí naklánějí molekuly kapalných krystalů? Se kterou rovinou zůstávají paralelní?
- Jsou numerické simulace v sekci 2.3 ekvivalentní experimentální realizaci? Například u temného pole (Obrázek 2.4) je filtrační maska reprezentována nepropustným terčíkem (Obrázek 2.4b). To by mohlo například odpovídat realizaci osvětlení kolimovaným svazkem. Zatímco fázová maska použitá v experimentu je z relevantních důvodů reprezentovaná prstencem (Obrázek 3.3a). Mohla byste blíže vysvětlit oba přístupy?
- Zkoušela jste kvantifikovat fázové zpoždění generované vzorkem pomocí Zernikova fázového kontrastu (například vztahem 2.9 u čar o dané prostorové frekvenci na Obrázku 4.2, či jiných)? Existují nějaká omezení/artefakty při pozorování pomocí Zernikova fázového kontrastu?
- Obrázek 4.1, a speciálně obrázky 4.5b a 4.7b vykazují rozdílné rozlišení pro horizontální a vertikální částí testu. Čím tento efekt může být způsoben? Jaká je velikost přezobrazené pupily použitého objektivu v rovině prostorového modulátoru světla a jaký má vztah k rozměrům displeje modulátoru?
- Pozorovala jste fázové USAF testy i za použití ostatních objektivů? Tedy objektivů s nominálním zvětšením 20x a 40x? Pokud ano, s jakými výsledky?
- Z věty „*Stisknutím tlačítka „Zernikovy koeficienty“ se otevře okno s koeficienty Zernikova polynomu, pomocí kterých je docíleno korekce aberací zanesených systémem.*“, která je uvedena v sekci 3.3, jsem pochopil, že jste nějakým způsobem korigovala aberace optického systému. Uvedte prosím detaily, ty v textu chybí. Nebo je tato část programu přichystána pro použití až v budoucích experimentech?
- V sekci 3.2 píšete, že „Svazek osvětlující vzorek je ve tvaru prstence, což má za následek lepší rozlišovací schopnost “. Lepší rozlišovací schopnost vzhledem k jakému případu?