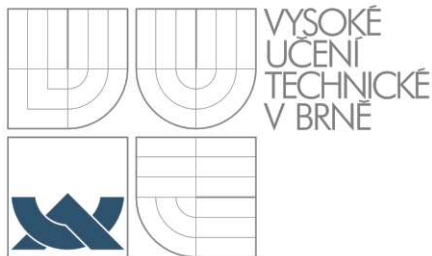


Zobrazování s využitím prostorového modulátoru světla

Technický seminář Centra digitální optiky

vedoucí balíčku (PB4): prof. RNDr. Radim Chmelík, Ph.D.

Řešitelské organizace:



CEITEC

středoevropský technologický institut
BRNO | ČESKÁ REPUBLIKA



UNIVERZITA
PALACKÉHO
V OLOMOUCI



Technologická agentura
České republiky



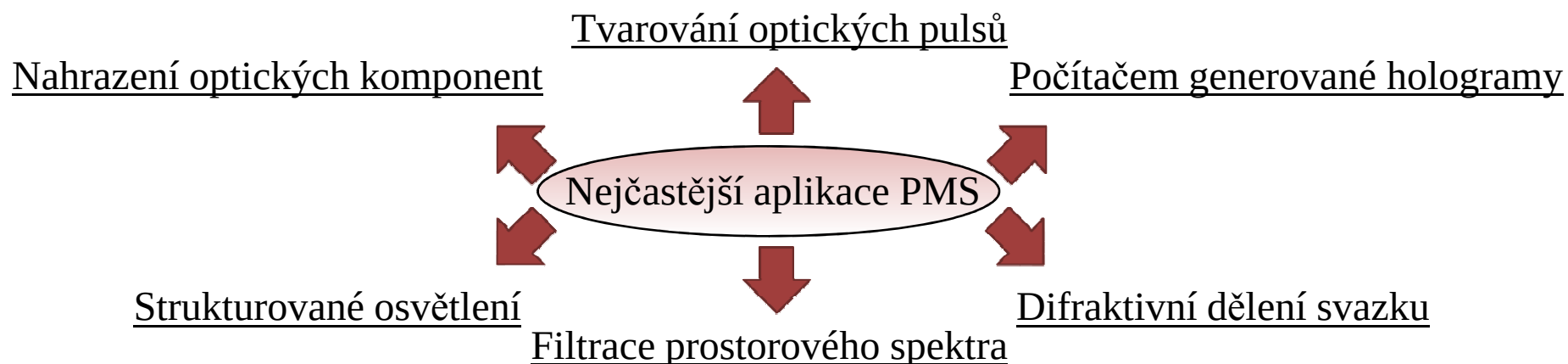
Centra
kompetence

Projekt TE01020229 (Centrum digitální optiky) je řešen s finanční podporou TA ČR

Pracovní balíček Zobrazování s využitím PMS (PB4)

❖ Ideou balíčku je propojení principů klasické optiky a funkce prostorového modulátoru světla (PMS) s aplikacemi v digitální mikroskopii a průmyslové metrologii.

PMS je dynamicky pracující optoelektronický prvek umožňující v reálném čase fázově nebo amplitudově modulovat dopadající záření.



Cíle balíčku:

- vývoj mikroskopu využívajícího prostorové modulace světla k dosažení netradičních parametrů zobrazení
- rozvoj metod pokročilých holografických rekonstrukcí kvantitativní fáze
- využití PMS pro návrh nových interferometrických metod

Pracovní balíček Zobrazování s využitím PMS (PB4)

Personální zastoupení jednotlivých organizací:

❖ CEITEC VUT Brno

- prof. RNDr. Radim Chmelík, Ph.D.
- Ing. Martin Antoš, Ph.D.
- Ing. Pavel Kolman, Ph.D.
- Ing. Petr Bouchal
- Ing. Michala Henzlová
- Ing. Lukáš Kvasnica
- Ing. Jana Čolláková
- prof. RNDr. Jiří Komrška, CSc.
- Ing. Jiří Kršek

❖ UP Olomouc

- prof. RNDr. Zdeněk Bouchal, Dr.
- Mgr. Radek Čelechovský, Ph.D.
- Mgr. Michal Baránek
- Mgr. Marek Chlup

❖ Meopta Přerov

- RNDr. Milan Vraštil,
- Mgr. Jan Sklenář
- Mgr. Tomáš Zapletal
- RNDr. Zdeněk Lošťák
- Mgr. Mojmír Havlík
- Mgr. Daniel Vacula

Dílčí cíle pracovního balíčku plánované k 03/2013

- ❖ Dílčí cíle jsou řazeny chronologicky s ohledem na návaznost jednotlivých fází výzkumu.

a) Teoretický popis metod zobrazování pomocí PMS

Referenční metody:

- Fresnelova nekoherentní korelační holografie (FINCH)
- Spirální mikroskopie

b) Numerické a experimentální ověření teoretických výsledků

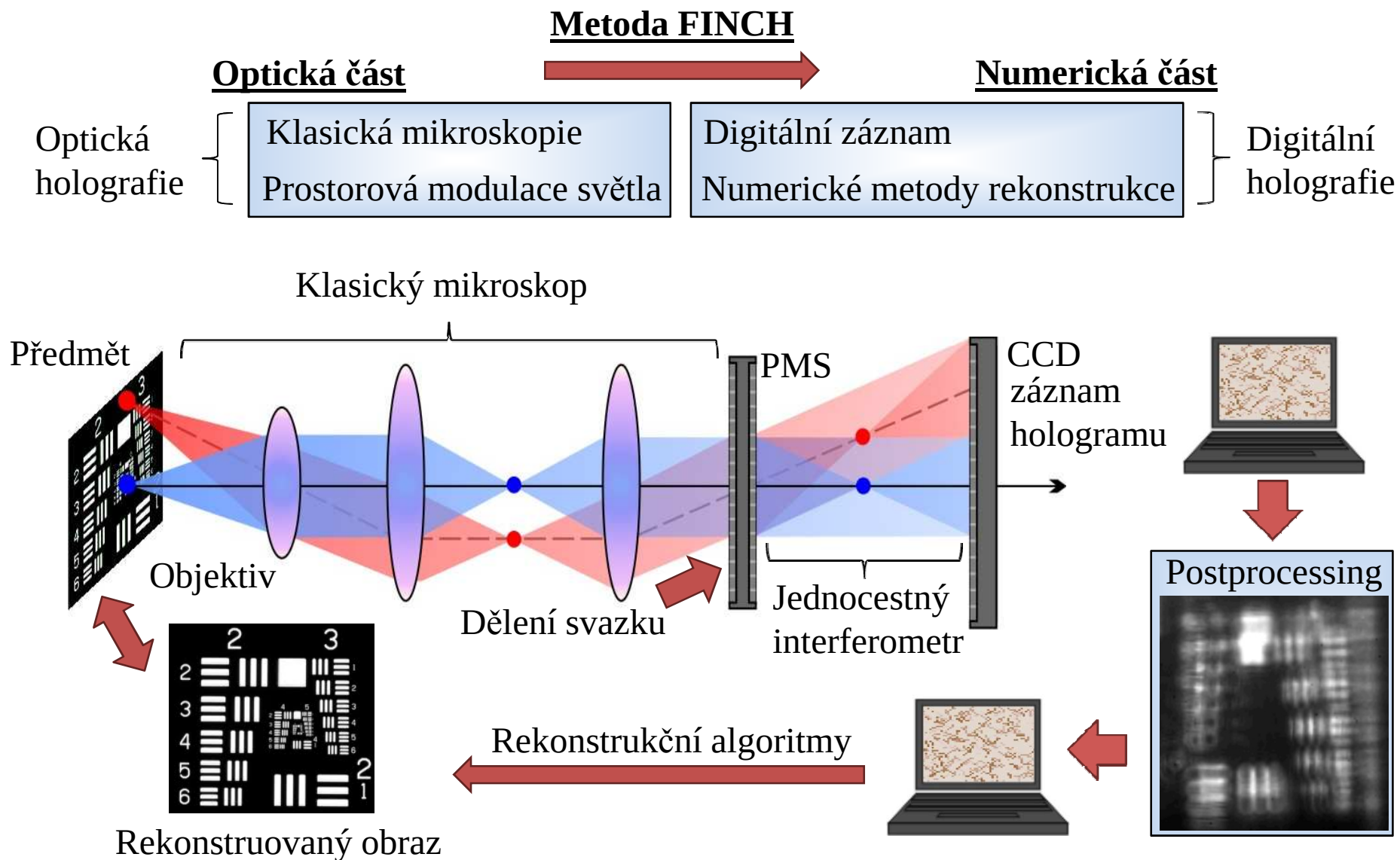
c) Návrh optimalizovaných uspořádání experimentů

d) Návrh metod pokročilé holografické rekonstrukce fáze

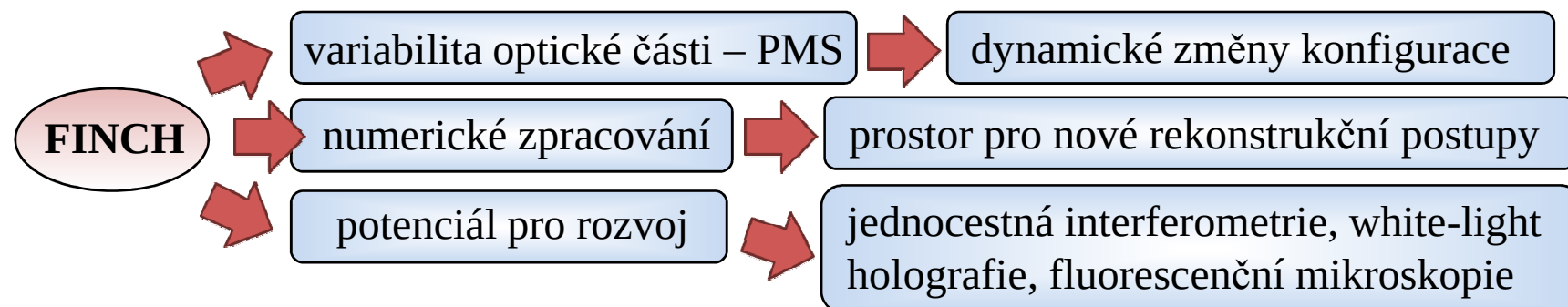
Vykázání výsledků:

- výzkumná zpráva
- publikace v impaktovaných časopisech

Řešení dílčího cíle (a) – Teoretický popis metod s PMS



Řešení dílčího cíle (a) – Teoretický popis metod s PMS



Teoretická studie metody FINCH

Vyjádření PSF a základních parametrů zobrazení¹

Návrh zobrazení v 3D amplitudovém kontrastu²

Popis modifikované sestavy s optimalizovaným zorným polem³

Popis subdifrakčního rozlišení

Studie vlivu šířky spektrální oblasti na rekonstruovaný obraz

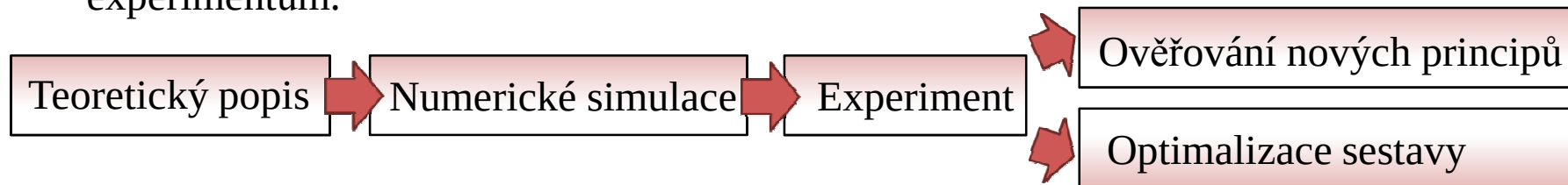
1) Petr Bouchal, Josef Kapitán, Radim Chmelík, and Zdeněk Bouchal, "Point spread function and two-point resolution in Fresnel incoherent correlation holography," *Opt. Express* 19, 15603-15620 (2011).

2) Petr Bouchal and Zdeněk Bouchal, "Selective edge enhancement in three-dimensional vortex imaging with incoherent light," *Opt. Lett.* 37, 2949-2951 (2012).

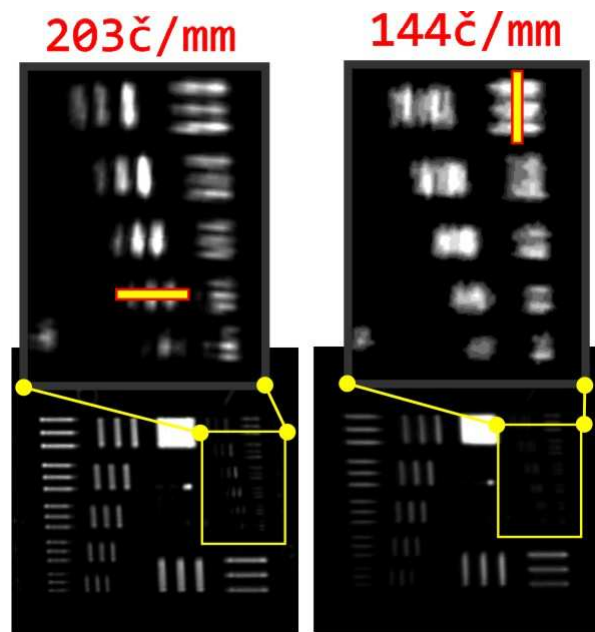
3) Petr Bouchal and Zdeněk Bouchal, "Wide-field common-path incoherent correlation microscopy with perfect overlapping of interfering beams," *Journal of Biomedical Optics* [under review].

Řešení dílčího cíle (b) – Numerické a experimentální ověření teoretických výsledků

❖ Z teoretického popisu a numerických simulací vyplynuly podněty k ověřovacím experimentům.



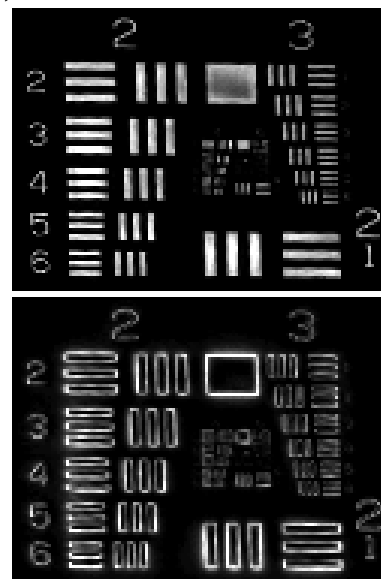
• FINCH v bílém světle



(a) FWHM=10nm (b) Bílé světlo

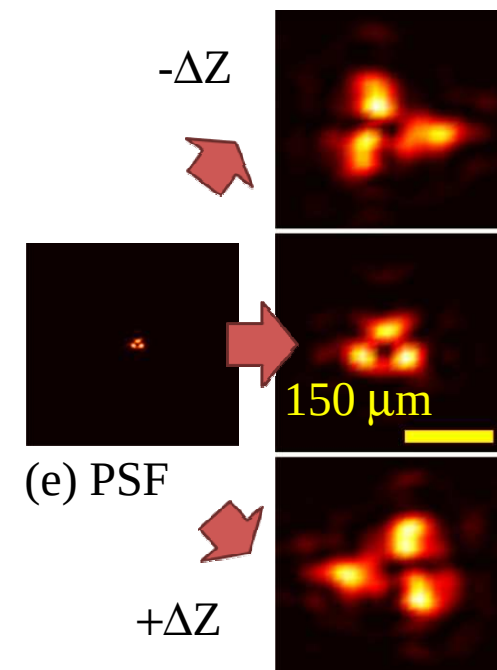
• 3D amplitudový kontrast

(c) Běžná rekonstrukce



(d) Amplitudový kontrast

• Rotace PSF

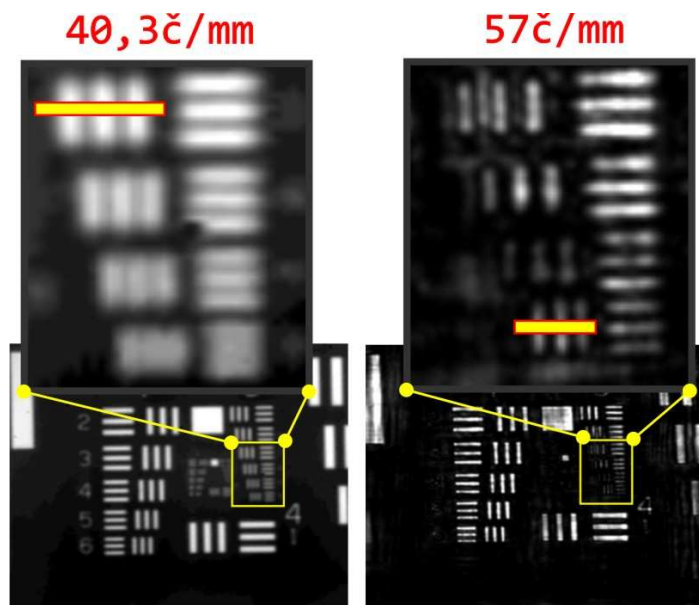


Řešení dílčího cíle (c) – Návrh optimalizovaných uspořádání experimentů

❖ Dosažení optimalizované sestavy z hlediska zobrazovacích parametrů.

Řešení plyne ze zázemí předcházejících dílčích cílů.

• Subdifrakční rozlišení

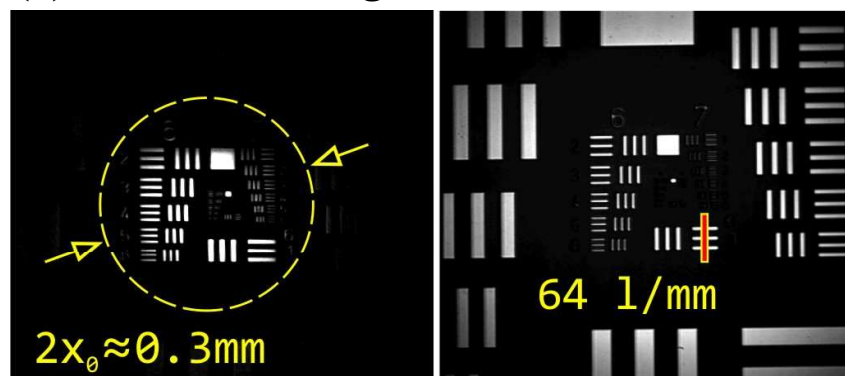


(a) Přímý obraz

(b) FINCH rekonstrukce

• Optimalizované zorné pole

(c) Klasická konfigurace



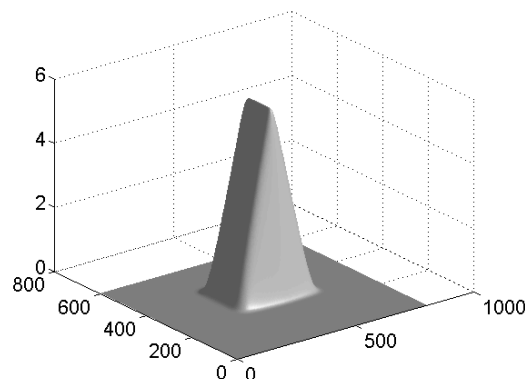
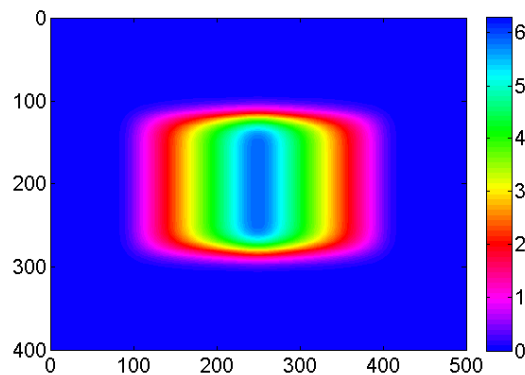
(d) Modifikace pro zvětšení zorného pole

Vytvoření technicky kompaktního zařízení při zachování žádoucích parametrů obrazu.

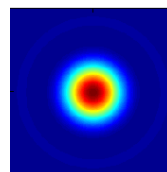
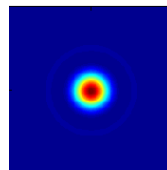
Řešení dílčího cíle (d) – Návrh metod pokročilé holografické rekonstrukce fáze

- ❖ Obecný teoretický popis holografického zobrazení: simulace vzniku optických vlnů
- ❖ Zobecnění a metody zpětné rekonstrukce funkce propustnosti

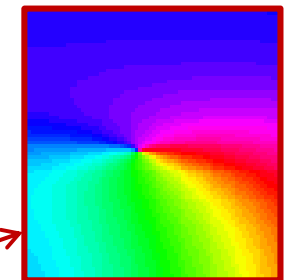
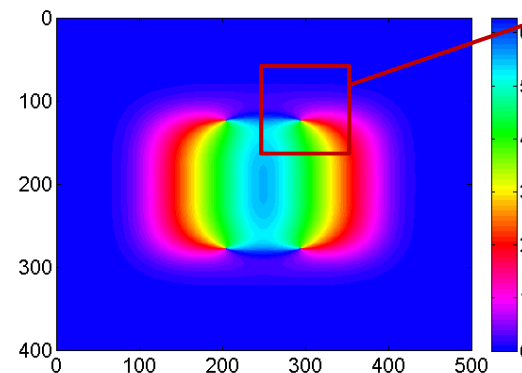
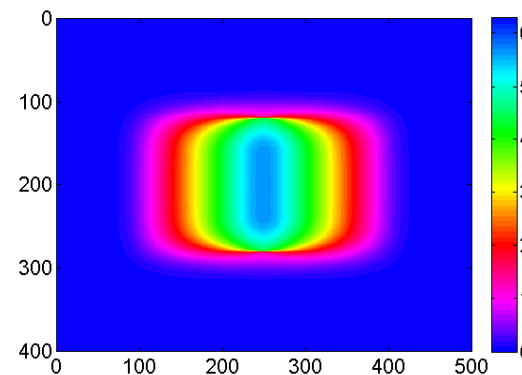
Funkce propustnosti
fázového objektu (fáze)



PSF



Holografické
zobrazení (fáze)



Závěrečné shrnutí

❖ Dílčí cíle plánované na rok 2012 byly v plném rozsahu splněny

- Byla zpracována studie principů digitálního zobrazení s podporou PMS.
Výstup: zpráva s termínem dokončení 03/2013
- Bylo vytvořeno rozsáhlé teoretické a experimentální zázemí pro nekoherentní korelační holografii s digitální rekonstrukcí obrazu.
*Výstupy: P. Bouchal, Z. Bouchal, Opt. Lett. 37, 2949-2951 (2012).
P. Bouchal, Z. Bouchal, J. Biomed. Optics (under review).*
- Byla navržena a experimentálně ověřena metoda lokalizace objektů s využitím spirální fázové modulace realizované pomocí PMS.
Výstup: M. Baránek, Z. Bouchal, Proc. SPIE (in print)
- Byl odvozen teoretický popis zobrazení holografickým mikroskopem mj. v přítomnosti difusního prostředí.
Výstup: R. Chmelík, M. Henzlová, Proc. SPIE (in print)

❖ Bylo zajištěno technické zázemí pro plnění navazujících dílčích cílů:

- Byl zakoupen PMS Hamamatsu (investiční prostředky UP).
- Byla zakoupena a instalována akademická licence LabView (laboratoř UP).
- Bylo pořízeno základní vybavení nové laboratoře (VUT).

Navazující dílčí cíle

❖ Dílčí cíle navazující na dosavadní výsledky:

- Návrh a optimalizace softwaru pro řízení PMS a vyčítání CCD (12/2013)
 - *vznik uživatelského softwaru v prostředí LabView.*
- Návrh rekonstrukčních algoritmů pro holografické zobrazení (12/2013)
 - *testování nových postupů umožňujících zvýšení kvality obrazu ,*
 - *vývoj algoritmů pro holografické fázové zobrazení.*
- Varianty experimentálních soustav pro zobrazení s využitím PMS (12/2014).
- Výběr a testování realizovatelných sestav (12/2014).
- Optimalizovaný návrh zobrazovacího systému pro mikroskopii (12/2014)
 - *optimalizace technického řešení,*
 - *zvážení náhrady PMS vhodně navrženým difraktivním optickým prvkem.*
- Návrh a ověření funkce interferometru, který využívá PMS.
- Ověření možnosti použití PMS interferometru pro kontrolu optických prvků v Meoptě Přerov.

Děkuji za pozornost.