

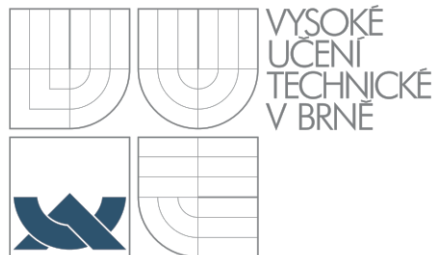
Konstrukční varianty systému pro nekoherentní korelační zobrazení

Technický seminář Centra digitální optiky

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

Zpracoval: Petr Bouchal

Řešitelské organizace:



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

Milníky a dílčí cíle k 03/2013:

- výpočetní analýza a numerické simulace vedoucí k optimalizaci zobrazovacích systémů s PMS
- ukončení výzkumné etapy zaměřené na principy a techniky digitálního zobrazování, které jsou implementovány pomocí PMS
- shrnutí získaných poznatků do výzkumné zprávy

Výzkumná zpráva

➤ Výzkumná zpráva: Využití prostorového modulátoru světla v optickém zobrazení a interferometrii.

Výzkumná zpráva je celkového rozsahu 50 stran a zabývá se zejména:

- srovnáním možností dostupných PMS za cílem výběru a nákupu nového PMS
- rešerší zobrazovacích technik využívajících PMS
- rešerší technik vhodných pro interferometrii a metrologii optických ploch
- shrnutím vlastního výzkumného přínosu

Výsledky výzkumné zprávy:

• Výběr nového PMS



Hamamatsu X10468

• Nalezení hlavních trendů v oblasti zobrazování s PMS:

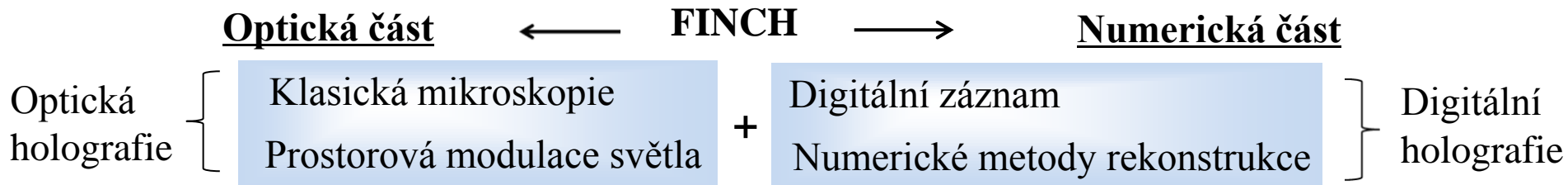
- digitální holografie
- korelační zobrazování
- filtrace prostorového spektra
- interferenční mikroskopie
- kompenzace aberací

• Návrh vlastních možných směrů navazujícího postupu:

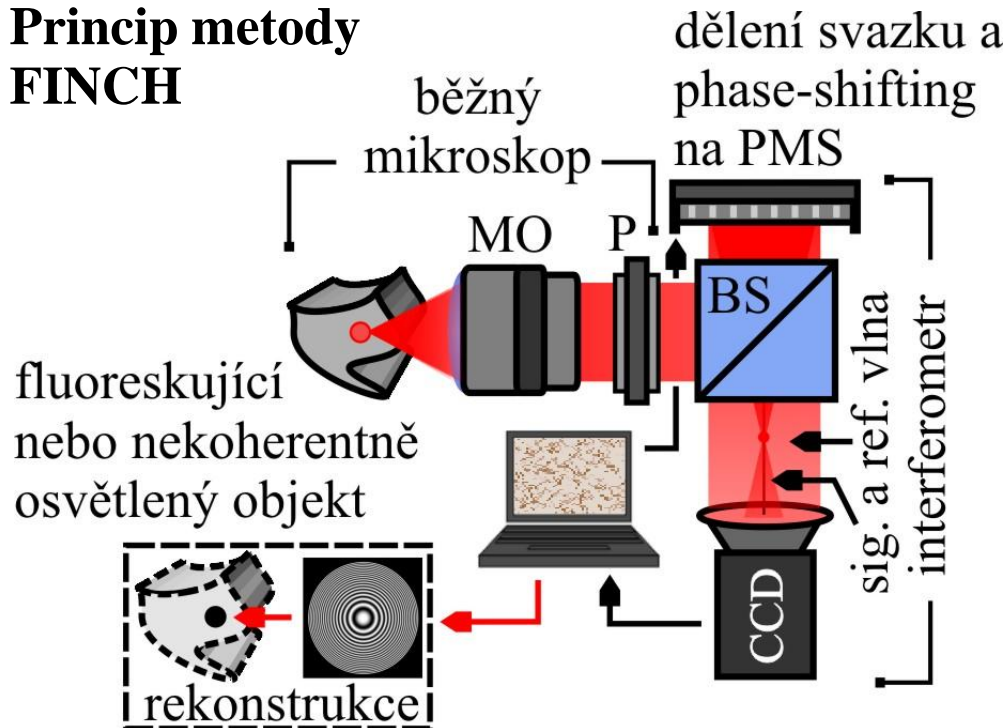
- vytvoření multifunkčního systému s PMS
- odstranění nutnosti vícenásobných záznamů v osové holografii
- holografie v bílém světle bez redukce rozlišení

Výzkumná zpráva a její výsledky

➤ Jako nosná tematika zůstává metoda FINCH (Fresnel Incoherent Correlation Holography)



Princip metody FINCH



Návrhy vlastních tématických směrů:

- Návrh rozšíření stávající sestavy a možnost aplikování metod spektrální filtrace, interferenční mikroskopie.
- Možnost odstranění PMS – jednodušší systém s difrakční maskou.
- Optimalizace rozlišení při použití širokopásmového osvětlení - koncepce koherencí indukované difrakce.

Výzkumná zpráva a její výsledky

➤ Návrh rozšíření stávající sestavy pro metodu FINCH.

Přidání přizpůsobovací optiky:

- rozšíření zorného pole
- zachování rozlišení v celém zorném poli

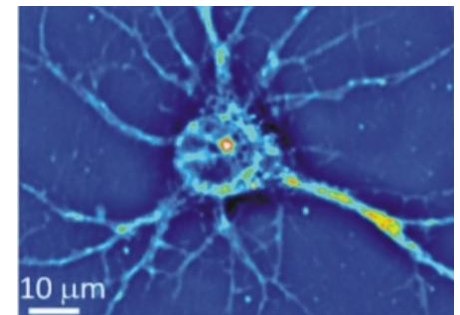
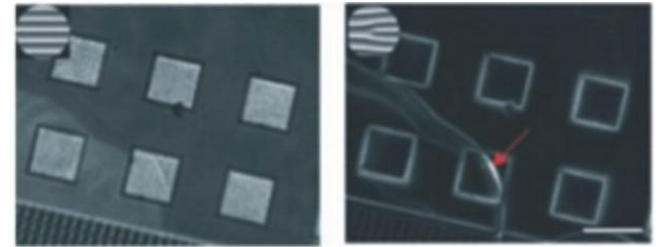
- zpřístupnění prostorového spektra zobrazovaného objektu

P. Bouchal, Z. Bouchal, J. Europ. Opt. Soc. 8, 13011, (2013).

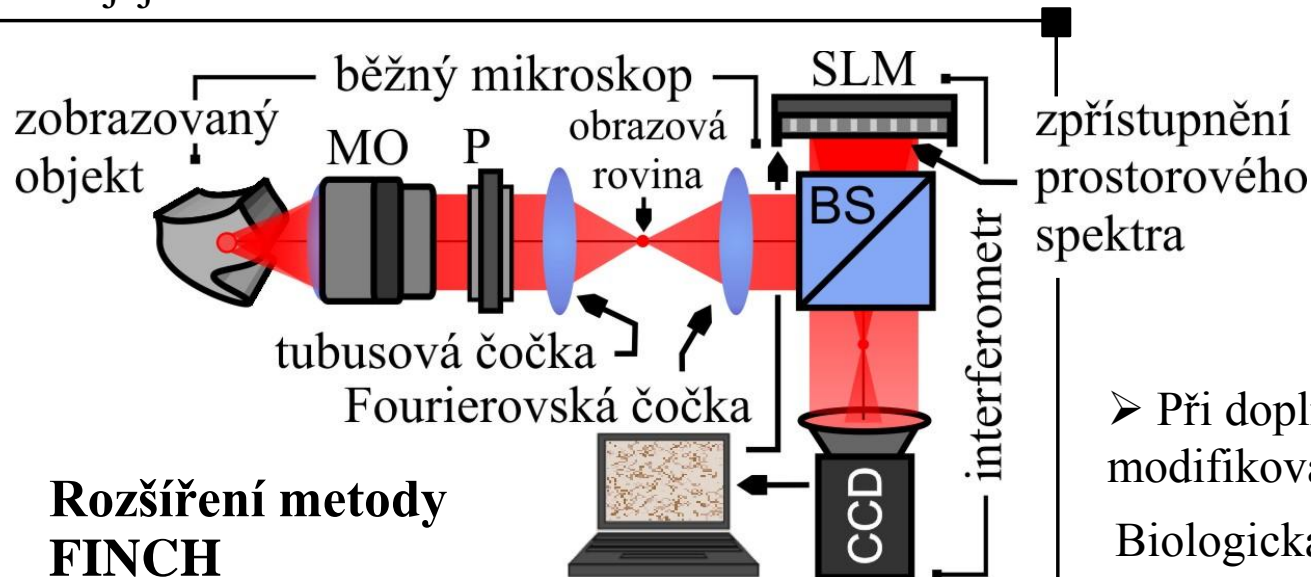
➤ Obdoba sestavy pro filtraci prostorového spektra.

Lze realizovat: Zernikeův kontrast, temné pole, spirální kontrast, DIC a jejich kombinace.

C. Maurer et al., Laser Photonics, Rev. 5, No. 1, (2011).



Wang et al., Opt. Express 19, 1016-1026, (2011).



➤ Při doplnění kondenzoru lze modifikovat na interferenční mikroskop. Biologická pozorování, kvantitativní vyhodnocení fáze .

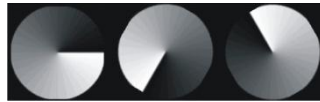
Výzkumná zpráva a její výsledky

➤ PMS lze v systému nahradit vhodně volenými difrakčními prvky.

✓ - filtrace prostorového spektra (možná mechanická výměna filtrů)

X - digitální holografie - bez PMS nelze v jednocestném interferometru realizovat phase-shifting

Řešení – rotace vírové masky.

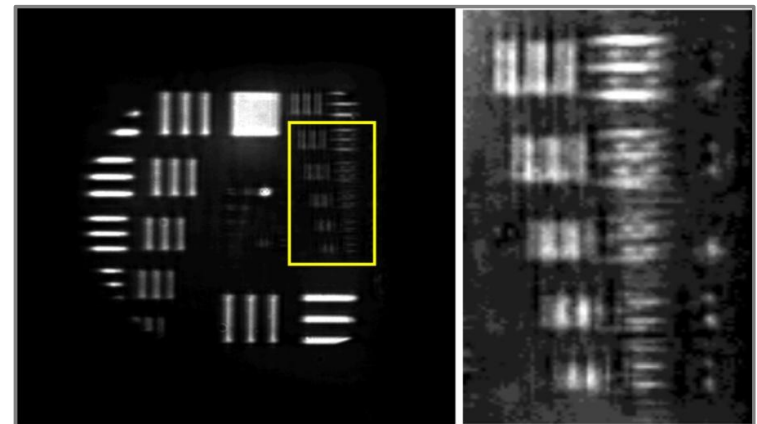
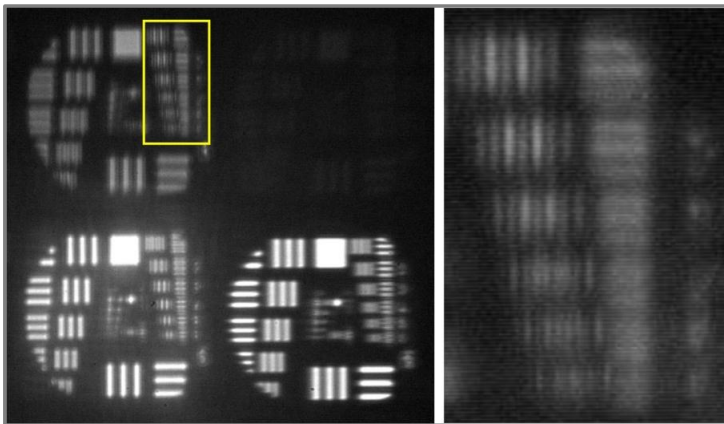


Dělení svazku difrakční maskou: vytvoření referenční a signální vlny, rotace masky zprostředkovává fázové posuvy.

FINCH zobrazení v reálném čase:

Řešení – záznam veškeré informace potřebné k rekonstrukci v jednom kroku.

Trvá nutnost provedení vícenásobného záznamu. Zumožňuje in-vivo a dynamická pozorování.



hologramy zaznamenané v jediném kroku ➔ sesazení záznamů ➔ rekonstrukce hologramu

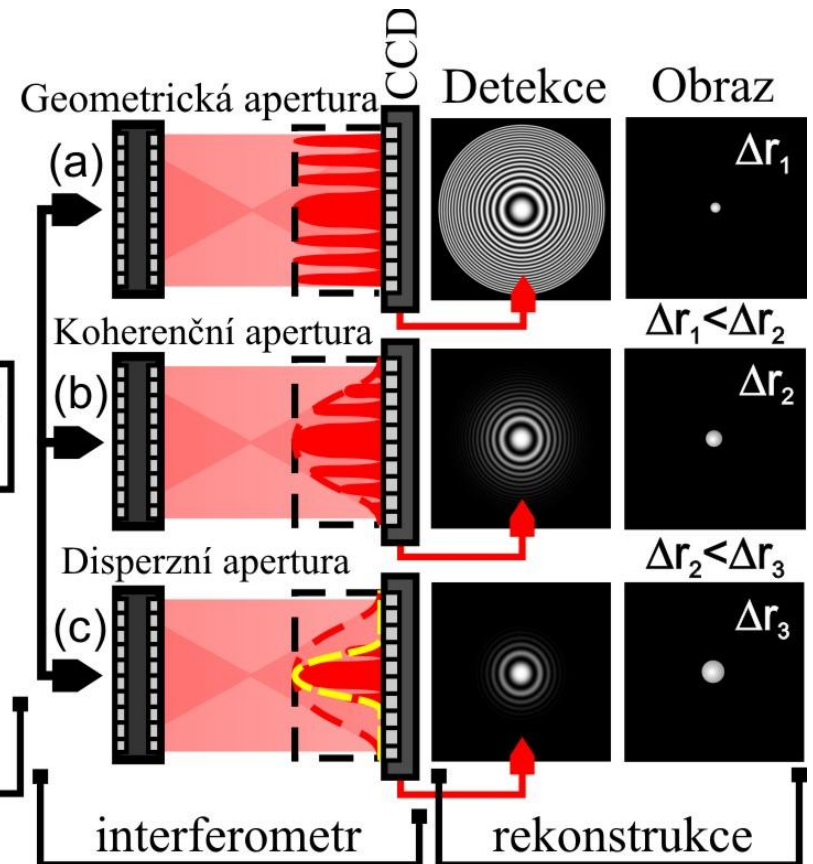
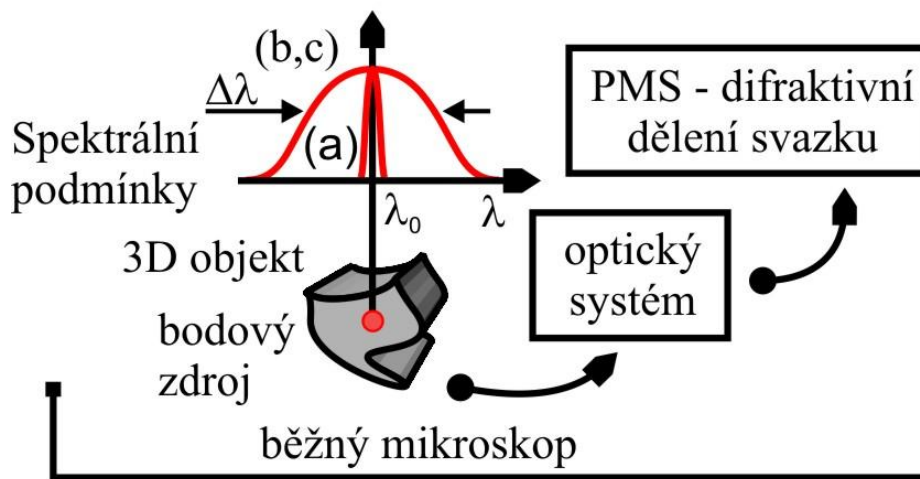
Optimalizace rozlišení systému

➤ Optimální konfigurace pro rozlišení ve FINCH zobrazení byly odvozeny za předpokladu úzkého spektra a dokonalé časové koherence.

PMS umožňuje minimalizovat rozdíl optický drah. Lze pracovat se světlem nízké časové koherence. Pro optimalizaci konfigurace je nutné zavedení adekvátního teoretického popisu.

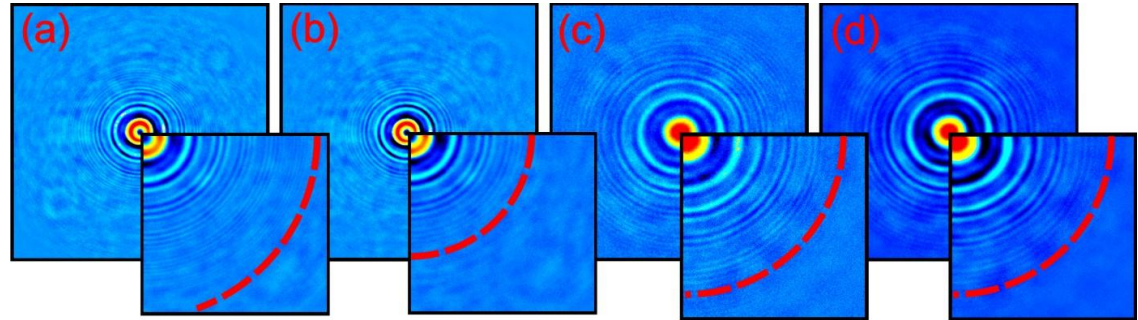
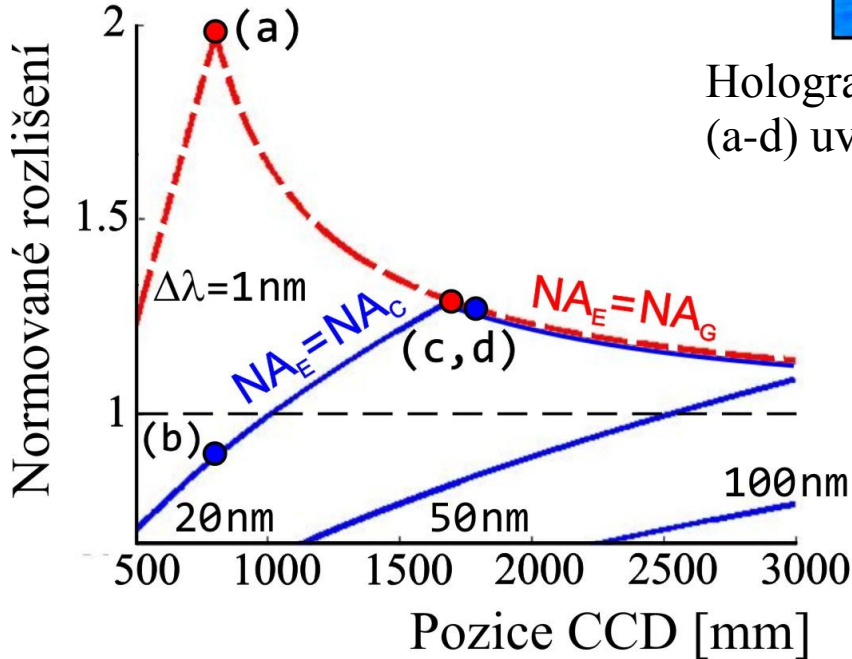
Zavedení koherencí indukované difrakce

- (a) Kvazi-monochromatické záření
- (b) Širokopásmové osvětlení bez vlivu disperze
- (c) Širokopásmové osvětlení s disperzí

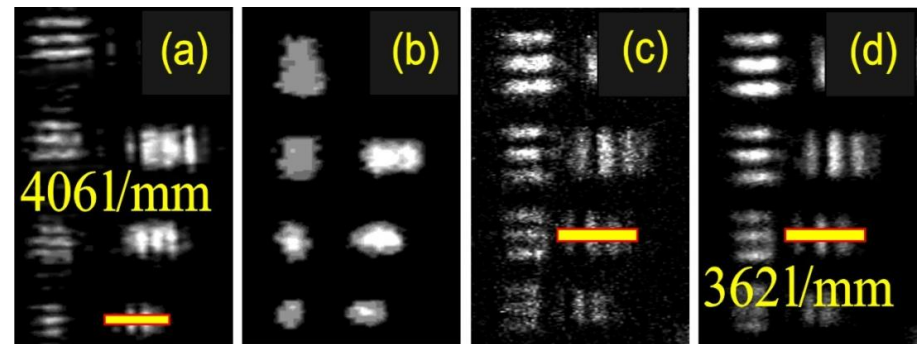


Optimalizace rozlišení systému

- Experimentální ověření konceptu koherencí indukované difrakce.
- Teoretický průběh rozlišení pro uvedené šířky spektra.



Hologramy bodového zdroje zaznamenané za podmínek (a-d) uvedených v grafu.



Rekonstrukce USAF testu zaznamenaných za podmínek (a-d) uvedených v grafu.

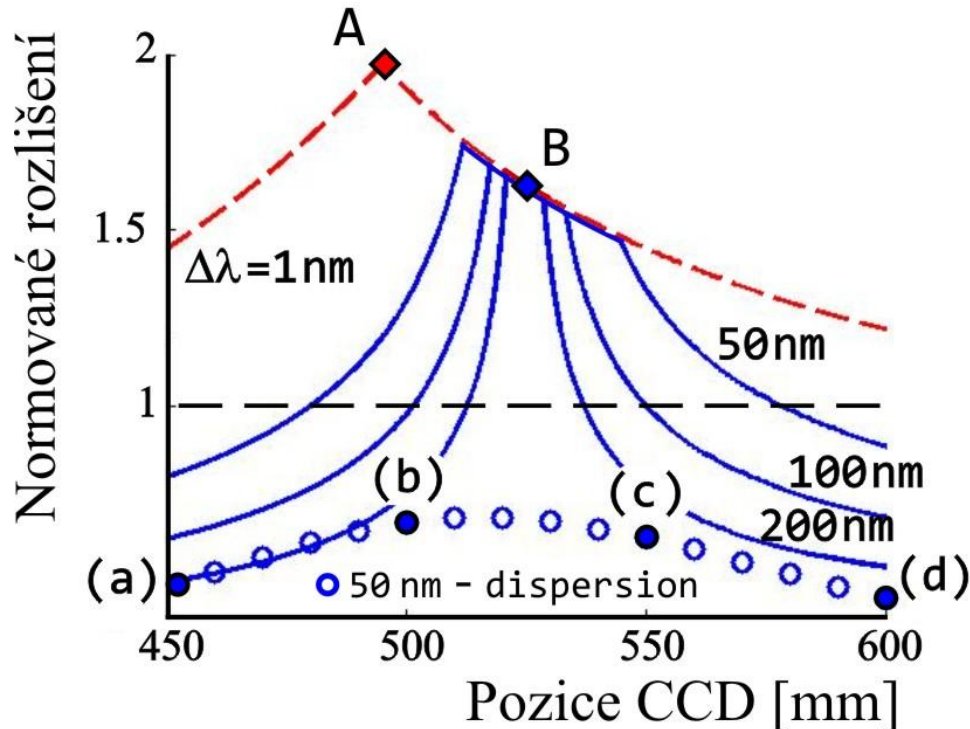
Výsledky byly prezentovány na dvou mezinárodních konferencích: P. Bouchal, Z. Bouchal, R. Chmelík, *Image resolution in broadband correlation microscopy*, Proc. Focus on Microscopy, Maastricht 2013, P. Bouchal, Z. Bouchal, R. Chmelík, *Resolution Limits in Broadband Incoherent Correlation Imaging*, Proc. Digital Holography and 3-D Imaging, Hawaii 2013. Výsledky jsou připravovány k publikaci.

Optimalizace rozlišení systému

➤ Koncept koherencí indukované difrakce provazuje geometrii systému s koherenčními vlastnostmi používaného záření.

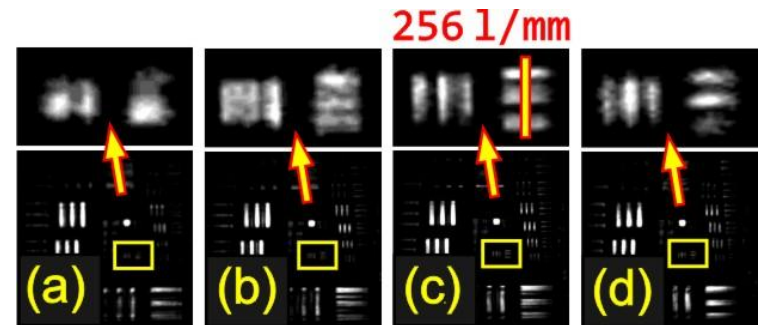
Otevření prostoru k optimalizaci systému vhodnou volbou jeho geometrického uspořádání.

- nalezení konfigurace s nulovým rozdílem optických drah
- rozlišení v korelačním zobrazení není limitováno šířkou spektra používaného záření
- nutnost kompenzace disperze



Kompenzace disperze:

- návrh nedisperzního difraktivního prvku
- použití superchromatického objektivu
- návrh kompenzačního refrakčního prvku



Rekonstrukce USAF testu zaznamenaných za podmínek (a-d) uvedených v grafu.

Závěrečné shrnutí

- Byly prováděny výpočetní a numerické analýzy vybraných zobrazovacích technik s PMS
 - vyhodnocení rozdílu optických drah pro FINCH zobrazení
 - zavedení konceptu koherencí indukované difrakce
 - optimalizace rozlišení v širokopásmovém osvětlení.
- Experimentální ověření teoretických a numerických výsledků
 - optimalizace velikosti zorného pole a zachování rozlišení v celém zorném poli
 - optimalizace rozlišení ve vazbě na koherenční vlastnosti světla.
- Byla ukončena výzkumná etapa zaměřená na možnosti použití PMS v zobrazování
 - výsledky byly shrnuty do výzkumné zprávy
 - byly specifikovány hlavní trendy v oblasti zobrazování s PMS.
- Byly navrženy možnosti dalšího postupu
 - návrh multifunkčního systému s PMS
 - návrh jednoduchého systému s difraktivní maskou
 - *phase-shifting v jednocestném interferometru pomocí rotace vírové masky*
 - *současný záznam více hologramů*
 - návrh nedisperzního systému.

Navazující dílčí cíle

- Návrh a optimalizace softwaru pro řízení PMS a vyčítání CCD (12/2013)
 - *vytvoření 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.*
- Navazující dílčí cíle:
 - Varianty experimentálních soustav pro zobrazení s využitím PMS (12/2014).
 - Výběr a testování realizovatelných sestav (12/2014)
 - *základní konfigurace s PMS*
 - *základní konfigurace s difrakční maskou*
 - *základní konfigurace s rozšířením pro filtraci prostorového spektra a interferenční mikroskopii.*
 - Optimalizovaný návrh zobrazovacího systému pro mikroskopii (12/2014)
 - *optimalizace technického řešení.*
 - Návrh a ověření funkce interferometru, který využívá PMS.
 - Ověření možnosti použití PMS interferometru pro kontrolu optických prvků v Meoptě Přerov.

Děkuji za pozornost.