



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva z účasti na stáži

Datum konání stáže: 12.6.2011 – 10.9.2011

Místo konání stáže: Medical University Innsbruck, Rakousko

Garant stáže: O. Univ.-Prof. Dr. Monika Ritsch-Marte

Účastník stáže: Mgr. Michal Baránek

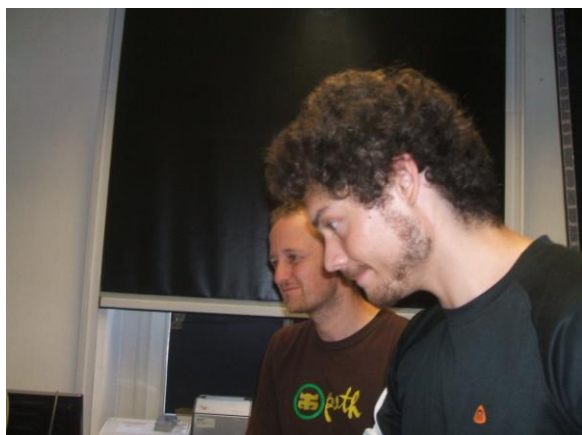
Medical University Innsbruck vznikla v roce 2004 oddělením jedné ze čtyř fakult od University of Innsbruck. Skupina prof. Ritsch-Marte na Division for Biomedical Physics se zabývá výzkumem optických metod s potenciálním uplatněním v lékařství. Oblastí zájmu skupiny lze rozdělit do dvou částí. První z nich je vývoj optických pinzet a zkoumání možností jejich využití. Druhou oblastí zájmu je snaha o hledání nových a zdokonalení již existujících mikroskopických technik.

Jednou ze zobrazovacích metod objevených skupinou prof. Ritsch-Marte je spirální fázový kontrast. Tato technika je užitečná při sledování tenkých fázových předmětů. Tedy předmětů, které málo absorbují procházející světlo a jsou běžnými zobrazovacími metodami špatně viditelné. V lékařské praxi mohou být těmito předměty některé z buněk. Budeme-li takovou buňku pozorovat běžným mikroskopem, bude ve výsledném obraze rozeznatelná velice špatně nebo vůbec. Použijeme-li však ke sledování metodu spirálního fázového kontrastu, můžeme v pořízeném obraze vidět vysokou intenzitu světla v místech, kde se v předmětu nachází nejprudší fázové změny. V našem případě to znamená, že spatříme silně svítící obrys buňky. Pokud se nám navíc podaří metodou spirálního fázového kontrastu zaznamenat vhodnou sérii obrazů, můžeme pomocí numerických algoritmů získat kompletní informace o komplexní amplitudě v rovině předmětu. Jinými slovy, jsme schopni v počítači vytvořit numerický 3-D model sledované buňky.

Základem metody spirálního fázového kontrastu je optický 4-f systém. Jedná se o soustavu dvou čoček umístěných tak, že obrazová ohnisková rovina první čočky splývá s předmětovou ohniskovou rovinou druhé čočky v rovině, která bývá označována jako fourierova. V případě umístění sledovaného předmětu do předmětového ohniska první čočky vzniká výsledný obraz v obrazovém ohnisku druhé čočky a umístěním optického prvku do fourierovy roviny lze filtrovat spektrum prostorových frekvencí předmětu. Metoda spirálního fázového kontrastu spočívá v tom, že ve fourierově rovině je umístěna spirální fázová maska.

Existují dva hlavní způsoby, jakými lze realizovat spirální fázový filtr. Jednou z cest je vytvoření fázové masky fotolitografickou technikou. Takto vyrobená maska má však zásadní nevýhodu, průběh fáze není čistě spojitý, maska se tedy skládá z několika konstantních fázových úrovní. Analýzou tohoto problému se zabýváme v rámci našeho výzkumu na Katedře Optiky v Olomouci. V naší práci se snažíme objektivně zhodnotit vliv diskretizace fázové masky a defokuzace při zobrazování spirálním fázovým kontrastem. Analýza je

prováděna pomocí bodové rozptylové funkce. Jedná se o obraz bodového zdroje pořízený zkoumaným zobrazovacím systémem. V našem výzkumu jsme objevili zajímavý efekt rotace bodové rozptylové funkce spojený s defokuzací. V případě použití diskrétní spirální fázové masky dochází k rotaci bodové rozptylové funkce v závislosti na podélném posuvu bodového zdroje v blízkosti předmětového ohniska. Možnou aplikací objeveného efektu je jeho využití v mikroskopii pro lepší lokalizaci drobných předmětů ve směru podélné osy. O našich průběžných výsledcích jsem měl na navštíveném pracovišti formální seminář. Během mé stáže jsme s kolegy ze skupiny prof. Ritsch-Marte o tomto problému několikrát diskutovali.



Druhým způsobem realizace spirální fázové masky je použití prostorového fázového modulátoru světla. Jedná se o displej z kapalných krystalů. Na každou jednotku modulátoru, pixel, je přiváděna jistá hodnota napětí, v závislosti na velikosti přiváděného napětí se mění index lomu daného pixelu a tím také fáze světelné vlny, která pixelem prochází. Přiváděním různých hodnot napětí na jednotlivé krystaly lze tedy libovolně měnit tvar vlnoplochy procházející vlny. Prostorovým modulátorem je tak možné vytvořit prvek se spirální fázovou propustností. S prací s prostorovými modulátory světla mají pracovníci ze skupiny prof. Ritsch-Marte bohaté zkušenosti.

Při zobrazování metodou spirálního fázového kontrastu však nemusí modulátor sloužit pouze k vytvoření spirálního filtru. Lze jej využít také ke korekci optických aberací, které jsou nepříjemnou součástí optického zobrazování. Právě problémem korekcí aberací pomocí fázového modulátoru jsme se během mé stáže intenzivně zabývali. Aby však bylo možné korekci provést, je nejprve nutné zjistit tvar vlnoplochy v místě modulátoru. V našem případě je fáze v rovině modulátoru spočítána pomocí několika intenzitních obrazů. Konkrétní situace může vypadat tak, že modulátor je osvětlen rovinnou vlnou a je na něj promítnuta jednoduchá spojná čočka omezená kruhovou aperturou. Ve vzdálenosti od modulátoru, která odpovídá ohniskové vzdálenosti čočky zobrazené na modulátoru by se měl v ideálním případě vytvořit difrakční obrazec známý jako Airyho disk. Kvůli aberacím je však tento obrazec zdeformován. Naším cílem je tyto aberace spočítat, pomocí fázového modulátoru provést korekci a získat tak ideální obrazec.

Postup výpočtu aberací je následující. Do libovolné vzdálenosti od modulátoru je umístěna CCD kamera. Poté je kamera vždy posunuta o pevně danou vzdálenost a v každé pozici je zaznamenán obraz. Tak je získána série intenzitních snímků, pomocí kterých je vypočítána vlnoplocha v rovině modulátoru. Základem výpočtu je algoritmus, který vychází ze známého Gerchberg-Saxtonova algoritmu. Algoritmus začíná v rovině prvního obrazu, komplexní amplituda v tomto místě je určena odmocninou zaznamenané intenzity a libovolně zvolenou fází. Poté je použit program pro volné šíření světla do roviny druhého obrazu. Ze spočítaného

optického pole je pro další část výpočtu použita získaná fáze, za amplitudu je opět dosazena odmocnina naměřené intenzity v této pozici. Následně je znovu využit program pro volné šíření do další roviny. Takto algoritmus pokračuje až k poslední rovině a pak obdobným způsobem postupuje zpět. Celý cyklus se několikrát opakuje podle zvoleného počtu iterací. Na konci poslední iterace je získána fáze v první pozici kamery. Na závěr je ještě jednou použit program pro volné šíření, tentokrát pro šíření z místa prvního obrazu do roviny modulátoru. Tímto způsobem je získána informace o tvaru vlnoplochy v místě modulátoru.

V současné době jsme pomocí popsaného algoritmu schopni provést korekci jedné stopy. Naším dalším cílem je uplatnění tohoto algoritmu v případě, že na fázovém modulátoru bude zobrazen hologram, který v ohnisku čočky vytvoří matici několika stop. Snahou bude výpočet fázové mapy, která by provedla korekci všech zobrazených stop najednou. Této problematice by se měla věnovat také naplánovaná společná publikace.

Stáž jistě splnila svůj účel. Měl jsem možnost prodiskutovat věci související s mým výzkumem se zkušenějšími kolegy a odnesl jsem si řadu cenných poznatků o mikroskopii a o práci s prostorovými fázovými modulátory světla. Tyto poznatky budou dále předávány cílové skupině formou odborných seminářů.