



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva o účasti na stáži

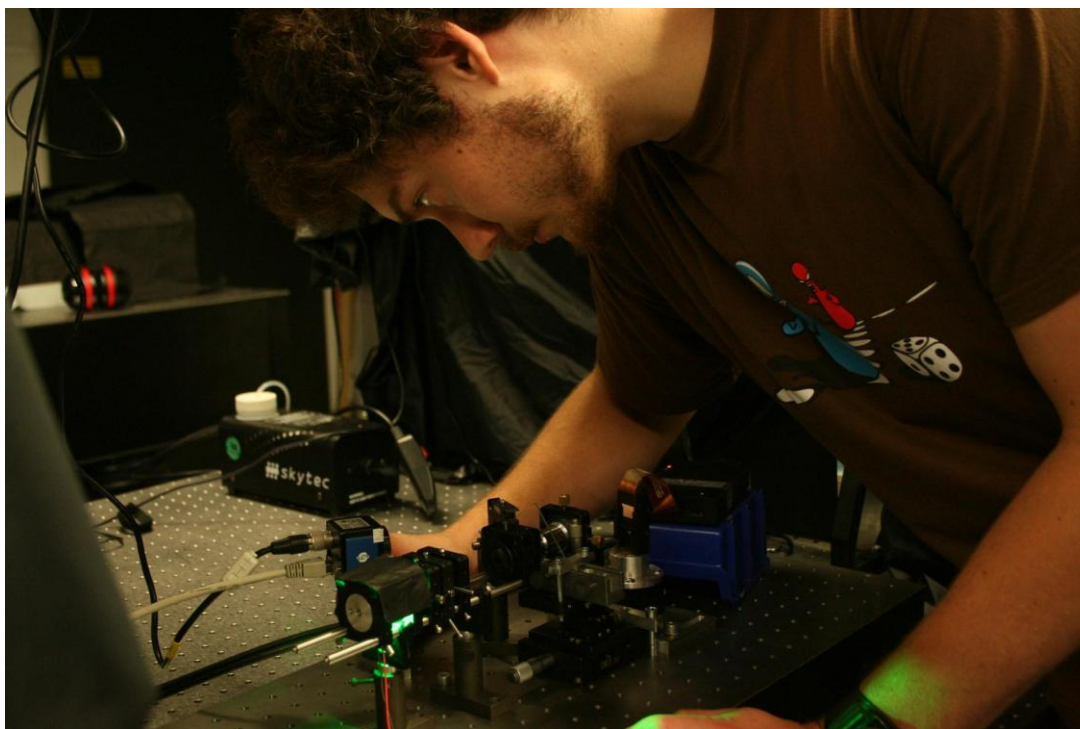
Datum konání stáže: 3.6.2012 – 31.8.2012

Místo konání stáže: Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart, Německo

Garant stáže: Prof. Dr. Wolfgang Osten

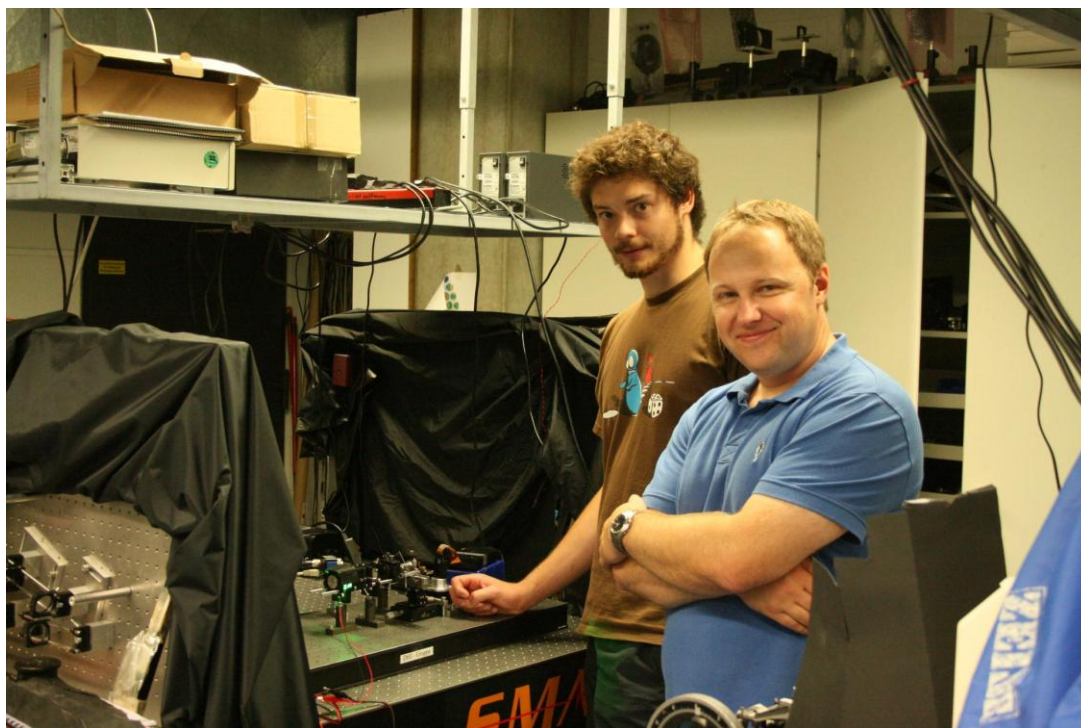
Účastník stáže: Mgr. Michal Baránek

Institut für Technische Optik, nacházející se v německém městě Stuttgart, je součástí místní univerzity. Hlavou pracoviště je profesor Wolfgang Osten. Institut je rozdělen na pět pracovních skupin. První z nich se zabývá koherentními měřicími technikami, druhá interferometrií a difrakční optikou, třetí trojrozměrnou metrologií povrchu, čtvrtá metrologií s vysokým rozlišením a pátá aktivními optickými systémy. Svou tříměsíční stáž jsem strávil v posledním jmenovaném oddělení, jehož vedoucím je doktor Tobias Haist.



Jedním ze zájmů skupiny doktora Haista je testování uplatnění prostorových fázových modulátorů světla v optických mikroskopech. Prostorový modulátor světla (PMS) je aktivní

optický prvek sloužící k tvarování vlnoplochy procházející elektromagnetické vlny. Pracovní plochu PMS tvoří displej z kapalných krystalů. Na jednotlivé elementy displeje, pixely, je přivedeno elektrické napětí různé velikosti. Hodnota napětí na pixelech určuje prostorovou orientaci asymetrických molekul v kapalných krystalech. Tato orientace udává hodnotu indexu lomu pro vlnu šířící se daným směrem a index lomu má zásadní vliv na posun fáze této vlny po průchodu krystalem. PMS je běžně řízený pomocí počítače. To umožňuje rychlou změnu fáze v různých částech procházející vlny.



Existují dvě hlavní možnosti využití PMS v optickém mikroskopu. Jednou z nich je korekce optických aberací. Tyto aberace jsou nedílnou součástí všech zobrazovacích systémů. Jejich důsledkem je zhoršená kvalita výsledného obrazu. Konstrukteři optických systémů často řeší otázku, jak zmírnit vliv aberací. Z tohoto důvodu dnes běžně vznikají objektivy, které jsou hodně složité a samozřejmě také drahé. Pokud se chce fyzik při stavbě optické soustavy obejít bez takového objektivu a přesto mít zkorigované optické aberace, je pro něj použití PMS alternativou. Složitý objektiv je korigován pro určité optické vady a jeho přednosti se projevují jen v pozici, pro kterou byl navržen. Použití PMS má tu výhodu, že korekci lze přispůsobit momentálnímu nastavení systému.

Zabudování PMS do mikroskopu může mít také význam při zavádění různých zobrazovacích technik. Některé předměty sledované optickým mikroskopem mají takovou vlastnost, že málo ovlivňují amplitudu světelné vlny, kterou jsou osvětleny. Mají vliv pouze na fázi této vlny. Tyto předměty se nazývají fázové, v praxi se jedná především o biologické vzorky. Problém je, že detektory světla dokáží zaznamenat pouze intenzitu, druhou mocninu absolutní hodnoty amplitudy. Detektory neposkytují informaci o fázi. Standardním zobrazovacím systémem tedy nelze získat věrohodný obraz fázového předmětu. Bylo vyvinuto několik zobrazovacích metod, pomocí kterých lze zvýraznit obraz fázového předmětu. Jedná se například o temné pole, fázový kontrast, spirální fázový kontrast a řadu dalších. Většina z těchto metod spočívá ve vhodné filtraci prostorového spektra sledovaného předmětu. Moderní mikroskopy nabízejí možnost použití některé z těchto technik. Prostorové filtry mohou mít podobu různých destiček, které lze do mikroskopu mechanicky umístit na

určené místo. Tyto filtry lze vytvořit také pomocí PMS. V případě použití PMS je možno prostorové filtry střídát bez jakéhokoliv mechanického zásahu. Pokud se tedy do mikroskopu vhodně umístí PMS, lze s jeho pomocí provést korekce aberací optického systému, není třeba použít složité a drahé optické prvky. Navíc je možné využití zobrazovacích technik vytvořením vhodného filtru.

Cílem stáže byla stavba mikroskopu s PMS, kde modulátor bude plnit obě zmíněné funkce. Dále by měl mikroskop mít co nejmenší rozměry a k jeho stavbě by měla být použita pouze jednoduchá a levná optika.

Před samotnou stavbou mikroskopu byl vytvořen návrh pomocí programu ZEMAX. V rámci návrhu bylo nutné vzájemně optimalizovat několik parametrů. Pro implementování zobrazovacích technik bylo nutné zajistit, aby se v místě, kde bude situován PMS, objevovalo rozdělení komplexní amplitudy světla odpovídající prostorovému spektru předmětu. Toho je možné dosáhnout tím, že v místě modulátoru vzniká obraz zdroje světla. Ke zvýšení účinnosti filtrace je nutné, aby obraz zdroje byl co nejmenší. Jako světelný zdroj byla použita LED se střední vlnovou délkou 530nm. Při návrhu bylo také potřeba pohlídat průchod dostatečného množství světla osvětlovací částí mikroskopu. Navíc bylo stále nutno mít na paměti malý geometrický rozměr mikroskopu. Námi navrhnutá hranice pro maximální rozměr mikroskopu byla 30cm. Všechny tyto tři parametry, malá velikost obrazu zdroje světla v místě PMS, dostatečná světelná účinnost osvětlovací části a důraz na malý rozměr mikroskopu šli v návrhu proti sobě. Bylo tedy třeba věnovat čas dostatečné optimalizaci celého systému.

Po zhotovení návrhu následovala samotná stavba mikroskopu. Poté, co byl mikroskop úspěšně postaven, jsme se zaměřili na otestování jeho vlastností při zobrazování reálných předmětů. Nejdříve jsme vyzkoušeli možnost korekce optických aberací. K tomuto úkolu jako předmět posloužil čárový test. Ke korekci jsme použili již existující program pro rychlé ovládání PMS. Pomocí tohoto programu bylo možno posílat na modulátor fázové mapy odpovídající základním zernikeovým polynomům a šlo měnit váhové koeficienty jednotlivých polynomů. Člověk tedy mohl téměř v přímém přenosu sledovat, jaký vliv má změna váhového koeficientu jistého zernikeova polynomu na kvalitu výsledného obrazu. Bylo možno ručně provést vhodnou korekci obrazu a zaznamenat váhové koeficienty zernikeových polynomů. Problém je, že tímto způsobem lze zkorigovat optické vady jen v konkrétním místě obrazu. Jinými slovy, zlepšení kvality zobrazení v jedné části obrazu vede ke zhoršení kvality v druhé části.

Během stáže byla vyzkoušena procedura pro zkvalitnění celého obrazu. Princip byl velice jednoduchý. Celkový obraz byl rozdělen na dvanáct stejně velkých částí. Pomocí programu pro rychlé ovládání PMS byla postupně provedena korekce a zaznamenány zadané hodnoty váhových koeficientů zernikeových polynomů ve všech dvanácti částech obrazu. Následně bylo na modulátoru postupně zobrazeno dvanáct různých fázových map s příslušnými kombinacemi zernikeových polynomů. Poté bylo pomocí CCD sejmuto dvanáct obrázků. Z každého z nich byla vyříznuta zkorigovaná část a ty byly zpětně složeny ve výsledný opravený obraz.

Je zřejmé, že tato procedura není stále optimální. Její zdokonalení a otestování použití některé ze zobrazovacích technik při sledování fázových předmětů bude součástí další práce s mikroskopem. Během návrhu mikroskopu, jeho stavbě a používáním při korekci aberací jsem nasbíral řadu cenných zkušeností, které budou dále předávány cílové skupině formou odborných seminářů.