

Roční zpráva

1. Roční zpráva o řešení projektu v programu Tandem ke dni 31. 12. 2006

2. Ev. č. projektu: FT-TA2/059

3. Název projektu: Systémy pro generaci nedifrakčních svazků a přenos mechanických účinků světla

4. Nositel projektu: Meopta – optika, a.s.

5. Řešitel projektu: RNDr. Zdeněk Lošťák, tel.: 581 243 333, fax: 581 242 222,
e-mail: lostak@meopta.com

6. Termín ukončení projektu: 3/2008

7. Plnění cílů a etap v roce 2006:

<i>Etapa</i>	<i>činnost</i>	<i>Termín ukončení (dle smlouvy)</i>	<i>Plnění</i>
2.1	Experimentální ověření počítačové syntézy v laboratorních podmínkách	31.12.2006	splněno
2.2	Výkresová dokumentace mechanické části, návrh metodologie měřících postupů, ověřování pracovních postupů	31.12.2006	splněno
2.3	Výkresová dokumentace optické části	31.12.2006	splněno

8. Seznam dílčích výzkumných zpráv vypracovaných v průběhu roku

V průběhu roku 2006 byly publikovány, připraveny a přijaty k publikaci v odborných časopisech tyto práce:

1. T. Čižmár, V. Kollárová, Z. Bouchal, P. Zemánek: Sub-micron particle organization by self-imaging of non-diffracting beams, *New Journal of Physics*, 8 (2006) 43:1-21.
2. T. Čižmár, M. Šiler, P. Zemánek: An optical nanotrap array movable over a milimetre range. *Applied Physics B* 84 (2006) 194-203.
3. T. Čižmár, V. Kollárová, M. Šiler, P. Jákl, Z. Bouchal, V. Garcés-Chávez, K. Dholakia, P. Zemánek: Non-diffracting beam synthesis used for optical trapping and delivery of sub-micron objects, *Proceedings of SPIE (Vol. 6195) Nanophotonics*. Bellingham : SPIE, 2006, 619507:1-7.
4. P. Zemánek, T. Čižmár, M. Šiler: Optical interference fields: an excellent tool kit to study Brownian dynamics *Proceedings of SPIE (Vol. 6326) Trapping and Optical Micromanipulation III*: SPIE, 2006, 632604:1-11.
5. P. Zemánek, P. Jákl, J. Ježek, M. Šerý, V. Karásek, T. Čižmár, M. Šiler: Laboratoř optických mikromanipulačních technik ÚPT AV ČR, *Jemná Mechanika a Optika* 1 (2006) 7-10.
6. M. Šerý, Z. Lošťák, M. Kalman, P. Jákl, P. Zemánek: Kompaktní optická pinzeta. *Jemná Mechanika a Optika*, 11-12 (2006) 316-319.
7. Z. Bouchal, R. Čelechovský, G. Swartzlander Jr., Spatially localized vortex structures, Chapter of the Monograph *Localized waves*, Eds. M. Zamboni-Rached and H. Figueroa, J. Wiley & Sons, New York (přijato k publikaci).

- 8.Z. Bouchal, V. Kollárová, P. Zemánek, T. Čižmár, Orbital angular momentum of mixed vortex fields, *Proceedings of SPIE* (v tisku).
- 9.R. Čelechovský, Z. Bouchal, Design and testing of the phase mask for transfer of information by vortex beams, *Proceedings of SPIE*(v tisku).
10. M. Šerý, Z. Lošťák, M. Kalman, P. Jákl, P. Zemánek: Compact Laser tweezers. *Proceedings of SPIE* (v tisku).
- 11.P. Zemánek, T. Čižmár, M.Šiler, V. Garcés-Chávez, K.Dholakia, V. Kollárová, Z. Bouchal: How to use laser radiative and evanescent interference fields to control movement of the sub-micron objects. *Proceedings of SPIE* (v tisku)

Na odborných konferencích a veřejných seminářích byly předneseny tyto příspěvky:

1. T. Čižmár (V. Kollárová, M. Šiler, P. Jákl, Z. Bouchal, V. Garcés-Chávez, K. Dholakia, P. Zemánek): Non-diffracting beam synthesis used for optical trapping and delivery of sub-micron objects, Přednáška na konferenci SPIE: Nanophotonics. Strasbourg(FR), 03.04.2006-05.04.2006
2. P. Zemánek (T. Čižmár, M. Šiler): Optical interference fields: an excellent tool kit to study Brownian dynamics, Zvaná přednáška na konferenci SPIE: Trapping and Optical Micromanipulation III. San Diego(US), 13.08.2006-17.08.2006
3. Z. Bouchal, V. Kollárová, P. Zemánek, T. Čižmár, Orbital angular momentum of mixed vortex fields, XV CZECH-POLISH-SLOVAK OPTICAL CONFERENCE, Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Liberec, 11.-15. 9. 2006.
4. R. Čelechovský, Z. Bouchal, Design and testing of the phase mask for transfer of information by vortex beams, XV CZECH-POLISH-SLOVAK OPTICAL CONFERENCE, Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Liberec, 11.-15. 9. 2006.
5. M. Šerý (Z. Lošťák, M. Kalman, P. Jákl, P. Zemánek): Compact Laser tweezers. XV CZECH-POLISH-SLOVAK OPTICAL CONFERENCE, Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Liberec, 11.-15. 9. 2006.
6. P. Zemánek (T. Čižmár, M.Šiler, V. Garcés-Chávez, K.Dholakia, V. Kollárová, Z. Bouchal): How to use laser radiative and evanescent interference fields to control movement of the sub-micron objects. Plenární přednáška na konferenci XV CZECH-POLISH-SLOVAK OPTICAL CONFERENCE, Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics, Liberec, 11.-15. 9. 2006.
7. P. Zemánek: Jak světlem ovládat dění v mikrosvětě. Seminář České strojnické společnosti, 23.5.2006 v Olomouci.
8. J. Wagner: Konstrukční řešení experimentálního zařízení pro manipulaci s mikroobjekty. Seminář České strojnické společnosti, 23.5.2006 v Olomouci.
9. Z. Bouchal: Experimenty nedifrakční a singulární optiky. Seminář České strojnické společnosti, 23.5.2006 v Olomouci.

Na seminářích řešitelů byly předloženy tyto dílčí zprávy:

- 1.P. Zemánek: Vlastnosti optické pasti vytvořené minipinzetou. UP Olomouc 26.6.2006.
- 2.R. Čelechovský: Optické manipulace s využitím prostorového modulátoru světla. UP Olomouc 26.6.2006.
- 3.J.Wagner: Konstrukční řešení experimentálního zařízení pro manipulaci s mikroobjekty. UP Olomouc 26.6.2006.
- 4.M. Kalman,V. Chlup, Z. Lošťák: Optické soustavy pro úpravu svazku a využití difrakčních elementů. UP Olomouc 26.6.2006.
- 5.M. Šerý: Shrnutí vlastností kompaktní optické pinzety, alternativní uspořádání. Meopta, Přerov 28.11.2006.
- 6.Z. Bouchal: Optické systémy pro nastavení polohy stopy laserového svazku. Meopta, Přerov 28.11.2006.

7.J. Wagner: Konstrukce proměnného optického klínu. Meopta, Přerov 28.11.2006.

8.V. Kollárová: Návrh optického systému pro příčné nastavení stopy svazku. Meopta, Přerov 28.11.2006.

Obhájené doktorské disertační práce s tematikou projektu:

1.M. Šerý: Optická pinzeta kombinovaná se světelným mikroskopem. VUT v Brně, 2006.

Podané přihlášky vynálezů:

1.M. Šerý, P. Zemánek, J. Lazar: Zařízení pro připojení zdroje záření v objektivu mikroskopu, 2006, ev. č. PV 2006-352.

Smluvně předané výsledky výzkumu a vývoje:

1.Smlouva o poskytnutí know-how mezi ÚPT AV ČR a Meopta-optika, s.r.o. obsahující technickou dokumentaci k funkčnímu vzorku kompaktní optické pinzety s laserovou diodou a kompaktní optické pinzety využívající optické vlákno v rozsahu: výkresová dokumentace, výpočtová zpráva, popis kompletace a funkční vzorky.

9.Použití finančních prostředků (v tis. Kč) v roce 2006 dle smlouvy FT-TA2/059

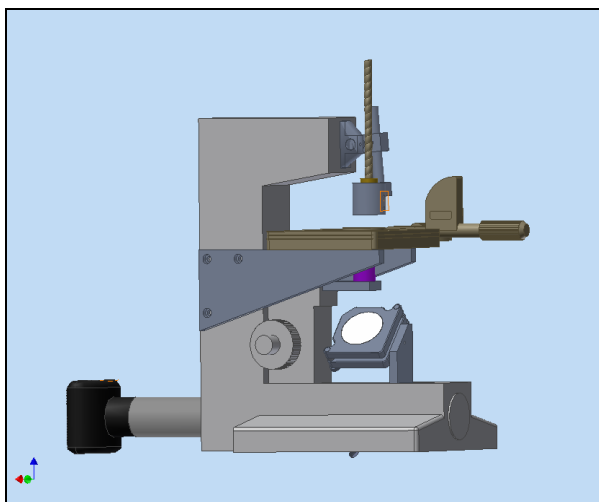
<i>Finanční prostředky 2006</i>	<i>Plánované náklady celkem</i>	<i>Skutečné náklady doložitelné účetním dokladem celkem</i>
Výše celkových nákladů na řešení projektu v roce 2006	7 075	7 075
Vlastní zdroje nositele	2 975	2 975
Jiné zdroje	0	0
Účelová podpora	4 100	4 100
Z toho investice	0	0

Čerpání finančních prostředků v roce 2006 je ve velmi dobré shodě s plánem. Uvedené výsledky jsou získány z účetních dokladů dosud neauditovaných. Audit proběhne do 31. 3. 2007.

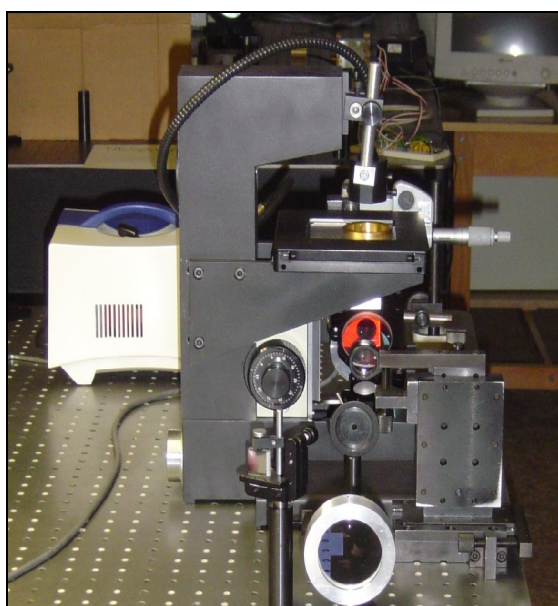
10.Celková charakteristika plnění projektu v roce 2006

Etapu 2.1

V průběhu roku 2006 byla na UP Olomouc realizována optická pinzeta s přímou fokusací laserového svazku. Původní konstrukční návrh byl proveden v ÚPT AV ČR v Brně, na UP Olomouc byl návrh modifikován tak, aby bylo možné využít ramene dostupného mikroskopu. Systém byl testován s He-Ne laserem a mikroskopovým objektivem Olympus UPL FLN 100x1.3 Oil. Konstrukční návrh a snímek reálného systému jsou znázorněny na obrázcích 1 a 2. Konstrukce byla řešena tak, aby umožnila dostatečnou variabilitu pro součinnost s prostorovým modulátorem světla při dynamické manipulaci částic, která je hlavním úkolem pracoviště UP Olomouc v rámci projektu.



Obr. 1 Konstrukční řešení laserové pinzety s přímou fokusací svazku.



Obr. 2 Snímek optické pinzety realizované na UP Olomouc.

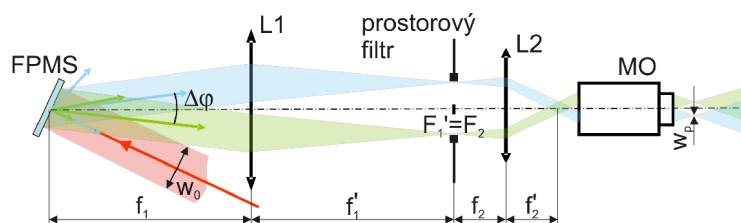
Hlavní pozornost byla na UP Olomouc věnována dílčímu cíli „Experimentální ověření počítačové syntézy fázových hologramů v laboratorních podmínkách“. Cílem této etapy bylo sestavení optického systému, který pomocí fázového prostorového modulátoru světla (FPMS) umožní dynamické vytváření jednoduchých optických pastí. K experimentům byl využíván FPMS typu BOULDER 512x512 pixelů. Dynamika spočívá v tom, že fázové hologramy, které jsou sekvenčně odesílány na modulátor, mění polohu fokusovaného laserového svazku v ohniskové rovině mikroskopového objektivu podle předem stanoveného požadavku. Tento cíl byl splněn a činnost systému byla předvedena na pracovním semináři, který se konal v Olomouci dne 26.6.2006 (výsledky jsou prezentovány na webových stránkách přístupných řešitelům projektu). Dosažení tohoto cíle vyžadovalo vypracování metodiky návrhu algoritmů pro vytváření řídicích hologramů, zvládnutí metodiky dynamického adresování FPMS a návrh optického systému pro filtraci a transformaci výstupního signálu FPMS. Jednotlivé kroky postupu vyžadovaly řešení následujících dílčích úkolů:

1. Byl zpracován algoritmus pro návrh proměnných fázových blejzovaných mřížek, které umožní rozmítání svazku v 2D zorném poli.
2. Byl proveden rozbor energetické účinnosti reálných fázových mřížek v závislosti

na poloze vytvářené stopy v zorném poli.

3. V prostředí MATLAB byl zpracován PC program, který umožní dynamické adresování FPMS.

4. Byl navržen optický systém, který umožní prostorovou filtraci světelného pole za FPMS. Jedná se o telecentrický teleskopický systém tvořený čočkami L1 a L2, který současně umožní navedení rozmitaných laserových svazků do vstupní pupily mikroskopového objektivu MO. Jeho schéma je na obr. 3.

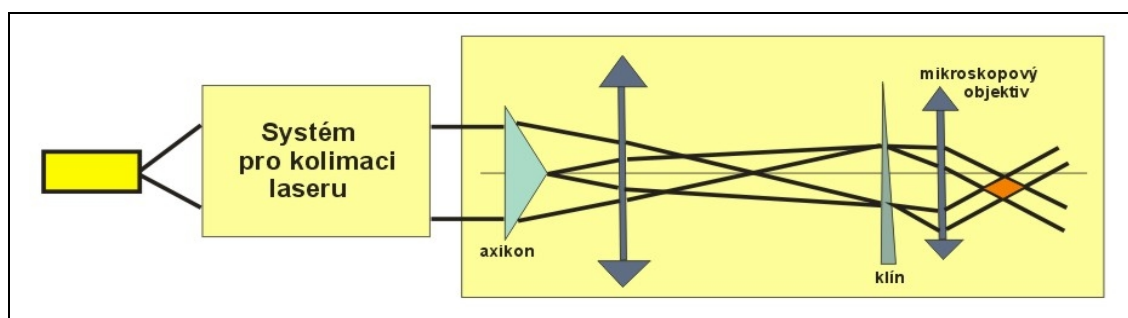


Obr. 3 Optický systém pro rozmitání laserového svazku pomocí reflexního FPMS.

5. Byla provedena výpočetní analýza, která umožní odhad dosažitelných optických parametrů dynamické optické pinzety. Vstupní laserový svazek je modulátorem transformován tak, že v ohniskové rovině objektivu L1 umístěného za modulátorem vytváří stopu, jejíž poloha je ve vymezeném zorném poli řízena parametry fázové mřížky odeslané z PC na modulátor. Objektiv L2 směřuje svazek do vstupní pupily mikroskopového objektivu, který vytváří ostře fokusovanou stopu představující optickou past pro zachycení mikročástic. Je-li teleskop tvořený členy L1 a L2 navržen tak, že svazek zaplňuje vstupní pupilu mikroskopového objektivu, pak poloměr stopy fokusovaného svazku w_p je určen vztahem $w_p = \lambda / (n \cdot \sin u)$, kde u je poloviční aperturní úhel mikroskopového objektivu. Zorné pole optického systému, které je možné při dynamické manipulaci částic využít, je nutné stanovit na základě úvahy o difrakci světla na periodické struktuře FPMS. Ta představuje amplitudovou binární strukturu s pevnou periodou, tvořenou buňkami elektroopticky řízených kapalných krystalů. Další periodickou strukturou, na které laserový svazek difraktuje, je pracovní blejzovaná fázová mřížka. Pro přemísťování stopy svazku je nutné, aby její parametry byly proměnné. Pracovní svazek vytváří jen první difrakční řád blejzované mřížky, ostatní difrakční řády jsou nežádoucí a musí být odstraněny. Má-li se v zorném poli objevovat jen žádoucí záření, pak využitelné úhlové zorné pole je v prostoru za modulátorem omezeno úhlem $\Delta\phi = \lambda / (2 \cdot \Lambda)$, kde Λ je perioda binární amplitudové mřížky, která představuje aktivní buňky modulátoru. Odpovídající lineární zorné pole v ohniskové rovině mikroskopového objektivu má rozměr ΔX určený vztahem $\Delta X = \lambda \cdot w_0 / (2 \cdot \Lambda \cdot \sin u)$. Provedená analýza ukazuje, že optický systém pracující s FPMS může poskytovat optické pasti o velikosti několika mikrometrů při využitelném zorném poli $100 \times 100 \mu\text{m}^2$. Provedený odhad vychází z aproximativního popisu, který nezahrnuje veškeré vlivy, které situaci ovlivňují. Další zpřesnění a optimalizace optického systému budou provedeny v roce 2007.

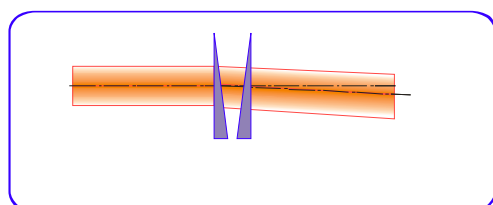
6. Následně byla řešena dynamická modulace svazku, která umožňuje přemísťování optických pastí v časech omezených opakovací frekvencí dostupného FPMS. Funkčnost systému byla experimentálně ověřena s He-Ne laserem. Výkon tohoto laseru je 15 mW a při účinnosti FPMS je pro zachycení částic nedostačující. Z institucionálních prostředků byl v průběhu roku 2006 pořízen laser VERDI, který pracuje na vlnové délce 532 nm s maximálním výkonem 2 W. V příštím roce bude tento laser využíván pro řízenou manipulaci částic pomocí reflexního FPMS.

Dalším úkolem řešeným v průběhu roku 2006 na UP Olomouc byl návrh optického systému transformující laserový svazek s gaussovským profilem na svazek s profilem besselovským. Podstata transformace spočívá v prostorové filtraci, při níž je široké gaussovské prostorové spektrum redukováno na spektrum, které v ideálním případě obsahuje jedinou radiální prostorovou frekvenci. Navržený optický systém je znázorněn na obr. 4.

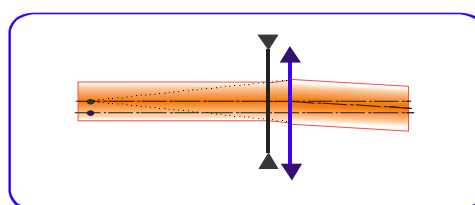


Obr. 4 Optický systém pro nastavení polohy stopy pseudo-nedifrakčního svazku.

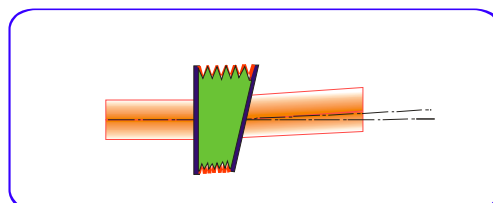
Kolimovaný laserový svazek dopadá na axikon, který vytváří pseudo-nedifrakční svazek s besselovským amplitudovým profilem. Svazek je zachycen čočkou, která ve své ohniskové rovině vytváří prostorové spektrum mezikruhového tvaru. Optický klín umístěný do ohniskové roviny způsobuje fázové změny spektra, které se projeví posuvem osy svazku vytvořeného mikroskopovým objektivem. Změnou úhlu klínu a jeho otáčením kolem optické osy soustavy lze provádět nastavení stopy svazku do libovolného bodu vymezeného zorného pole. Plynulá změna polohy stopy svazku je dosažena pomocí proměnného optického klínu, jehož možné konstrukční návrhy jsou znázorněny na obr. 5. Na pracovní schůzce řešitelů grantu konané 28.11.2006 v Meoptě byly jednotlivé varianty podrobně diskutovány a pro realizaci bylo zvoleno řešení s náklonem čočky. Byla vypracována výkresová dokumentace pro realizaci. Návrh konstrukčního řešení je na obr. 6. Mechanická část již byla vyrobena, optické komponenty se dokončují.



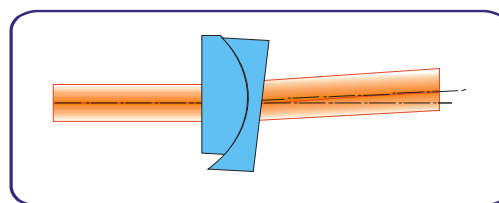
(a) dvojice klínů



(b) decentrovaná čočka

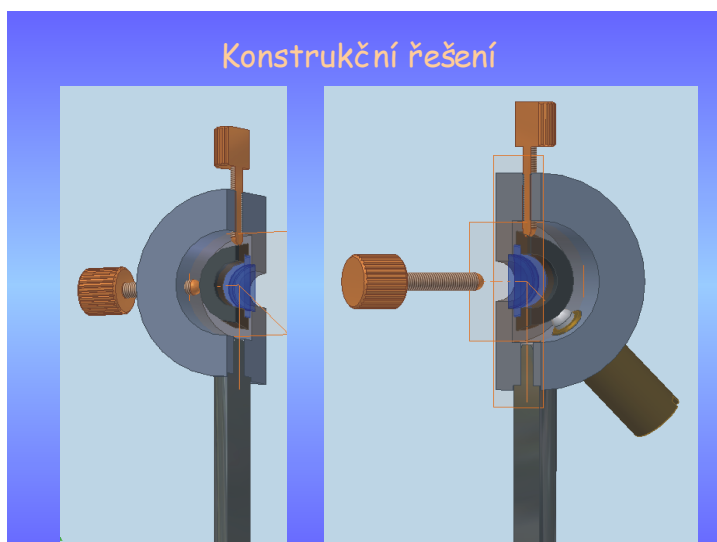


(c) proměnný klín v kapalině



(d) náklon čočky

Obr. 5 Varianty konstrukčních návrhů proměnného optického klínu.

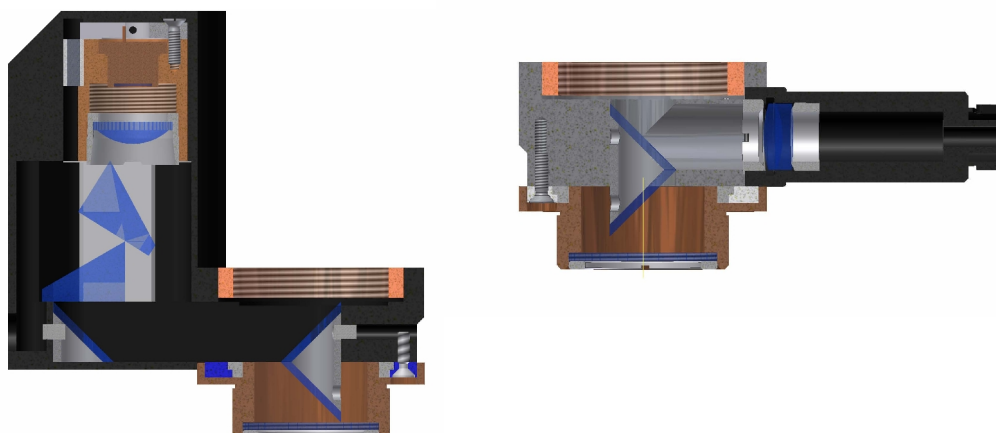


Obr. 6 Konstrukční návrh proměnného optického klínu zvolený pro realizaci.

Návrh optického systému pro nastavení polohy stopy svazku byl realizován pomocí optického programu OSLO. Pomocí metod skalární vlnové optiky byl nalezen analytický popis transformace svazku a v prostředí MATLAB sestaven program pro jeho numerické vyhodnocení. V rámci numerických simulací je možné vyhodnotit dosah svazku a využitelnou velikost zorného pole pro nastavení polohy stopy svazku. Navržený systém bude pracovat jako laserový adaptér, který umožní transformaci gaussovského svazku na svazek pseudo-nedifrakční. Bude umožňovat plynulou změnu polohy stopy svazku při zachování směru šíření. V roce 2007 bude zvažována možnost využití adaptéru v bezdrátových komunikacích pro navigaci svazku.

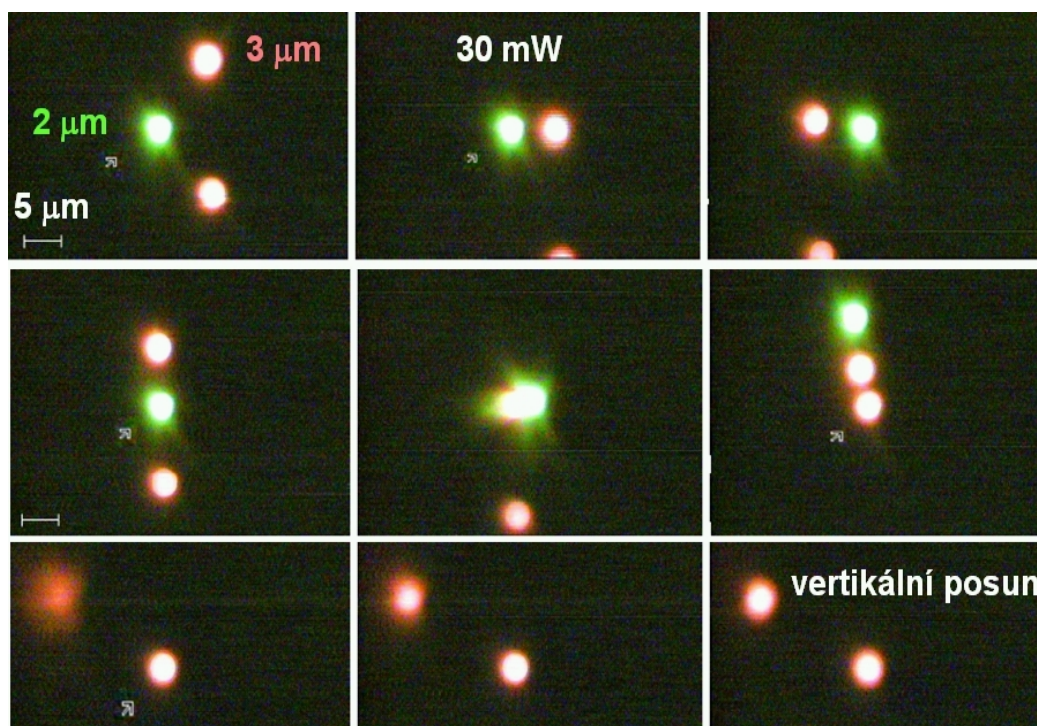
Etapa 2.2

V ÚPT byla vytvořena zdokonalená verze laboratorního vzorku kompaktní optické pinzety s laserovou diodou (KOPLD), která byla intenzivně experimentálně testována (viz obr. 7). KOPLD byla použita na klasickém a fluorescenčním mikroskopu Olympus BX50, invertovaném mikroskopu Olympus IX a v kombinaci s tandemovým konfokálním mikroskopem Confocal 2002. Tato verze nevyžaduje žádné zásahy do konstrukce mikroskopu, čímž se odstraňují nedostatky konkurenčních řešení a rozšiřuje se míra její využitelnosti.



Obr. 7. Schématický řez kompaktní optickou pinzetou s laserovou diodou (KOPLD - vlevo) a kompaktní optickou pinzetou s optickým vláknem (KOPOL - vpravo).

Testování KOPLD probíhalo s polymerovými mikroobjekty o velikostech od 0,35 μm po 5 μm a s živými kvasinkami o velikostech 6-8 μm . Ve všech případech se podařilo mikroobjekty zachytit a prostorově je přemístit horizontálně a vertikálně vůči podložnímu sklíčku. Příklad manipulace s fluorescenčními objekty je dokumentován na obr. 8.



Obr. 8 Využití KOPLD pro manipulaci s fluorescenčně značenými mikrosondami o velikosti 2 μm (GO200 Duke Scientific, emisní maximum 508 nm) a 3 μm (GO200 Duke Scientific, emisní maximum 508 nm). První řádek dokumentuje manipulaci s menší sondou (zelená, označená šipkou), prostřední výměnu zachycené menší sondy za větší, poslední řádek dokazuje možnost vertikální manipulace s objektem – zachycený objekt je stále stejně ostrý. Úsečka na obrázcích odpovídá vzdálenosti 5 μm .

Dalším krokem bylo kvantitativně vyhodnotit vlastnosti optické pasti, která je vytvořena prostřednictvím KOPLD. Zvolili jsme metodu, která využívá tepelný pohyb polymerové kuličky o průměru 1,587 μm (3K1600 Polymer Microspheres, Duke Scientific) zachycené v KOPLD. Polohy kuličky jsou snímány ve všech třech osách kvadrantním detektorem (UV-140 BQ-4), digitalizovány rychlou AD/DA kartou (Computer Boards PCI-DAS4020/12) se vzorkovací frekvencí 60060 Hz. Pořízený záznam obsahoval 500000 poloh a vyhodnocovali jsme jej algoritmem popsáným v práci [I. Tolič-Norrelykke et al, Comp. Phys. Commun 159 (2004), 225-240], který jsme mírně modifikovali pro dávkové zpracování. Výsledkem byly tuhosti optické pasti ve všech třech osách, které jsou měřítkem "kvality" optické pasti a číselně udávají velikost laserem vyvolané síly v daném směru působící na objekt vychýlený z rovnovážné polohy o jednotkovou vzdálenost. Prováděli jsme měření pro stejný výstupní výkon laserové diody a pro následující mikroskopové objektivy různé konstrukce stejného výrobce: Olympus Ach 100x/1,25 Oil Iris; Olympus Ach 100x/1,25 Oil Ph3; Olympus UplanFl 100x/1,3 Oil Iris; Olympus UplanApo 100x/1,35 Oil Iris Ph3. Optické pasti o nejvyšších tuhostech vytvářely objektivy Olympus Ach 100x/1,25 Oil Iris ("achromát") a Olympus UplanApo 100x/1,35 Oil Iris Ph3 (fázový "planapochromát"); pasti o nejmenší tuhosti vytvářel objektiv Olympus UplanFl 100x/1,3 Oil Iris. Detailní výsledky a popisy experimentů jsou uvedeny v doktorské disertační práci M. Šerého (viz seznam výsledků výše).

ÚPT zhotovil laboratorní vzorek kompaktní optické pinzety využívající optické vlákno (KOPOL), která modulárním způsobem řeší zavedení jednoho laserového svazku či více svazků do komerčních mikroskopů. Tyto svazky mohou být použity k zachytávání objektů, fotopolymeraci mikrostruktur či laserové mikroablaci. Úspěšně proběhly experimentální zkoušky se zachytáváním mikroobjektů.

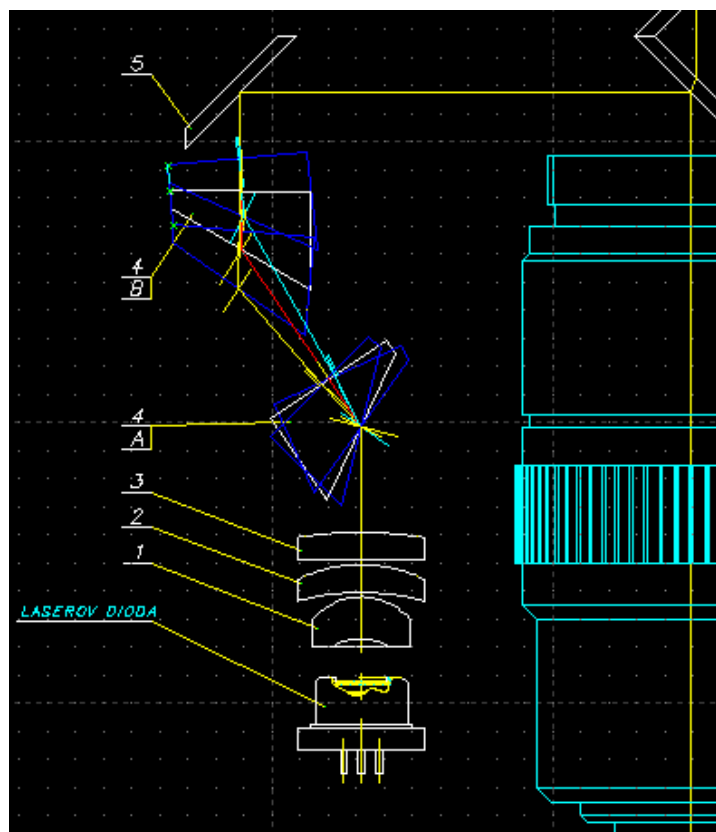
V souladu s cíly projektu a v rámci smlouvy o poskytnutí know-how ÚPT předal společnosti Meopta-optika, s.r.o výkresovou dokumentaci k oběma výše zmíněným vzorkům (KOPLD, KOPOL) včetně výpočtových zpráv a popisu kompletace. Součástí byly i funkční vzorky obou kompaktních optických pinzet.

Dne 1. 5. 2006 byla na Úřad průmyslového vlastnictví podána přihláška vynálezu s názvem „Zařízení pro připojení zdroje záření v objektivu mikroskopu“, která byla zaregistrovaná pod číslem PV 2006-352. Cílem této přihlášky je ochránit autorská práva k originálnímu řešení optické pinzety a převést je na výrobce Meopta-optika, s.r.o.

Etapa 2.3

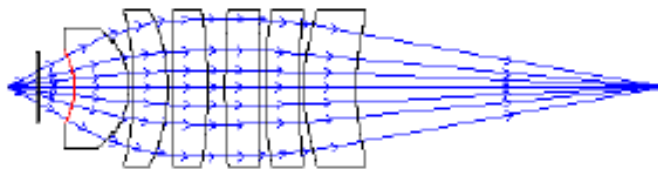
V Meoptě byly na nově zřízeném experimentálním pracovišti pro manipulaci s mikročásticemi ověřeny některé experimenty, které dosud probíhaly jen v ÚPT. Současně probíhala optimalizace optických systémů dříve navržených v ÚPT a na UP. Dosažené výsledky budou použity při konstrukci a výrobě prototypů.

Optický systém navržený v ÚPT využíval standardně nakupovanou asférickou čočku v kombinaci se dvěma anamorfotickými hranoly (viz obr. 7). Pro výrobní podmínky Meopty byla jako vhodnější navržena varianta, kde je asférická čočka nahrazena třemi sférickými čočkami. Soustava byla optimalizována pomocí programu Zemax a výkresově připravena pro výrobu. Navržená sestava je zobrazena na obr. 9, který je výsekem výkresu celé sestavy.



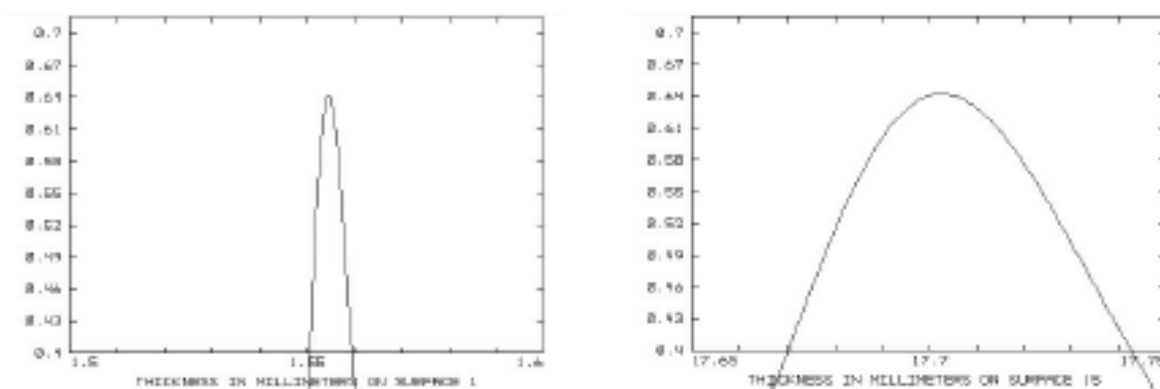
Obr. 9 Tříčočkový optický systém upraveného adaptéru.

Teoreticky byla vyšetřována energetická účinnost navázání záření laserové diody do jednomódového vlákna. Bylo navrženo několik optických systémů a studován vliv tolerancí. Příklad navrženého objektivu ve spojení s laserovou diodou Sony SLD 1333V ukazuje obr. 10. První tři čočky systému odpovídají návrhu objektivu, který byl popsán v předchozím odstavci. Následující tříčočkový objektiv zajišťuje navázání záření do jednomódového vlákna.



Obr. 10 Laserová dioda Sony SLD 1333V ve spojení s tříčočkovým objektivem pro navázání do vlákna.

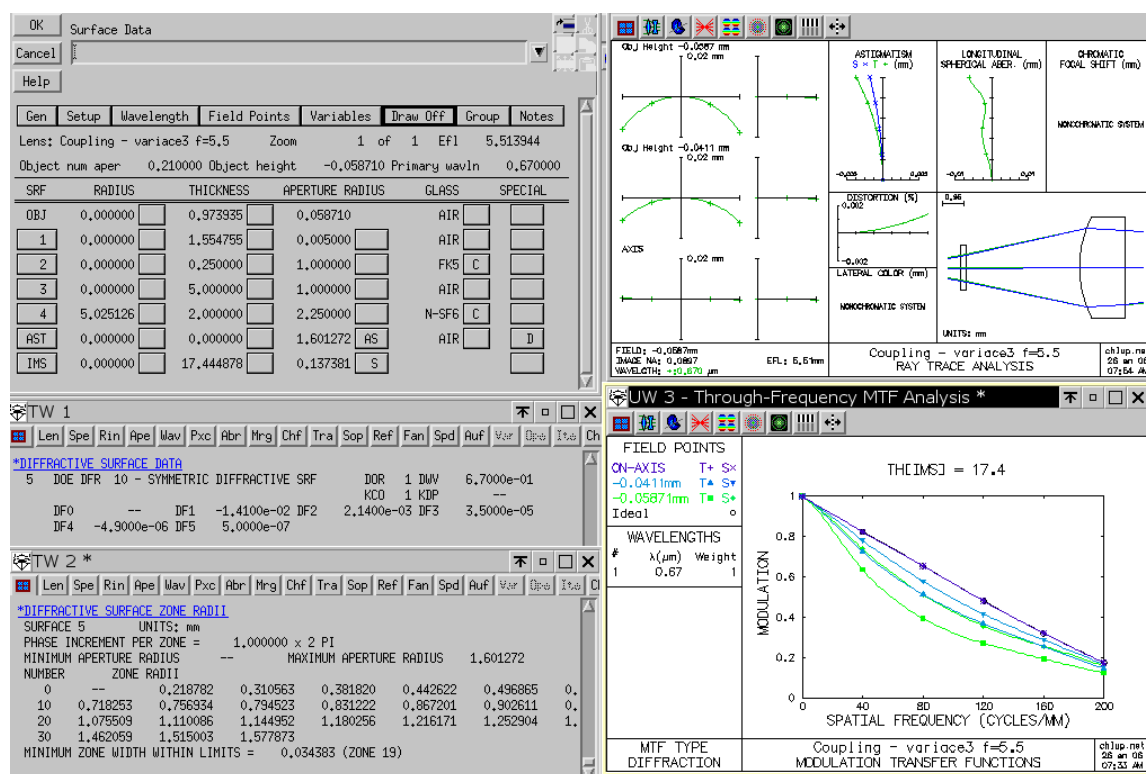
Velká pozornost byla věnována tolerančním propočtům pro navázání záření do vlákna. Vliv podélných osových a příčných tolerancí u navrženého systému je uveden na obr. 11.



Obr. 11 Energetická účinnost navázání v závislosti na tolerancích.

V souvislosti s rozvojem difraktivních optických prvků byla sledována možnost jejich aplikace u některých uzlů optické pinzety. Byly studovány metody návrhu difraktivních optických prvků a jejich optimalizace. K tomu byl využíván program OSLO. Byl navržen hybridní difraktivně refraktivní optický prvek (obr. 12), který nahrazuje optický systém znázorněný na obr. 10. Na obrázku jsou také uvedeny konstrukční parametry.

Konstrukční dokumentace laboratorního vzorku adaptéru KOPLD, který byl navržen v ÚPT, byla přepracována na podmínky výrobního podniku v programu PRO/E. Souběžně s tím proběhla příprava výroby tak, aby výroba funkčního vzorku mohla v roce 2007 proběhnout v souladu s plánem.



Obr. 12 Ukázka konstrukce hybridního optického prvku pro navázání laserového záření do vlákna.

11. Návrh cílů projektu pro rok 2007

Etapa	Činnost	Zajištění řešení	Termín ukončení
3.1	Návrh algoritmu pro počítačovou syntézu, experimentální ověření	UP/Z.Bouchal	31.03.2008
3.2	Výroba části laboratorního vzorku, experimentální měření v podmínkách různých aplikací	ÚPT/P.Zemánek	31.03.2008
3.3	Výroba funkčního vzorku, měření vzorku, programové zpracování	Meopta/Z.Lošák	31.03.2008

V návrhu projektu pro rok 2007 nebyly stanoveny konkrétní cíle, protože projekt končí v březnu následujícího roku a takové dílčí dělení nebylo adekvátní. Na tomto místě upřesňujeme úkoly roku 2007. Do konce roku 2007 v rámci etapy 3.1 proběhne optimalizace optického systému pro dynamické vytváření jednoduchých optických pastí. Pozornost bude zaměřena na rozměrový návrh systému. Zde bude hledán jistý kompromis, protože bylo prokázáno, že příčné i podélné rozměry systému mají úzkou souvislost s jeho energetickou účinností. Dále bude řešena otázka proměnné podélné lokalizace optických pastí, která umožní manipulaci částic v 3D prostoru. Tento problém bude řešen modifikací algoritmu pro vytváření fázových mřížek. Následně bude řešena počítačová syntéza fázových hologramů pro generaci vícenásobných optických pastí. V rámci přesného popisu je pro vytváření složených optických pastí nutná komplexní modulace zahrnující jak amplitudovou, tak i fázovou složku. Pro náhradu komplexní masky mřížkou čistě fázovou bude modifikován speciální algoritmus, který je již částečně zpracován. Vlastní experimentální ověření bude probíhat do konce projektu, tj. do března 2008.

V rámci etapy 3.2 budou vyrobeny všechny části laboratorních vzorků nově navržených variant řešení s cílem zdokonalit technické řešení kompaktních optických pinzet a zvyšovat univerzalitu zařízení. Dále proběhne 80% uvažovaných aplikačních měření. Budou testovány možnosti využití kompaktních optických pinzet na biologických pracovištích v ČR a zahraničí.

V rámci etapy 3.3 bude realizován funkční vzorek objektivového adaptéru podle již připravené dokumentace. Dále bude realizována optická část osvětlovacího systému pro etapu 3.1 a optický systém pro generaci nedifrakčních svazků. Programové zpracování řízení pohybu částice přístupné pro uživatele v souladu s řešením etapy 3.1 proběhne v 1. čtvrtletí roku 2008.

12. Návrh finančního čerpání pro následující rok

<i>Finanční prostředky 2007</i>	<i>Plánované náklady UP v Olomouci</i>	<i>Plánované náklady ÚPT Brno</i>	<i>Plánované náklady Meopta</i>	<i>Plánované náklady celkem</i>
Výše celkových nákladů na řešení projektu v roce 2007	1 750	1 750	3 685	7 185
Vlastní zdroje nositele	400	400	2 385	3 185
Jiné zdroje	0	0	0	0
Účelová podpora	1 350	1 350	1 300	4 000
Z toho investice	0	0	0	0

Návrh finančního čerpání i věcného plnění pro rok 2007 zcela odpovídá záměrům uvedeným při zahájení projektu.

V Přerově dne 8. ledna 2007

Zpracovali: RNDr. Zdeněk Lošťák, řešitel projektu

doc. RNDr. Zdeněk Bouchal, PhD.

doc. RNDr. Pavel Zemánek, PhD.