

Roční zpráva

1. Roční zpráva o řešení projektu v programu Tandem ke dni 31. 12. 2005
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 2005:

<i>Etapa</i>	<i>činnost</i>	<i>Termín ukončení (dle smlouvy)</i>	<i>Plnění</i>
1.1	Teoretický fyzikální popis syntézy svazků	31.12.2005	splněno
1.2	Sestavení zjednodušeného laboratorního vzorku	31.12.2005	splněno
1.3	Analýza a syntéza optických soustav pro generaci laserových svazků	31.12.2005	splněno

8. Seznam dílčích výzkumných zpráv vypracovaných v průběhu roku

V tištěné formě nebyly dosud vypracovány žádné zprávy. Průběžné výsledky řešení jsou zatím jen interně prezentovány na čtvrtletních seminářích, které se střídavě konají na pracovištích řešitele a spoluřešitelů. Dosud proběhly čtyři semináře v termínech 23.3.2005, 24.6.2005, 3.11.2005 a 9. 1. 2006. Podstatná část zde prezentovaných výsledků byla publikována prostřednictvím Internetového webu na stránkách www.opto.cz ve složce Tandem, která je pod heslem k dispozici všem řešitelům a je k dispozici k nahlédnutí na všech zúčastněných pracovištích. Zde jsou prezentovány zejména tyto dílčí zprávy:

Bouchal Z.: Laserové svazky pro optické manipulace, (23.3.2005).

Bouchal Z.: Prostorová modulace světla, (24.6.2005).

Kalman M.: Miniaturizovaný anamorfotický systém se sférickým kolimačním objektivem, (3.11.2005).

Kollárova V.: Rozměrový návrh optického systému pro symetrizaci svazku laserové diody SONY, (3.11.2005).

Lošťák Z., Chlup.V: Hranolové systémy, (24.6.2005).

Šerý M., Zemánek P.: Konstrukce optické pinzety, (24.6.2005).

Šerý M., Zemánek P.: Laboratorní vzorky optické pinzety a jejich vlastnosti, (3.11.2005).

Některé výsledky výzkumu byly již zpracovány do dvou článků a byly přijaty odbornými časopisy:

J. Reháček, Z. Hradil, Z. Bouchal, M. Ježek, Tomographic analysis of vortex information content, J. Mod. Opt. (v tisku)

Z. Hradil, J. Reháček, Likelihood and entropy for statistical inversion, J. Phys., Conf. Series (v tisku).

9. Použití finančních prostředků (v tis. Kč) v roce 2005 dle smlouvy FT-TA2/059

<i>Finanční prostředky</i>	<i>Plánované náklady</i>	<i>Skutečné náklady doložitelné účetním dokladem</i>	<i>Skutečné náklady doložitelné účetním dokladem</i>	<i>Skutečné náklady doložitelné účetním dokladem</i>	<i>Skutečné náklady doložitelné účetním dokladem</i>
2005		UP	ÚPT Brno	Meopta	
	<i>celkem</i>	<i>v Olomouci</i>			<i>Celkem</i>
Výše celkových nákladů na řešení projektu v roce 2005	5 765	1 251	1 204	3 397	5 852
Vlastní zdroje nositele	2 565	251	204	2 197	2 652
Jiné zdroje	0	0	0	0	0
Účelová podpora	3 200	1 000	1 000	1 200	3 200
Z toho investice	0	0	0	0	0

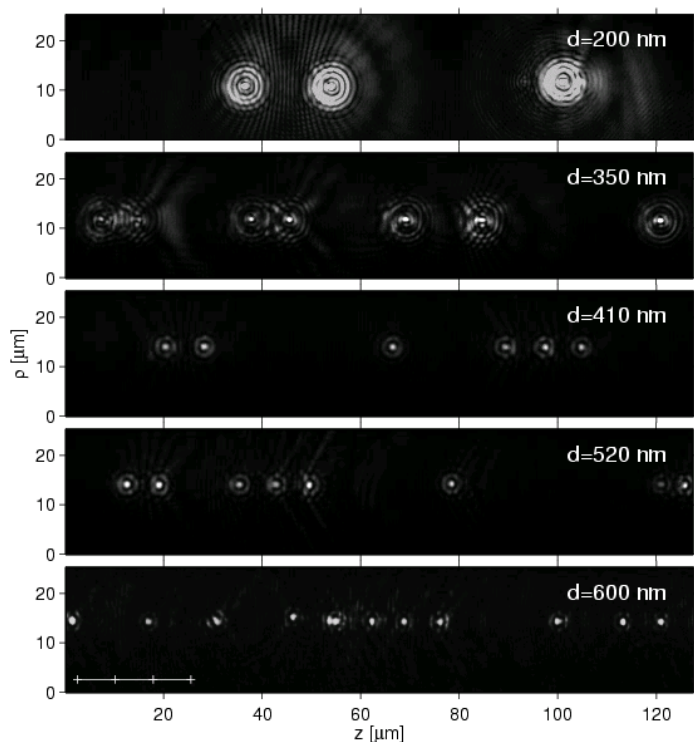
Celoroční náklady byly při porovnání s plánovanými náklady pro rok 2005 čerpány v úrovni 101,5 %, což je velmi dobrá shoda. Finanční prostředky z účelové podpory byly čerpány v úrovni 100%. Náklady hrazené z vlastních zdrojů byly oproti plánu vyšší o 3,4%. Uvedené hodnoty jsou získána z účetních dokladů dosud neauditovaných. Audit proběhne do 31.3.2006.

10. Celková charakteristika řešení projektu v roce 2005

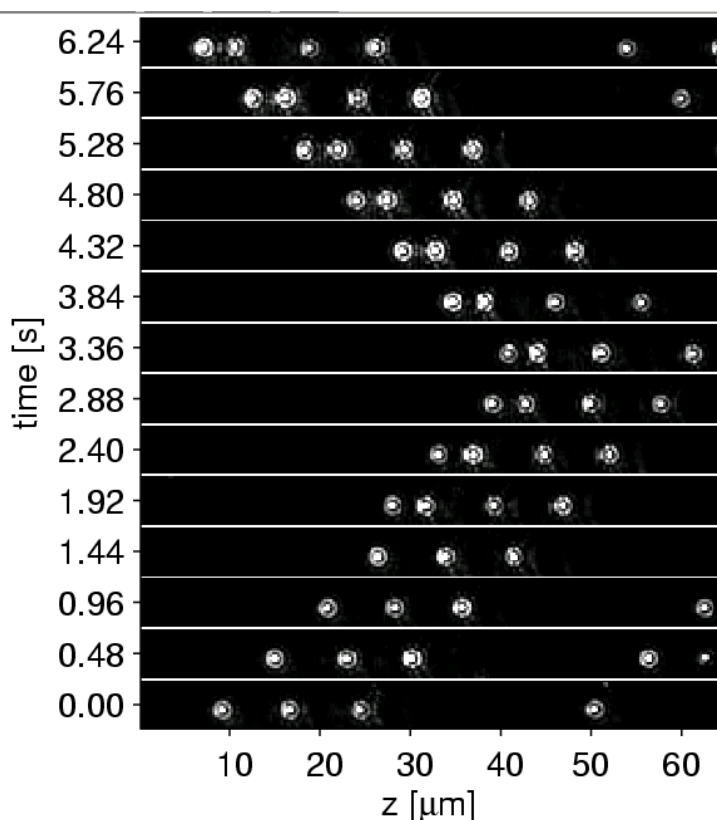
Vlastní řešení projektu bylo zahájeno ve druhé polovině února roku 2005. Charakteristickým rysem řešeného úkolu je snaha po optimálním provázání specializovaného know how všech tří zúčastněných pracovišť a jeho optimální využití k zajištění konečného úspěšného řešení. Nositel projektu přebírá a postupně absorbuje řadu nových teoretických i praktických informací od svých spoluřešitelů, kteří na počátku řešení stojí v dané problematice podstatně dále. Na straně druhé ve vlastní syntéze a analýze optických soustav disponuje výrazným know how, který je přínosem pro spoluřešitele. Mimo vlastní výzkum a vývoj je tedy důležitou složkou řešení rychlý transfer informací mezi pracovišti. Z tohoto důvodu jsou organizovány semináře, na kterých jsou hojně zastoupeny všechny řešitelské týmy a dochází zde k otevřené výměně informací a řízným diskuzím. Každé pracoviště má stanoven specifický dílčí úkol, jehož součástí je i přenos informací a případné zavedení metodiky řešení na pracovištích spoluřešitelů.

V rámci dílčího úkolu „teoretický a fyzikální popis syntézy nedifrakčních svazků“ (etapa 1.1) byla na UP v Olomouci teoreticky a experimentálně studována dvousvazková superpozice nedifrakčních modů a její transformace na rozměrovou škálu potřebnou pro manipulaci. ÚPT provedl teoretické propočty optických sil působících v různých konfiguracích a vybral optimální variantu pro experimentální realizaci. V ÚPT byl proveden

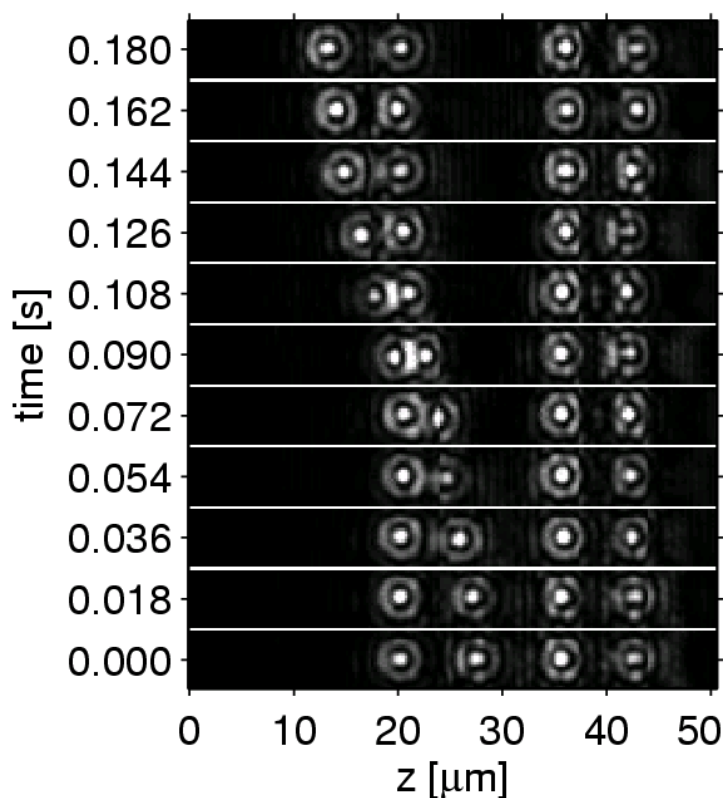
unikátní experiment se samouspořádáním submikrometrových objektů v takto syntetizovaném rozložení optického pole (viz obr. 1).



Obr. 1 Příklad prostorového samouspořádání polystyrénových kuliček o průměrech 200, 350, 410, 520 a 600 nm ve světelném poli vytvořeném dvěma souběžnými nedifrakčními svazky (pohled z boku).



Obr. 2 Příklad zachycení pěti polystyrénových kuliček o průměru 520 nm a jejich hromadný přesun o 40 μm dosažený změnou fáze jednoho ze souběžných nedifrakčních svazků.

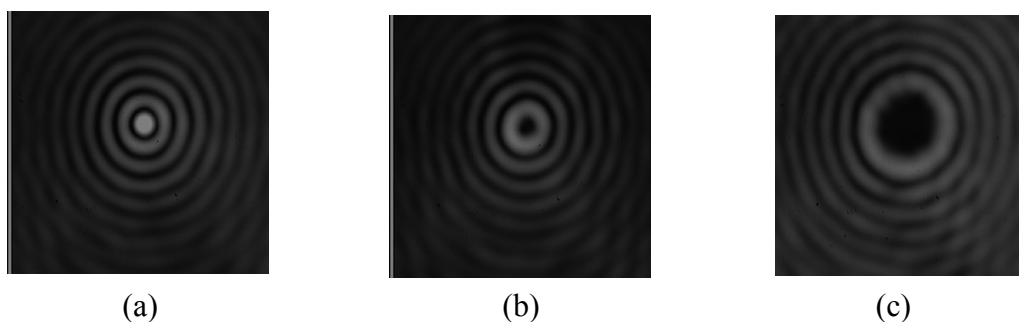


Obr. 3 Zachycení přeskočení polystyrénové kuličky o průměru 520 nm z jedné optické pasti do druhé. Průměrná doba analyzovaných přeskoků byla rovna 0,0123 +/-0,0016 s.

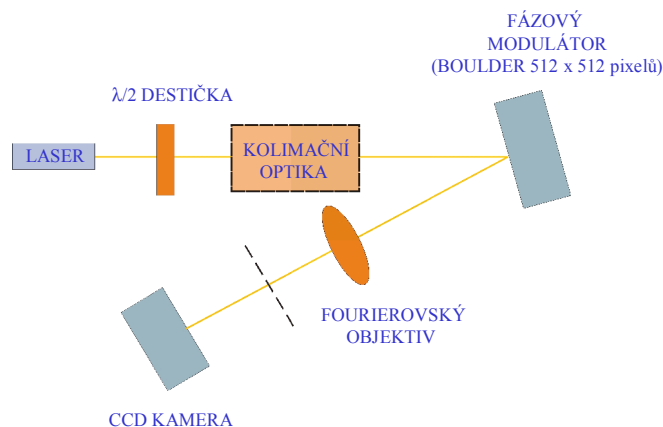
Zachycené objekty bylo možné přemístit změnou fáze jednoho z vytvářejících svazků (viz obr. 2). Jelikož objekty jsou umístěny v kapalině, podléhá jejich chování stochastickým zákonitostem tepelného (Brownova) pohybu. Není tedy možné objekty zachytit v jediné z několika optických pastí a dochází k přeskokům objektů mezi sousedními pastmi (viz obr. 3). Vhodně tvarované optické pasti mohou usměrnit tyto přeskoky tak, že převažují přeskoky jedním směrem. Spolu s interakcí mezi objekty je realizovaná sestava zajímavým modelem pro studium jednodimenzionálního usměrnění chaotického pohybu, který je využíván např. u molekulárních motorů ve svalech apod. Tyto procesy byly kvantitativně studovány a popsány v dokončené odborné publikaci (T. Čizmár, V. Kolářová, Z. Bouchal, P. Zemánek : Sub-micron particle organization by self-imaging of nondiffracting beams, zasláno do New J. Phys.).

Na UP v Olomouci byla provedena kalibrace fázového modulátoru Boulder pomocí interferometru. Teoreticky a experimentálně byla studována energetická účinnost amplitudového modulátoru CRL OPTO a fázového modulátoru Boulder. Výpočetně byla určena účinnost v jednotlivých difrakčních řádech pro amplitudovou a fázovou binární mřížku, kosinovou mřížku, a pro blejzovanou fázovou mřížku. Pro tytéž případy byly difrakční účinnosti určeny experimentálně a byly porovnány s příslušnými teoretickými hodnotami. V prostředí „MATLAB“ byly vytvořeny programy, které umožňují přípravu souborů pro řízení amplitudového a fázového modulátoru. Tyto programy jsou použitelné pro konverzi Gaussovského laserového svazku na nestandardní typy svazků využitelné pro manipulaci mikročastic. Metodika byla experimentálně ověřena při generaci nedifrakčních a vírových svazků. Výsledky experimentu prezentované v obr. 4 dokumentují vysokou kvalitu generovaných svazků. V rámci experimentální činnosti byla hlavní pozornost zaměřena na fázovou modulaci laserového záření, která je energeticky výhodnější než modulace amplitudová. Reflexní fázový modulátor Boulder byl používán v optickém uspořádání znázorněném v obr. 5. Kolimovaný laserový svazek dopadá na prostorový

modulátor tvořený buňkami elektroopticky řízených kapalných krystalů. Ty vytvářejí matici obsahující 512x512 mechanicky separovaných pixelů o velikosti 10 μm. Tato struktura představuje binární amplitudovou mřížku, která způsobuje vznik nežádoucích difrakčních řádů. Fázová mapa, která generuje požadovaný svazek, je vytvořena příslušnými změnami fáze na jednotlivých pixelech modulátoru. V optimálním případě má charakter blejzované fázové mřížky. Nežádoucí difrakční řády pak musí být odstraněny pomocí filtrace Fourierova spektra vytvořeného čočkou. V rámci řešení projektu byl zpracován počítačový program, který umožňuje simulaci jednotlivých kroků fázové modulace světla. Jeho výstup je ilustrován v obr. 6.

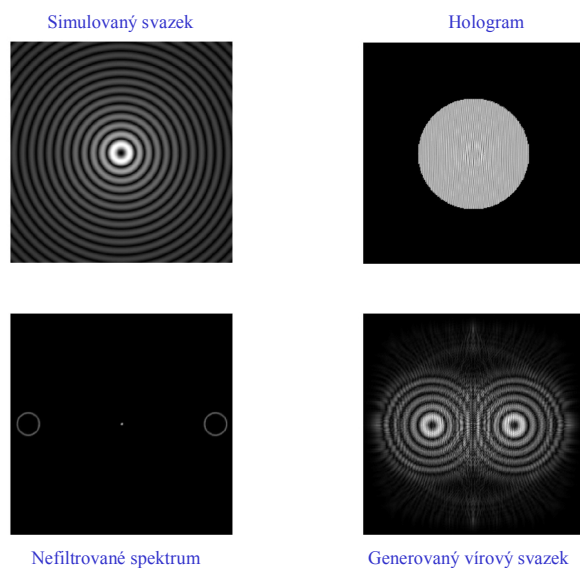


Obr. 4 Intenzitní profily nedifrakčních Besselovských svazků vytvořených pomocí fázového modulátoru Boulder: (a) svazek 0. řádu, (b) svazek 1. řádu, (c) svazek 3. řádu.



Obr. 5 Schéma optického uspořádání, které umožňuje tvarování laserových svazků pomocí reflexního fázového modulátoru.

Dalším z úkolů řešených na UP v Olomouci byl výpočet fázové mapy pro modulátor, která vstupní laserový svazek transformuje tak, že po průchodu daným optickým systémem vytváří požadované prostorového rozdělení intenzity. Jedná se o inverzní úlohu, která byla řešena iterační metodou využívající Gerchberg-Saxtonova algoritmu. Tímto způsobem je možné vytvářet vícenásobné optické pasti požadované struktury. Program zpracovaný v prostředí „MATLAB“ je funkční a byly zahájeny ověřovací experimenty.



Obr. 6 Simulace činnosti fázového modulátoru. Pomocí PC simulace požadovaného svazku je vytvořen fázový hologram, který je odeslán na fázový modulátor. Po jeho ověření Gaussovským laserovým svazkem se v ohniskové rovině čočky vytvoří prostorové spektrum, které zahrnuje 0., +1. a -1. difrakční řád. Získaný svazek je demonstrován pro nefiltrované prostorové spektrum.

ÚPT vytipoval pro potřeby optických manipulací vhodné typy laserových diod a jejich driverů pro teplotní a proudovou stabilizaci. Realizoval dvě unikátní miniaturní laboratorní sestavy optické pinzety, u jedné prokázal její funkčnost a druhá bude předána UP k dokončení. Dále poskytl své know how ohledně justáže optické pinzety a tvarování laserového svazku laserových diod ostatním spoluřešitelům.

Na tyto zkušenosti a výsledky navázala Meopta a provedla několik návrhů optických systémů pro symetrizaci svazku laserové diody a odstranění přítomných aberací. Jednalo se zejména o návrhy anamorfotických hranolových systémů a laserových kolimačních objektivů. Tato problematika byla studována zejména s ohledem na následnou sériovou výrobu, což vzhledem k velkému rozptylu divergence laserových svazků vyžaduje nové justážní postupy. K tomuto byly prováděny teoretické rozborů kvality s využitím optického software Zemax a Oslo. Tento komerčně dostupný software byl programově rozšířen o doplňkové moduly, které zajišťují snadnější inženýrskou aplikaci. Souběžně s tím byly studovány a ověřovány možnosti hodnocení fokusované laserové stopy.

Závěrem lze říci, že projekt bezezbytku plní svůj primární cíl a dochází k účinnému transferu know how mezi spoluřešiteli zaměřeného na následnou výrobu high-tech produktů.

11. Návrh cílů projektu pro rok 2006

V Druhém roku řešení bude hlavní úsilí zaměřeno na splnění etapy 2. - Konstrukce funkčních vzorků. Tato etapa je formálně členěna na tři podetapy.

<i>etapa</i>	<i>činnost</i>	<i>zajištění řešení etap</i>	<i>termín ukončení</i>
2.1	Experimentální ověření počítačové syntézy v laboratorních podmínkách	UP/ Z.Bouchal	31.12.2006
2.2	Výkresová dokumentace mechanické části, návrh metodologie měřicích postupů, ověřování pracovních postupů	ÚPT/ P.Zemánek	31.12.2006
2.3	Výkresová dokumentace optické části	Meopta/ Z.Lošťák	31.12.2006

12. Návrh finančního čerpání pro následující rok

<i>Finanční prostředky plán 2006</i>	<i>UP v Olomouci</i>	<i>ÚPT Brno</i>	<i>Meopta</i>	<i>celkem</i>
Výše celkových nákladů na řešení projektu v roce 2006	1 750	1 550	3 775	7 075
Vlastní zdroje nositele	400	200	2 375	2 975
Jiné zdroje	0	0	0	0
Účelová podpora	1 350	1 350	1 400	4 100
Z toho investice	0	0	0	0

V Přerově dne 9. ledna 2006

Zpracovali: doc. RNDr. Zdeněk Bouchal, Ph.D.
RNDr. Zdeněk Lošťák, řešitel projektu
doc. RNDr. Pavel Zemánek, Ph.D.