

POPIS EÜENÍ PROJEKTU v roce 2009

Název projektu: Centrum moderní optiky
Eviden ní íslo projektu: LC06007

P íjemce-koordinátor: Univerzita Palackého v Olomouci (UPOL)
e-ítel-koordinátor: doc. Mgr. Jaromír Fiurá-ek, Ph.D.

P íjemce: Ústav p ístrojové techniky AV R, v.v.i. (ÚPT)
e-ítel: prof. RNDr. Pavel Zemánek, Ph.D.

Centrum moderní optiky p edstavuje projekt ud lený v rámci programu M^TMT Centra základního výzkumu. Cílem tohoto programu je podpo it spolupráci –pi kových v deckých pracovi– v R a jejich spolupráci se zahrani ními pracovi-ti tak, aby byla zvý-ena jejich konkurenceschopnost v Evropském výzkumném prostoru, a p ísp t k výchov mladých odborník .

I. Pr b h eýení projektu v roce 2009

V rámci Centra moderní optiky je provád n základní teoretický a experimentální výzkum ve t ech sm rech, jeí celosv tov pat í k nejvýznamn j-ím oblastem sou asného výzkumu v optice:

- (i) Kvantová optika, optické kvantové komunikace a kvantové zpracování informace
- (ii) Generace nedifrak ních a vírových optických polí a jejich využití pro manipulaci mikro ástic a p enos informace
- (iii) Vývoj nových pokro ílých interferometrických m ících metod.

e-ení projektu v roce 2009 probíhalo pln v souladu s plánem. Jednotlivé díl í sm ry výzkumu v roce 2009 odpovídaly díl ím cíl m projektu. V rámci e-ení kaídkého díl ího cíle byly uskute n ny v-echny plánované kroky, v duchu cíl projektu byla posilována spolupráce se zahrani ím a probíhala výchova mladých v deckých pracovník , a byly dosaíeny nové v decké výsledky, jeí jsou podrobn ji specifikovány nííle pro kaídký díl í cíl.

V001 Experimentální realizace r zných typ nedifrak ních a vírových polí

Díl ího cíle V001 bylo úsp -n dosaíeno v plánovaném termínu 31.12. 2007.

V002 ízený pohyb a samouspo ádávání mikroobjekt v nedifrak ních a vírových polích

Díl ího cíle V002 bylo úsp -n dosaíeno v plánovaném termínu 31.12. 2008.

V003 Návrh metod a protokol pro kvantové zpracování informace se spojitými prom nnými.

Díl ího cíle V003 bylo úsp -n dosaíeno v plánovaném termínu 31.12. 2008. V pr b hu e-ení tohoto díl ího cíle se ov-em objevily nové perspektivní sm ry dal-ího výzkumu v oblasti kvantového zpracování informace se spojitými kvantovými prom nnými. Proto í v roce 2009 pokračovaly výzkumné aktivity v tomto sm ru v návaznosti na výsledky dosaíené v p edchozích letech.

Byly zkoumány nové postupy pro realizaci r zných kvantových operací a filtr pomocí lineární optiky, ítání foton , postselektce a zp tné vazby. Bylo navrženo a analyzováno optické schéma pro implementaci libovolné jednomódové kvantové operace, která m íle být vyjád ena jako funkce

operátoru po tu foton . Navržené schéma koherentn kombinuje vícenásobné p i tení a ode tení fotonu a je experimentáln realizovatelné se sou asnou technologií. Bylo ukázáno, že dané za ízení umohl uje realizovat p iblížné bez-umové lineární zesílení sv tla nebo emulovat Kerrovskou nelinearitu. Rovn í bylo navrženo alternativní jednoduší schéma pro zesílení a koncentraci fáze koherentních stav , které vyřaduje pouze operaci ode tení fotonu. Bylo zkoumáno, jaké prost edky nad rámec Gaussovských operací a Gaussovských m ení jsou nutné k provedení libovolného kvantového hradla pro multimódové stavy sv tla. Bylo ukázáno, že posta ujícím zdrojem je libovolná mnoflina ístých negaussovských stav s kone nou expanzí ve Fockov bázi. Byla navržena konstrukce nelineárního SIGN hradla, kombinující pouze Gaussovské operace a vhodné pomocné negaussovské stavy.

V004 Realizace nových zdroj pár korelovaných a entanglovaných foton a jejich využití pro experimenty v oblasti kvantové optiky a komunikace.

Díl ího cíle V004 bylo úsp ěn dosaženo v plánovaném termínu 31.12. 2008. Zkonstruované zdroje pár korelovaných a kvantov provázaných foton byly v roce 2009 využity p i e-ení díl ího cíle V005 Nové metody p enosu a zpracování informace využívací kvantové interference foton .

V005 Nové metody p enosu a zpracování informace využívací kvantové interference foton .

Bylo experimentáln realizováno lineárn optické programovatelné kvantové hradlo, které aplikuje operaci SIGN-flip na datovém kvantovém bitu v bázi specifikované stavem dvou-qubitového programového kvantového registru. Implementované optické schéma je založeno na principu kvantové teleportace a využívá vícefotonovou interferenci a koinciden ní detekci trojic foton . Programovatelnost hradla a jeho vysoká fidelita byly ov eny pomocí kompletní tomografie kvantové operace na datovém kvantovém bitu pro n kolik r zných program . Byla také experimentáln demonstrována p íprava kvantov provázaných Knill-Laflamme-Milburn (KLM) stav , které jsou pot ebné pro realizaci kvantového po ítání s lineární optikou. Dvoufotonové ty módové KLM stavy byly generovány pomocí procesu sestupné frekven ní parametrické konverze a lineární optiky. Úsp ěná p íprava stav byla ov ena kompletní tomografickou rekonstrukcí generovaných stav . Bylo kompletn experimentáln charakterizováno elementární nedeterministické lineárn optické kvantové logické hradlo ozna ované v literatu e jako Type-I fusion gate. Jádrem hradla je interference dvou foton na polariza ním d li i svayku a následná detekce jednoho výstupního fotonu. Toto hradlo je pot ebné pro generaci kvantov provázaných multifotonových stav využitelných pro kvantové po ítání pomocí kvantového m ení. Ve spolupráci s teoretickou skupinou na univerzit ě v Postdami byla zapo ata stavba optimální lineárn optické implementace ízeného kvantového fázového hradla (controled-phase gate) s polariza ním kódováním. Experiment je budován pomocí objemových optických prvk .

V nové laborato i kvantové optiky na nové budov P F UP byl po jejím zprovozn ní znovu ovliven kompaktní zdroj pár korelovaných foton erpaných polovodi ovou laserovou diodou. Následn byly zapo aty práce na realizaci elektronické zp tné vazby, díky které by m lo být možné ovlivnit kvantový stav fotonu na základ výsledku p edchozího kvantového m ení na druhém fotonu. Bylo rozhodnuto implementovat tuto techniku pomocí optických vláknových komponent, což umohlí dosáhnout pot ebného asového zpožd ní jednoho fotonu pomocí jeho í ení v dostate n dlouhém vlákn . Byl zprovozn n vláknový Mach-Zehnder v interferometru, byly optimalizovány jeho ztráty a byla vy e-ena aktivní stabilizace interferometru. Poté byla zahájena konstrukce první varianty zp tné vazby, jež by m la být použita ke zvý-ení prvd podobnosti úsp chu ve vláknové implementaci programovatelného fázového hradla a pro vláknovou variantu m ení minimáln naru-ujícího kvantový stav.

V006 Kvantové kopírování a kvantové měření

Byl experimentálně implementován optimální univerzální asymetrický 1->2 kvantový kopírovací přístroj pro kvantové bity kódované do polarizačních stavů jednotlivých fotonů. Toto zařízení realizuje asymetrické kopírování prostřednictvím částečné symetrizace vstupního polarizačního stavu signálního fotonu a jalového fotonu připraveného v maximálně smíšeném stavu. Stupeň symetrizace přitom určuje míru asymetrie kopírovací operace. Bylo ukázáno, že použitá metoda měření středních hodnot fidelit poskytuje v rozhodné výsledky i při nepřesné kalibraci relativních detekčních účinností použitých jednofotonových detektorů. Díky tomu je možno provést spolehlivou a přesnou charakterizaci kvantového kopírovacího přístroje i tehdy, když je obtížné či nemožné dosáhnout přesné kalibrace účinností použitých detektorů.

Byla rovněž studována optimální diskriminace dvou projektivních měření na kvantovém bitu. Byla uvážována situace, kdy lze dané měření provést dvakrát a bylo ukázáno, že adaptivní strategie, kvantová provázanost a dopředná vazba zvyšují pravděpodobnost správného rozpoznání daného měření. Studované diskriminační strategie byly experimentálně demonstrovány pro projektivní měření na polarizačních stavech jednotlivých fotonů. Podobně testovací polarizační stavy dvou fotonů byly generovány prostřednictvím procesu sestupné frekvenční parametrické konverze a pasivní lineární optiky.

Vzhledem k výše uvedeným výsledkům a výsledkům dosaženým v předchozích letech činnosti projektu bylo tohoto dílčího cíle úspěšně dosaženo v plánovaném termínu 31.12.2009.

V007 Studium a rozvoj metod stabilizace femtosekundového syntezátoru optických frekvencí a jeho návaznost na lasery vhodné pro přenos kvantové informace v telekomunikační spektrální oblasti (1550 nm).

V rámci plnění dílčího cíle V007 probíhala realizace experimentální elektroniky pro stabilizaci repetitivní a offsetové frekvence femtosekundového syntezátoru optických frekvencí s návazností na radiofrekvenční normálu. Tento normál generuje pilotní kmitočet, který je odvozen od termostatizovaného krystalového oscilátoru. Frekvence tohoto oscilátoru je zároveň prostřednictvím regulační smyčky vázána na signály z družicové sítě GPS, které v sobě nesou dlouhodobou stabilitu hodin na bázi Cs fontány. Díky použití digitálního zpracování signálů je nyní možné zachytit offsetovou frekvenci syntezátoru v rozsahu 5 až 25 MHz, což dává možnost posunout výstupní harmonické spektrum dle potřeby.

Následovalo porovnání takto stabilizovaného syntezátoru s normálem Nd:YAG, který byl vyvinut v předchozím roce činnosti projektu. Vyhodnocením závažného měření mezi těmito zdroji záření bylo zjištěno, že výsledná stabilita syntezátoru v režimu stabilizace pomocí radiofrekvenčního normálu a v režimu stabilizace pomocí normálu Nd:YAG je srovnatelná.

Dále byla realizována metoda pro generování přesné optické frekvence pomocí stabilního syntezátoru optické frekvence a frekvence nepochybně vázaného laditelného DFB laseru. Na pracovišti ÚPT Brno je nyní k dispozici laditelný DFB laser, jehož absolutní hodnota optické frekvence je odvozena od stabilizovaného femtosekundového syntezátoru. Rozsah nastavení vlnové délky je 1540,4 až 1541,7 nm a pokrývá tak například rozsah spektrálních čar P(11) a P(13) izotopu ¹³C plynu acetylénu, který je využíván pro stabilizaci normálu optické frekvence v telekomunikační oblasti.

Vzhledem k výše uvedeným výsledkům a výsledkům dosaženým v předchozích letech činnosti projektu bylo tohoto dílčího cíle úspěšně dosaženo v plánovaném termínu 31.12.2009.

V008 Zpracování kvantové informace využíající interakce záření s atomy.

Bylo navrženo a analyzováno schéma pro destilaci kvantové provázanosti kolektivních stavů dvou atomových pamětí. Byla uvažována situace, kdy je kvantová provázanost distribuována mezi dvěma prostory separovanými kvantovými pamětmi prostřednictvím kvantově provázaných stavů světla, které následně interagují s atomovými oblaky prostřednictvím kvantově nedemolitivní interakce. Bylo ukázáno, že vhodnou volbou síly nedemolitivní interakce a zpětné vazby a přepínáním mezi interakcemi, kdy nedemolitivní kvadraturou je střední amplitudová respektive fázová kvadratura, lze realizovat Gaussifikaci stavů světla v atomové paměti. Tento protokol umožní asymptoticky zapsat libovolný Gaussovský stav světla do atomových pamětí za předpokladu, že je k dispozici mnoho kopií zapisovaného stavu. Kombinace této techniky s podmíněním na výsledky homodynní detekce na výstupních optických módech pak umožní provést destilaci kvantově provázaných stavů ve dvou delokalizovaných atomových pamětech. Výhodou tohoto protokolu pro přípravu Gaussovských stavů v atomové paměti je to, že nevyžaduje technologicky náročně opakovanou kvantově nedemolitivní interakci mezi daným optickým pulzem a atomovým oblakem.

Rovněž bylo navrženo deterministické schéma pro zápis kvantového stavu světla do oblaku atomů za předpokladu, že interakce mezi světlem a atomy má charakter interference dvou módů s libovolným dle libovolným dle libovolným poměrem. Tento protokol umožní kompenzovat slabou interakci mezi atomy a světlem pomocí preamplifikace vstupního optického signálu, Bellova měření na jalovém módu zesilovače a výstupním světelném módu po interakci s atomy, a následné zpětné vazby. Protokol lze aplikovat i na zápis multimódových kvantově provázaných stavů světla do několika prostorů separovaných pamětí pomocí lokálních operací.

V009 Nové metody přenosu informace využíající prostorové stupňovitosti nedifrakčních a vírových svazků.

V roce 2009 byly studovány nové dekodovací postupy umožňující úplnou charakterizaci prostorových stupňovitosti vírových polí založené na syntéze jednoduchých, snadno proveditelných vzájemně kompatibilních detekcí. Tato metoda je zvláště vhodná pro úplnou tomografii složitých kvantových systémů, kde je možno výrazně zjednodušit detekční část experimentu za předpokladu, že existuje apriorní informace o zkoumaném fyzikálním systému. Jak bylo ověřeno v experimentu, navržená metoda je vhodná pro přesnou charakterizaci a kvantifikaci informace nesené vírovými svazky.

V010 Teoretický návrh a experimentální ověření pokročilých interferometrických metod měření geometrických veličin s využitím stojaté vlny a kvantové optiky.

V této problematice pokračovaly práce na metodě identifikace interferenčního řádu optického rezonátoru. Tato metoda je klíčová k určení absolutní hodnoty indexu lomu vzduchu. Metoda spočívá v detekci mezimódové frekvence (FSR) pomocí externího laditelného laseru. Laditelný DFB laser se naladí sekvenčně na dva krajní zvolené módy měřicího rezonátoru, kde se provede detekce jejich aktuálních absolutních frekvencí. Pro vlastní detekci absolutní hodnoty frekvence jednotlivých módů byl využit femtosekundový hřeben optických frekvencí s novým uspořádáním detekční techniky měření zářivé frekvence, který využívá laditelnou vláknovou měřičku pro odfiltrování přebytečných komponent bílého kontinua, které syntezátor generuje. Ze získaných absolutních hodnot optických frekvencí dvou krajních módů rezonátoru se nejdirectně vypočte rezonanční délka rezonátoru (FSR). Ta se zjistí jako podíl rozdílu optických frekvencí krajních zvolených módů a počet módů rezonátoru, které jsou mezi těmito body. Druhý z uvedených údajů (počet módů) se vypočte ve chvíli, kdy se DFB laser přeladí z jednoho krajního módu na druhý krajní mod. Na základě zjištěného FSR rezonátoru se vypočte aktuální délka rezonátoru. Následně se z tohoto údaje vypočte řád jednoho vybraného krajního módu.

Metoda detekce řádu modu byla koncem roku 2009 úspěšně otestována na optickém rezonátoru, který je určen pro měření indexu lomu vzduchu. V posledním roce běhnutí projektu bude tato metoda využita pro finální realizaci refraktometru. V rámci přípravných prací byla realizována aparatura, která umožní změnit hodnotu indexu lomu pomocí Michelsonova refraktometru a pomocí nepřímého měření na základě Edlénovy formule.

Práce rovněž pokračovaly na modelu laserového interferometru s protiběžnými svazky. Na základě teoretického modelu, který byl během roku 2009 navržen a matematicky otestován, bylo připraveno ke sestavení pilotní sestavy, na které budou probíhat testovací experimenty. Pro tyto účely byl vytvořen i speciální box, který umožní nastavit velmi stabilní teplotu v okolí měřících svazků interferometru. Bude tak možné definovat zvolenou teplotu vzduchu v oblasti experimentu a tím následně ověřit funkčnost celé metody.

V011 Usmírnění stochastického pohybu koloidních částic s využitím prostorově tvarovaných světelných polí.

V roce 2009 jsme se zabývali v teoretické i experimentální rovině problematikou interakce světelných polí s mikročásticemi a nanočásticemi. Jednalo se o chování mikročástic v interferenčních polích, která byla statická nebo pohyblivá a dále o vzájemnou interakci mezi částicemi, která způsobí výraznou modifikaci rozložení pole v chytacím svazku a ovlivní rovnovážné polohy částic.

Zobecnili jsme analytický popis optické interakce mezi dvěma nanočásticemi s ohledem na jejich obecnou prostorovou orientaci vůči sobě, směru a polarizaci dopadající světelné vlny. Ukázali jsme, že jsou-li částice mnohem blíže sobě než je vlnová délka světla, převládá elektrostatická interakce než zářivého pole mezi nanočásticemi, dvojice nanočástic se přitahuje a otáčí tak, že jejich spojnice sleduje směr polarizace dopadající vlny. Jsou-li však nanočástice dále od sebe než je vlnová délka světla, dominuje interakce v dle sledku zářivého pole. V tomto případě lze ukázat, že částice se stočí tak, že jejich spojnice bude ležet ve směru šíření svazku, ale dvojice se v dle sledku radiálního tlaku bude pohybovat ve směru šíření světla. Bude existovat celá řada rovnovážných poloh, které budou odpovídat různým vzdálenostem částic a sousední polohy budou vzdáleny přibližně o polovinu vlnové délky. Část získaných výsledků jsme použili v rukopise pro předloženou publikaci pro Reviews of Modern Physics, který byl přijat k publikaci.

Teoreticky a experimentálně jsme se zabývali chováním více mikročástic vložených do dvou protiběžných nedifracčních svazků. Sledovali jsme změny v chování částic v konfiguracích s paralelní a ortogonální polarizací svazků, tedy v případech, kdy spolu svazky interferovaly a neinterferovaly. Získali jsme analytický popis interakce mezi dvěma nanočásticemi, kdy jejich spojnice byla rovnoběžná s osou šíření svazků. Následující CDM numerická analýza pro rostoucí velikost polystyrénových částic v rozmezí 20 - 400 nm prokázala silnější interakci mezi částicemi, která však dosáhla pouze desetiny síly vyvolané dopadající stojatou vlnou. Tyto závěry potvrdila i analýza pohybu dielektrických mikročástic v realizovaných experimentech. Předložené výsledky jsme prezentovali na mezinárodní konferenci v San Diegu a publikovali v konferenčním sborníku SPIE. Potvrdilo se seskupování mikročástic do osvořovaných shluků o známém počtu objektů, který závisel na velikosti částic.

Dokončili jsme teoretickou studii, která ukazuje jak optimalizovat tvar rotačně symetrického objektu vloženého do stojaté světelné vlny, aby byla maximalizována přitahující optická síla. Uvažovali jsme objekt, jehož rotační osa byla paralelní s osou šíření svazků a byl vytvořen buď z několika do sebe vněšených koulí nebo z válce s periodicky modulovaným poloměrem. Analytické výpočty byly prováděny pro objekt s indexem lomu blízkým indexu lomu okolního prostředí. Využití numerické metody vázaných dipólů umožnilo rozšířit studii i na objekty s vyšším indexem lomu.

Využili jsme experimentální sestavu vybudovanou koncem roku 2008 a sledovali chování částic v interferenčním poli tří souběžných interferujících svazků. Měřili jsme parametry interferenčního

pole a pohyb částic byl srovnán s dobrou shodou s teoretickými modely. Ke konci roku 2009 byl aplikován in situ algoritmus pro eliminaci gaussovské obálky interferujících svazků. Výsledky byly prezentovány na konferenci v San Diegu a konferenčním sborníku. Stejná experimentální sestava vyufflávající prostorový modulátor světla (SLM) byla použita i pro vytváření dvourozměrných pohyblivých interferenčních struktur s proměnlivými parametry. Změna parametru struktury (např. vzdálenost interferenčních proufků) způsobí změnu silového působení na mikročástice a bylo dosaženo selektivního chování a následně dvoudimenzionální selekce mikroobjektů různých velikostí. Na těchto aktivitách se podílel dva měsíce doktorand A. Arzola a týden prof. Karen Volke Sepúlveda z Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.

S využitím metody konečných prvků jsme začali studovat vliv proudění kapaliny na skupinu kulových částic zachycených v optických pastech. Analyzovali jsme dynamiku přeskoku částice mezi optickými pastmi a ukázali, že v případě rychlého snímání pohybu částic lze určit parametry optické pasti. Společně s kolegy z Università di Napoli Federico II, University of St. Andrews a University of Sheffield jsme podali grantovou žádost FP7-ICT-2009-5 "Advanced Photonic Techniques for Efficient Non-invasive Analysis of Cellular State and its Response to External Stimuli at the Single Cell Level"

II. Personální a organizační zabezpečení

Pracovní tým UPOL

vedoucí tým tvoří 5 profesorů, 3 docenti, 5 post-doktorských vědeckých pracovníků s Ph.D. a 8 studentů doktorského studijního programu, z nichž 2 v roce 2009 úspěšně obhájili doktorskou disertační práci a získali titul Ph.D. Z toho celkem 7 pracovníků bylo v roce 2009 přijato na dobu trvání projektu a jejich plat byl plně hrazen z dotace MŠMT. Na trvání projektu se v rámci svých diplomových prací podílejí i studenti magisterského studia. Řízení výzkumu v jednotlivých směrech provádějí J. Fiuránek (kvantové zpracování informace), M. Dušek (experimentální kvantová optika) a Z. Bouchal (singulární optika a bezdifrakční svazky). Tito členové vedoucího týmu spolu s vedoucím katedry optiky Z. Hradilem tvoří kolegium, jež pod vedením vedoucího koordinátora J. Fiuránky dohlíží na průběh trvání projektu.

Pracovní tým ÚPT

vedoucí tým obsahuje jednoho profesora, jednoho docenta, 14 vědeckých pracovníků s Ph.D., z nichž 4 obhájili Ph.D. v roce 2009, a 4 studenty doktorského studijního programu. Z toho 5 pracovníků bylo přijato na dobu trvání projektu a jejich plat je plně hrazen z dotace MŠMT. Za činnost v oblastech optických mikromanipulačních technik je zodpovědný P. Zemánek, za oblast stabilizace laserů J. Lazar a pokročilých interferometrických metod O. Šíp. Společně pod vedením P. Zemánky koordinují svou činnost s vedoucí tým UPOL.

Kontakt a koordinace mezi oběma vedoucími týmy probíhá zejména prostřednictvím e-mailové komunikace a krátkých pracovních pobytů na partnerských pracovištích. Dne 20. listopadu 2009 se v nové budově Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci uskutečnil již čtvrtý pracovní seminář Centra moderní optiky s názvem Kvantová a singulární optika a optická metrologie, na němž doktorandi a mladší vědeckí pracovníci z obou vedoucí týmů prezentovali své aktuální výzkumné aktivity a kde byly diskutovány konkrétní formy spolupráce mezi oběma týmy.

III. Přístrojové vybavení a technické zabezpečení

Pracovní tým UPOL

V roce 2009 byly z prostředků Centra moderní optiky pořízeny zejména optické a mechanické komponenty, mikroskopové objektivy, CCD detektor a měřicí profilu laserového svazku potřebné pro realizaci prováděných a plánovaných experimentů. Dále byly pořízeny licence software Mathematica a MATLAB, který se vyufflává pro analytické výpočty, numerické simulace, řízení experimentu a

zpracování experimentálních dat, a software pro diagnostiku laserových svazků. V rámci stávajícího stavu katedry optiky P F UP do nové budovy p írodovědecké fakulty v únoru a srpnu 2009 bylo zajištěno a uskutečneno kompletní stávajícího stavu optických laboratoří včetně přesunu a instalace optických stolů. Laboratoře byly následně zprovozněny, a významná úsilí bylo věnováno optimalizaci klimatizace a teplotní stability v laboratořích.

Pracovní ÚPT

V roce 2009 byly zakoupeny nezbytné polohovací a justiční elementy pro optické komponenty, elektronika, optické prvky, mikročástice, měřicí výkonu a analytické váhy pro realizaci experimentů probíhajících v roce 2009. Dále byl zakoupen vícejádrový počítač s rozšířenou pamětí RAM pro výpočty vázanými dipóly.

IV. Spolupráce se zahraničními partnery

Aktivní formální i neformální spolupráce se zahraničními partnery tvoří integrální část vdecké činnosti na obou ústeckých pracovištích. Tuto spolupráci lze nejlépe dokumentovat sbírkou společných publikací se zahraničními partnery, viz příložený seznam publikací. Uskutěnila se celá řada pobytů členů ústeckých týmů na zahraničních pracovištích a naopak, proběhla řada pracovních setkání a diskusí se zahraničními partnery během mezinárodních vdeckých konferencí.

Na katedře optiky P F UP v roce 2009 úspěšně pokračovalo vedení projektu 7. Rámcového programu Evropské unie *Computing with Mesoscopic Photonic and Atomic States* (COMPAS), do něj je zapojeno celkem 10 evropských pracovišť. Ve spolupráci se skupinou prof. A. Furusawy na University of Tokio byl připraven návrh společného výzkumného projektu v rámci programu KONTAKT, který byl schválen a jehož vedení bude zahájeno v roce 2010. Ve dnech 22. až 26. srpna se v Olomouci na půdě Univerzity Palackého konaly souběžně dvě významné mezinárodní vdecké konference zaměřené na oblast kvantové optiky a kvantového zpracování informace: *11th International Conference on Squeezed States and Uncertainty Relations* a *4th Feynman Festival*. Na organizaci obou konferencí se významně podíleli členové ústeckého týmu Centra moderní optiky. Pokračovala spolupráce s sbírkou zahraničních partnerských pracovišť, zejména se skupinou prof. N.J. Cerfa na Université Libre de Bruxelles, skupinou prof. R. Schnabela na Albert Einstein Institutu v Hannoveru, skupinou prof. M.S. Kima na Queen's University v Belfastu, skupinou prof. De Martiniho na univerzitě La Sapienza v Římě a skupinou prof. N. Korolkové na univerzitě v St. Andrews. Docent R. Filip absolvoval měsíční pracovní stáž na Dánské technické univerzitě v Lyngby ve skupině prof. U.L. Andersena.

Pracoviště ÚPT pokračuje ve spolupráci s Univerzitou v St. Andrews ve Skotsku (prof. K. Dholakia), s Università di Napoli Federico II a nově s University of Sheffield, která vyústila v grantovou přihlášku projektu FP7-ICT-2009-5 s názvem "Advanced Photonic Techniques for Efficient Non-invasive Analysis of Cellular State and its Response to External Stimuli at the Single Cell Level". ÚPT podal žádost do programu FP7 EU Capacities s názvem "Centre for Applied Physics and Advanced Instrumentation Technology". Pracoviště bude i nadále využívat vhodných možností, jak se zapojit do projektu 7RP EU. ÚPT se účastní aktivit akce COST s názvem Optical Micro-Manipulation by Nonlinear Nanophotonics, která sdružuje téměř 20 evropských pracovišť v Evropě, která se zabývá optickými mikromanipulacemi a nelineární fotonikou. V rámci této akce v termínu 6.-29.4. proběhla Short Term Scientific Mission (STSM) COST-STSM-MP0604-04235 s názvem "Enhanced trapping and manipulation in interferometric traps". Během tohoto pobytu Dr. O. Brzobohatý navštívil laboratoře skupiny prof. K. Dholakii v St. Andrews a vnoval se experimentálnímu studiu chování více částic v interferenčních strukturách v blízkosti povrchu. V termínu 7.12.2009-8.1.2010 laboratoře ÚPT hostily Dr. T. Filimára z University v St. Andrews v rámci STSM COST-MP0604-STSM-5446 s názvem "Novel routes in nanoparticle trapping". Byla sestavena flexibilní počítačem řízená aparatura pro vytváření komplexních protiběžných světelných polí. Část ústeckého týmu se významnou měrou

podílela na přípravě projektu VaVpI s názvem Aplikace a vývojové laboratoře pokročilých mikrotechnologií a nanotechnologií, který je od roku 2010 financován.

Dále bylo podniknuto několik pracovních cest s cílem prohloubení mezinárodní spolupráce. P. Zemánek a O. Brzobohatý se účastnili konference ICO-PHOTONICS-DELPHI 2009 (7-9. 10. 2009), kde byla přednesena přednáška a byly diskutovány možnosti další spolupráce s Universitou v St. Andrews. J. Trojek, P. Jákl a V. Karásek přednesli na výroční konferenci SPIE Optics + Photonics 2009 (1.-5.8.2009, San Diego) tři ústní příspěvky a M. Týler a A. Jonáš na konferenci OSA Optics and Photonics Congress 2009 (26.-30. 4. 2009, Vancouver) dva ústní příspěvky. Na pozvání Dr. Niessnera z Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (EBV Wien, Rakousko) navštívili O. Týp, M. Šípek a J. Lazar pracovnít této instituce ve Vídni, kde proběhly rozhovory o případné spolupráci v oblasti laserové interferometrie a normální frekvence a času na bázi femtosekundových laser. Tým pracovnít ÚPT na pozvání organizátor také navštívil ve dnech 14.9.-16.9.2009 konferenci Fringe 2009 v německém Stuttgartu, kterou pořádá Institut für Technische Optik. Na této konferenci bylo uskutečнено několik setkání s předními odborníky z oblasti přesného měření vzdáleností, především PTB Braunschweig a TU Ilmenau, SRN. Byly zde předneseny dvě přednášky na téma přesného měření vzdáleností a prezentovány dva posterové příspěvky. Meziitelský tým také navštívil konferenci SPIE Optical Metrology 2009 v Mnichov, SRN, ve dnech 14.6.-18.6.2009. Na této konferenci formou dvou poster byly prezentovány příspěvky z oblasti detekce absolutních optických frekvencí pomocí femtosekundového syntezátoru. Zde proběhla diskuse s pracovníky z PTB Braunschweig, kteří se podobnou problematikou zabývají. V dnech 25.10. - 28.10. 2009 také meziitelský tým navštívil konferenci 15th Microoptics Conference, která proběhla v Tokiu, Japonsko. Formou poster zde byly prezentovány výsledky z oblasti laserové spektroskopie a nanometrologie, která je dělána v rámci Centra. Dva pracovníci meziitelského týmu také navštívili tradiční konferenci Africon 2009, která proběhla v Nairobi, Keňa, ve dnech 23.9.-25.9.2009. B. Mikel byl v rámci této konference jmenován předsedou sekce Lasers and Electro-Optic Systems 1 a přednesl příspěvek z oblasti konstrukce laserových zdrojů na vlnové délce 760 nm. Druhá přednáška se týkala využití bílého světla pro detekci vyváženosti ramen interferometru.

V. Zpřístupnění výsledků a výstup

Výsledky výzkumu byly zpřístupněny odborné komunitě zejména formou publikací v prestižních mezinárodních impaktovaných odborných časopisech. O těchto výsledcích bylo referováno na předních konferencích a workshop formou přednášek i poster. Každý výsledek byl zpřístupněn široké veřejné komunitě pomocí e-printového serveru arXiv.org. O výsledcích v domácí prostředí byla rovněž informována široká veřejnost formou populárních přednášek a prezentací v rámci Olomouckého fyzikálního kaleidoskopu a Jarmarku přírodních věd.

ÚPT se účastnil dne 19.9.2009 akce Festival vědy, v rámci které J. Lazar předložil návrh měření formou experimentu vlnovou podobu světla, jeho interferenci, rozptyl a unikátní vlastnosti laserového záření. V rámci akce Týden vědy po řádné AV ČR se v ÚPT uskutečnily již tradiční Dny otevřených dveří (5.-6. 11, 2009), během kterých laboratoře ÚPT navštívilo 680 návštěvníků. V rámci této akce proběhla na Hvězdárně a planetáriu Mikuláše Koperníka v Brně popularizační přednáška P. Zemánka šTransportní světelné paprsky ... a co víc?ě. Ve dnech 14.9.-18.9. 2009 pracovnít ÚPT prezentovaly výsledky výzkumu ve své expozici na 51. Mezinárodním strojírenském veletrhu v Brně.

VI. Seznam publikací, přednášek a popularizačních aktivit Centra moderní optiky za rok 2009

časopisecké publikace

1. J. Čecháček, Z. Hradil, Z. Bouchal, R. Elechovský, I. Rigas, and L. L. Sánchez-Soto, *Full Tomography from Compatible Measurements*, Phys. Rev. Lett. **103**, 250402 (2009).
2. A. Ernoch, J. Soubusta, L. Elechovská, M. Dušek, and J. Fiuráček, *Experimental demonstration of optimal universal asymmetric quantum cloning of polarization states of single photons by partial symmetrization*, Phys. Rev. A **80**, 062306 (2009).
3. J. Fiuráček, *Engineering quantum operations on traveling light beams by multiple photon addition and subtraction*, Phys. Rev. A **80**, 053822 (2009).
4. E. Nagali, F. Sciarrino, F. De Martini, M. Gavenda, and R. Filip, *Entanglement Concentration After a Multi-Interactions Channel*, Adv. Sci. Lett. **2**, 4486454 (2009).
5. J. Fiuráček and M. Mišuda, *Optimal two-copy discrimination of quantum measurements*, Phys. Rev. A **80**, 042312 (2009).
6. L. Mišta, Jr. and N. Korolkova, *Improving continuous-variable entanglement distribution by separable states*, Phys. Rev. A **80**, 032310 (2009).
7. R. Filip, *Quantum interface to a noisy system through a single kind of arbitrary Gaussian coupling with limited interaction strength*, Phys. Rev. A **80**, 022304 (2009).
8. P. Marek and J. Fiuráček, *Resources for universal quantum-state manipulation and engineering*, Phys. Rev. A **79**, 062321 (2009).
9. F. Sciarrino, E. Nagali, F. De Martini, M. Gavenda, and R. Filip, *Entanglement localization after coupling to an incoherent noisy system*, Phys. Rev. A **79**, 060304 (2009).
10. L. Slodička, M. Jeflek, and J. Fiuráček, *Experimental demonstration of a teleportation-based programmable quantum gate*, Phys. Rev. A **79**, 050304(R) (2009).
11. P. Marek, M.S. Kim, and J. Lee, *Nonclassicality in phase space and nonclassical correlation*, Phys. Rev. A **79**, 052315 (2009).
12. K. Lemr and J. Fiuráček, *Conditional preparation of arbitrary superpositions of atomic Dicke states*, Phys. Rev. A **79**, 043808 (2009).
13. J. DiGuglielmo, C. Messenger, J. Fiuráček, B. Hage, A. Sambrowski, T. Schmidt, and R. Schnabel, *Markov chain Monte Carlo estimation of quantum states*, Phys. Rev. A **79**, 032114 (2009).
14. J. Niset, J. Fiuráček, and N.J. Cerf, *No-Go Theorem for Gaussian Quantum Error Correction*, Phys. Rev. Lett. **102**, 120501 (2009).

15. A. Černoš, J. Soubusta, L. Bartáková, M. Dušek, and J. Fiuráek, *Experimental implementation of partial symmetrization and anti-symmetrization of two-qubit states*, New J. Phys. **11**, 023005 (2009).
16. J. Fiuráek, *Three-qubit quantum gates and filters for linear optical quantum-information processing*, Phys. Rev. A **79**, 012330 (2009).
17. V. Kollárová, T. Medík, R. Čelechovský, V. Chlup, Z. Bouchal, A. Pochylý, M. Kalman, and T. Kubina, *Optically adjustable light filaments generated by a compact laser convertor*, Opt. Express **17**, 494-508 (2009).
18. J. Trojek, V. Karásek, P. Zemánek, *Extreme axial optical force in a standing wave achieved by optimized object shape*. Optics Express **17**, 10472-10488 (2009)
19. V. Karásek, O. Brzobohatý, P. Zemánek, *Longitudinal optical binding of several spherical particles studied by the coupled dipole method*. Journal of Optics A-Pure and Applied Optics **11**, 034009:1-9 (2009)
20. J. Lazar, P. Klapetek, O. Číp, M. Jílek, M. Třetí, *Local probe microscopy with interferometric monitoring of the stage nanopositioning*. Measurement Science and Technology **20**, 084007: 1-6 (2009)
21. J. Lazar, J. Hrabina, P. Jedlička, O. Číp, *Absolute frequency shifts of iodine cells for laser stabilization*. Metrologia **46**, 450-456 (2009)
22. J. Lazar, O. Číp, M. Jílek, M. Třetí, *Interferometric Displacement Measurement for Local Probe Microscopy*. TM-Technisches Messen **76**, 253-258 (2009)

Konference

I. Přednášky

1. J. Fiuráek, *Three-qubit quantum gates and filters for linear optical quantum information processing*, SPIE Europe Optics and Optoelectronics, Prague, Czech Republic, 20.4.-23.4. 2009.
2. J. Fiuráek, *Linear optical Fredkin gate based on partial-SWAP gate*, 16th Central European Workshop on Quantum Optics, Turku, Finland, 23.5.-27.5. 2009.
3. J. Fiuráek, M. Mišuda, L. Slodička, M. Jílek, and M. Dušek, *Experimental realization of programmable quantum gates*, 18th International Laser Physics Workshop, Barcelona, Spain, 13.7.-17.7. 2009.
4. J. Fiuráek, *Multiqubit quantum gates for linear-optics quantum information processing*, 9th Asian Conference on Quantum Information Science, NUPT, Nanjing, China, 26.8.-29.8. 2009.
5. J. Fiuráek, *Engineering non-Gaussian quantum states and operations for travelling light beams*, QIPC International Conference on Quantum Information Processing and Communication, Roma, Italy, 21.9-25.9 2009.
6. M. Dušek, A. Černoš, L. Bartáková, J. Soubusta, J. Fiuráek, *Linear-optical quantum information processing -- a few experiments*, Central European Workshop on quantum optics (CEWQO), Turku, Finsko, 23.5.-27.5. 2009.

7. M. Dušek, A. Černoš, L. Bartáková, J. Soubusta, J. Fiuránek, *Linear-optical quantum information processing -- a few experiments*, Central European Quantum Information Processing Workshop (CEQIP), Jindřichův Hradec, ČR, 1.6.-4.6. 2009.
8. M. Dušek, A. Černoš, L. Bartáková, J. Soubusta, J. Fiuránek, *Linear-optical quantum information processing -- a few experiments*, Asian Conference on Quantum Information Sciences, Nanjing, Čína, 26.-29. srpna 2009.
9. R. Filip, *Quantum interface to hardly controllable noisy system*, Central European Workshop on quantum optics (CEWQO), Turku, Finsko, 23.5.-27.5. 2009.
10. R. Filip, *Continuous-variable quantum interface to hardly controllable noisy system*, 18th International Laser Physics Workshop, Barcelona, Spain, 13.7.-17.7. 2009.
11. R. Filip, *Entanglement localization after incoherent coupling to surrounding system*, International Conference on Quantum Communication and Quantum Networking (From Satellite to Nanoscale), Vico Equense, Italy, 26.10.-30.10. 2009.
12. R. Filip, *Gaussian Quantum Interfaces to Noisy Systems*, International Conference on Quantum Communication and Quantum Networking (From Satellite to Nanoscale), Vico Equense, Italy, 26.10.-30.10. 2009.
13. P. Marek, H. Jeong, and M. S. Kim, *Generation of squeezed superposed coherent states by photon addition and subtraction*, 16th Central European Workshop on Quantum Optics, Turku, Finland, 23.5.-27.5. 2009.
14. M. Gavenda, F. Sciarrino, E. Nagali, F. De Martini, a R. Filip, *Measurement-induced entanglement localization on a three-photon system*, Canadian Quantum Information Student Conference, Toronto, Kanada, 22.8.-23.8. 2009.
15. O. Brzobohatý, V. Karásek, P. Zemánek, T. Čiřmár, V. Garcés-Chávez, K. Dholakia: *Optically bound chain of microparticles*, OSA Optics and Photonics Congress 2009, Vancouver, Kanada, 26.-30. 4. 2009.
16. M. Čiřmár, T. Čiřmár, P. Zemánek, *Transport of multi-particle clusters by motional standing wave optical traps*, OSA Optics and Photonics Congress 2009, Vancouver, Kanada, 26.4.-30. 4. 2009.
17. P. Jákl, P. Zemánek, *Particle dynamics in optical lattices*, SPIE Optics + Photonics 2009, Optical Trapping and Optical Micromanipulation /6./, San Diego, USA, 2.8.-6. 8. 2009.
18. J. Trojek, V. Karásek, P. Zemánek, *Optimization of an object shape to achieve extremal axial optical force in a standing wave*. SPIE Optics + Photonics 2009, Optical Trapping and Optical Micromanipulation /6./, San Diego, USA, 2.8.-6. 8. 2009.
19. V. Karásek, J. Trojek, O. Brzobohatý, P. Zemánek: *Particles collective effects in counter-propagating Bessel beams*, SPIE Optics + Photonics 2009, San Diego, USA, 1.8.-5.8.2009.
20. O. Brzobohatý, J. Trojek, P. Jákl, M. Čiřmár, V. Karásek, P. Zemánek, A. Arzola, K. Volke-Sepúlveda, T. Čiřmár, and K. Dholakia: *Particles self-organization with and without optical lattices*, ICO-PHOTONICS-DELPHI2009 7.10.-9.10. 2009.
21. Z. Buchta, P. Jedlička, M. Matějka, V. Kolařík, B. Mikel, J. Lazar, O. Číp, *White-light interference fringe detection using color CCD camera*. Africon 2009, Nairobi, Kenya, 23.09.-25.09.2009.

22. O. Číp, R. Třída, B. Mikel, M. Jílek, B. Růžka, J. Lazar, *The femtosecond optical synthesizer as a tool for determination of the refractive index of air in ultra-precise measurement of lengths*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology, Nürtinger, SNR, 13.09.-16.09. 2009.
23. J. Lazar, P. Klapetek, O. Číp, M. Jílek, J. Hrabina, M. Třída, *Metrological SPM with positioning controlled by green light interferometry*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology, Nürtinger, SNR, 13.09.-16.09. 2009
24. B. Mikel, Z. Buchta, J. Lazar, O. Číp, *Laser sources at 760 nm wavelength for metrology of length*. Africon 2009, Nairobi, Kenya, 23.09.-25.09. 2009.

II. Postery

1. L. Elechovská, M. Gavenda, R. Filip, M. Dušek, *Experimental realization of post-selection reduction of noise*, 16th Central European Workshop on Quantum Optics (CEWQO), Turku, Finsko, 23.5.-27.5. 2009.
2. M. Mišuda, M. Jílek, M. Dušek, J. Fiuráček, *Experimental realization of a programmable quantum gate*, 16th Central European Workshop on Quantum Optics (CEWQO), Turku, Finsko, 23.5.-27.5. 2009.
3. A. Černoš, J. Soubusta, L. Elechovská, M. Dušek, J. Fiuráček, *Universal linear optical quantum device: Experimental implementation*, 11th International Conference on Squeezed States and Uncertainty Relations (ICSSUR) and 4th Feynman Festival, Olomouc, ČR, 22.6.-26.6. 2009.
4. P. Marek, R. Filip, J. Fiuráček, H. Jeong, J. Lee, *Continuous variable quantum information with light*, 11th International Conference on Squeezed States and Uncertainty Relations, Olomouc, Czech Republic, 22.6.-26.6. 2009.
5. P. Marek, R. Filip, J. Fiuráček, H. Jeong, J. Lee, *Continuous variable quantum information with light*, FET 2009: Science beyond fiction, Prague, Czech Republic, 21.4.-23.4. 2009.
6. P. Marek, R. Filip, *Coherent-state phase concentration by quantum probabilistic amplification*, QIPC 2009 International Conference on Quantum Information Processing and Communication, Rome, Italy, 21.9.-25.9. 2009.
7. M. Mišuda, M. Jílek, M. Dušek, J. Fiuráček, *Experimental realization of a programmable quantum gate*, 11th International Conference on Squeezed States and Uncertainty Relations (ICSSUR), Olomouc, ČR, 22.6.-26.6. 2009.
8. L. Mišuta, Jr. and N. Korolkova, *Improving continuous-variable entanglement distribution by separable states*, 16th Central European Workshop on Quantum Optics (CEWQO), Turku, Finsko, 23.5.-27.5. 2009.
9. M. Gavenda a R. Filip, *Adaptation of noisy quantum channels*, 16th Central European Workshop on Quantum Optics (CEWQO), Turku, Finsko, 23.5.-27.5. 2009.
10. M. Gavenda, L. Bartošková, M. Dušek a R. Filip *How do distinguishable particles destroy coherence of qubit*, 2nd Vienna Symposium Vídeň, Rakousko, 10.6.-14.6. 2009.

11. M. Gavenda, F. Sciarrino, E. Nagali, F. De Martini, a R. Filip, *Measurement-induced entanglement localization on a three-photon system*, CQCQC Toronto, Kanada, 24.8-27.8. 2009.
12. M. Gavenda, F. Sciarrino, E. Nagali, F. De Martini, a R. Filip, *Measurement-induced entanglement localization on a three-photon system*, QIPC 2009 International Conference on Quantum Information Processing and Communication, Roma, Italy, 21.9-25.9.
13. Z. Buchta, P. Jedli ka, M. Mat jka, V. Kola ík, B. Mikel, J. Lazar, O. íp, *White-light fringe analysis with low-cost CCD camera*. Fringe 2009, - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology, Nürtinger, SNR, 13.09.2009-16.09.2009
14. M. íflek, R. Tmíd, J. Hrabina, J. Lazar, O. íp, *Interferometric Nanoscale Comparator*. MOC'09 - 15th Microoptics Konference, Tokyo, Japan, 25.10.2009-28.10.2009
15. M. íflek, Z. Buchta, B. Mikel, J. Lazar, O. íp, *Novel instrumentation for interferometric nanoscale comparator*. Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VI., Munich, SRN, 14.06.2009-18.06.2009
16. J. Lazar, P. Klapetek, O. íp, M. íflek, J. Hrabina, M. Těry, *Green Light Interferometry for Metrological SPM Positioning*. MOC'09 - 15th Microoptics Konference, Tokyo, Japan, 25.10.2009-28.10.2009
17. B. Mikel, M. íflek, Z. Buchta, J. Lazar, O. íp, *Multiwavelength laser interferometry*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology, Nürtinger, SNR, 13.09.2009-16.09.2009
18. R. Tmíd, O. íp, J. Lazar, *Methods of Conversion of Stability of Femtosecond Stabilized Mode-locked Laser to Optical Resonator*. EFTF - IFCS 2009 - European Frequency and Time Forum /23./ and International Frequency Control Symposium /63./, Besancon, France, 20.03.2009-24.03.2009
19. R. Tmíd, O. íp, J. Lazar, J. Jeflek, B. R fli ka, *Precise measurement of the length by means of DFB diode and femtosecond laser*. Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VI., Munich, SRN, 14.06.2009-18.06.2009
20. R. Tmíd, O. íp, J. Lazar, M. íflek, J. Hrabina, *Ultra-Narrow Band Selection of Femtosecond Laser Comb to Precision Measurement of Length Stability*. MOC'09 - 15th Microoptics Konference, Tokyo, Japan, 25.10.2009-28.10.2009

III. P ísp vky v konferen ních sbornících

1. A. ernoch, J. Soubusta, M. Du-ek, and J. Fiurá-ek, *Universal Linear-Optical Quantum Device: Experimental Implementation*, Journal of Russian Laser Research **30**, 533-539 (2009).
2. P. Jákl, P. Zemánek, *Particle dynamics in optical lattices*, In Optical Trapping and Optical Micromanipulation VI. (Proceedings of SPIE Vol. 7400). Bellingham : SPIE, 2009. 74000K: 1-11. ISBN 978-0-8194-7690-6. ISSN 0277-786X. [Optical Trapping and Optical Micromanipulation /6./, San Diego, 02.08.2009-06.08.2009, US].
3. P. Zemánek, O. Brzobohatý, V. Karásek, J. Trojek, *Particles collective effects in counter-propagating Bessel beams*. In Optical Trapping and Optical Micromanipulation VI. (Proceedings

- of SPIE Vol. 7400). Bellingham : SPIE, 2009. 74001K: 1-10. ISBN 978-0-8194-7690-6. ISSN 0277-786X. [Optical Trapping and Optical Micromanipulation /6./, San Diego, 02.08.2009-06.08.2009, US].
4. J. Trojek, V. Karásek, P. Zemánek, *Optimization of an object shape to achieve extremal axial optical force in a standing wave*. In Optical Trapping and Optical Micromanipulation VI. (Proceedings of SPIE Vol. 7400). Bellingham : SPIE, 2009. 74000L: 1-11. ISBN 978-0-8194-7690-6. ISSN 0277-786X. [Optical Trapping and Optical Micromanipulation /6./, San Diego, 02.08.2009-06.08.2009, US].
 5. O. Brzobohatý, J. Trojek, P. Ják, M. Třel, V. Karásek, P. Zemánek, A. Arzola, K. Volke-Sepúlveda, T. íflmár, and K. Dholakia: *Particles self-organization with and without optical lattices*, p ísp vek OTuC4 ve sborníku konference OSA Optics and Photonics Congress 2009, 26.-30. 4. 2009, Vancouver
 6. M. Třel, T. íflmár, P. Zemánek, *Transport of multi-particle clusters by motional standing wave optical traps*, p ísp vek OTuA4 ve sborníku konference OSA Optics and Photonics Congress 2009, 26.-30. 4. 2009, Vancouver
 7. Z. Buchta, P. Jedli ka, M. Mat jka, V. Kola ík, B. Mikel, J. Lazar, O. íp, *White-light fringe analysis with low-cost CCD camera*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology. Heidelberg : Springer, 2009. S. 149-152. ISBN 978-3-642-03050-5.[Fringe 2009 - International Workshop on Advanced Optical Metrology /6./, Nürtinger (DE), 13.09.2009-16.09.2009]
 8. Z. Buchta, P. Jedli ka, M. Mat jka, V. Kola ík, B. Mikel, J. Lazar, O. íp, *White-light interference fringe detection using color CCD camera*. Africon 2009. Los Alamitos : IEEE, 2009. 5308093: 1-5. ISBN 978-1-4244-3919-5. [Africon 2009. Nairobi (KE), 23.09.2009-25.09.2009]
 9. O. íp, R. Tříd, B. Mikel, M. íflek, B. R fli ka, J. Lazar, *The femtosecond optical synthesizer as a tool for determination of the refractive index of air in ultra-precise measurement of lengths*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology. Heidelberg : Springer, 2009. S. 269-274. ISBN 978-3-642-03050-5.[Fringe 2009 - International Workshop on Advanced Optical Metrology /6./, Nürtinger (DE), 13.09.2009-16.09.2009]
 10. M. íflek, R. Tříd, J. Hrabina, J. Lazar, O. íp, *Interferometric Nanoscale Comparator*. MOC'09 - 15th Microoptics Conference. Tokyo : Microoptics Group (OSJ/JSAP), 2009. S. 218-219. ISBN 978-4-86348-037-7. [MOC'09 - Microoptics Conference /15./, Tokyo (JP), 25.10.2009-28.10.2009]
 11. M. íflek, Z. Buchta, B. Mikel, J. Lazar, O. íp, *Novel instrumentation for interferometric nanoscale comparator*. Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VI. (Proceedings of SPIE Vol. 7389). Bellingham : SPIE, 2009. 73982Y: 1-7. ISBN 978-0-8194-7672-2. ISSN 0277-786X. [Optical Measurement Systems for Industrial Inspection /6./, Munich (DE), 14.06.2009-18.06.2009]
 12. J. Lazar, P. Klapetek, O. íp, M. íflek, J. Hrabina, M. Třerý, *Green Light Interferometry for Metrological SPM Positioning*. MOC'09 - 15th Microoptics Conference. Tokyo : Microoptics Group (OSJ/JSAP), 2009. S. 232-233. ISBN 978-4-86348-037-7. [MOC'09 - Microoptics Conference /15./, Tokyo (JP), 25.10.2009-28.10.2009]
 13. J. Lazar, P. Klapetek, O. íp, M. íflek, J. Hrabina, M. Třerý, *Metrological SPM with positioning controlled by green light interferometry*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology. Heidelberg : Springer, 2009. S. 405-410. ISBN 978-3-642-03050-5. [Fringe

2009 - International Workshop on Advanced Optical Metrology /6./, Nürtinger (DE), 13.09.2009-16.09.2009]

14. B. Mikel, Z. Buchta, J. Lazar, O. íp, *Laser sources at 760 nm wavelength for metrology of length*. Africon 2009. Los Alamitos : IEEE, 2009. 5308091: 1-6. ISBN 978-1-4244-3919-5. [Africon 2009. Nairobi (KE), 23.09.2009-25.09.2009]
15. B. Mikel, M. íflek, Z. Buchta, J. Lazar, O. íp, *Multiwavelength laser interferometry*. Fringe 2009 - 6th International Workshop on Advanced Optical Metrology. Heidelberg : Springer, 2009. S. 505-508. ISBN 978-3-642-03050-5. [Fringe 2009 - International Workshop on Advanced Optical Metrology /6./, Nürtinger (DE), 13.09.2009-16.09.2009]
16. R. ěmíd, O. íp, J. Lazar, *Methods of Conversion of Stability of Femtosecond Stabilized Mode-locked Laser to Optical Resonator*. EFTF - IFCS 2009. Los Alamitos : IEEE, 2009. S. 742-746. ISBN 978-1-4244-3510-4. ISSN 1075-6787. [European Frequency and Time Forum /23./ and International Frequency Control Symposium /63./, Besancon (FR), 20.03.2009-24]
17. R. ěmíd, O. íp, J. Lazar, J. Jeflek, B. R fli ka, *Precise measurement of the length by means of DFB diode and femtosecond laser*. Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VI. (Proceedings of SPIE Vol. 7389). Bellingham : SPIE, 2009. 739833: 1-7. ISBN 978-0-8194-7672-2. ISSN 0277-786X. [Optical Measurement Systems for Industrial Inspection /6./, Munich (DE), 14.06.2009-18.06.2009]
18. R. ěmíd, O. íp, J. Lazar, M. íflek, J. Hrabina, *Ultra-Narrow Band Selection of Femtosecond Laser Comb to Precision Measurement of Length Stability*. MOC'09 - 15th Microoptics Conference. Tokyo : Microoptics Group (OSJ/JSAP), 2009. S. 220-221. ISBN 978-4-86348-037-7. [MOC'09 - Microoptics Conference /15./, Tokyo (JP), 25.10.2009-28.10.2009]

Nekonferen ní p edná-ková innost

1. A. Joná-: *Pokro ílé techniky optických mikromanipulací a jejich aplikace*, Seminá Fyzikálního ústavu MFF UK, Praha, 1.12. 2009
2. P. Zemánek: *Transportní sv telné paprsky ... a co víc?* populariza ní p edná-ka na Hv zdárn a planetáriu Mikulá-e Koperníka v Brn , 3. 11. 2009.