



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Název projektu: Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost

Registrační číslo: CZ.1.07/2.3.00/20.0060

Zpráva z účasti na stáži

Datum konání stáže:	26.6.2011 – 2.7.2011
Navštívené pracoviště:	INOA-LENS, Florencie, Itálie
Zahraniční garant:	prof. Marco Bellini
Účastník stáže:	doc. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Evropská laboratoř pro nelineární spektroskopii (LENS) vznikla jako přední evropské výzkumné centrum, které poskytuje moderní laserová a spektroskopická zařízení pro vědecké pracovníky z evropských zemí a podporuje a usnadňuje výměnu vědeckých poznatků a technologií. Vedoucí výzkumní pracovníci jsou tvořeni profesory z univerzity ve Florencii a dalších významných vysokých škol. V současné době se laboratoř skládá z cca 25 vedoucích vědeckých pracovníků, 35 doktorandů a postdoců a 8 administrativních a technických spolupracovníků. Oblasti výzkumu v LENS pokrývají široké spektrum témat od atomové fyziky po fotochemii, biofyziku a fotoniku.

Skupina profesora Marca Belliniho působící na LENS se dlouhodobě věnuje problematice experimentální kvantové optiky a optickému kvantovému zpracování informace. Pozornost týmu se zaměřuje na využití ultrakrátkých pikosekundových a femtosekundových laserových pulzů k čerpání nelineárních optických procesů a využití operací adice a subtrakce fotonů ke generaci silně neklasických stavů světla. V této oblasti představuje skupina abosolutní světovou špičku, jako první se jí podařilo úspěšně současně zvládnout a zkombinovat obě výše zmíněné experimentální techniky. Pro účely charakterizace generovaných kvantových stavů tým disponuje technikou časově rozlišené homodynní detekce s ultrakrátkými pulzy. Kromě profesora Belliniho v týmu dále působí Dr. Alessandro Zavatta (senior post-doc), Katiúscia Cassemiro (post-doc) a Constantina Polycarpou (Ph.D. studentka).

Průběh stáže

V průběhu stáže jsme s profesorem Bellinim a jeho kolegy zejména studovali možnosti využití operací subtrakce a adice jednotlivých fotonů pro kvantové zpracování informace. Jedná se o unikátní experimentální techniky, jimiž skupina profesora Belliniho disponuje. Operace subtrakce fotonu je realizována pomocí odštěpení části optického svazku na

nevyváženém děliči a následné detekce odraženého fotonu pomocí jednofotonového detektoru. Adice fotonu je pak uskutečněna pomocí nelineárního optického procesu sestupné frekvenční parametrické konverze v krystalu BBO. Detekce fotonu v jalovém výstupním módu indikuje přidání fotonu do signálního módu. Díky extrémně nízkému parametrickému zisku procesu je pravděpodobnost přidání dvou či více fotonů zanedbatelná a je tak dosaženo vysoké kvality této operace.

Ve vědeckých diskusích jsme se zaměřili na implementaci bezšumových kvantových zesilovačů světla a emulaci Kerrovské nelinearity. Bezšumový zesilovač světla představuje speciální kvantový filtr, který dokáže podmíněně zesílit amplitudu koherentního stavu světla, aniž by navýšil kvantový šum. V rámci stáže jsem s profesorem Bellinim a jeho kolegy detailně diskutoval experimentální realizaci bezšumového zesilovače s laditelným ziskem pomocí koherentní kombinace dvou sekvencí operací adice a subtrakce fotonu. Potřebnou koherentní kombinaci je možné získat s využitím interferometrického uspořádání. Za účelem zvýšení stability je interferometr realizován v polarizačním stupni volnosti. Při prohlídce laboratoří jsem se detailně seznámil s aktuální experimentální konfigurací. Pilotní experimenty potvrzují, že schéma je plně funkční. Jediným drobným nedostatkem je určitý fázový posuv, který pravděpodobně vzniká při odrazech na zrcátkách. Doposud obdržené výsledky, které jsme analyzovali, však ukazují, že tento posuv nemá zásadní vliv na kvalitu bezšumového zesilovače.

Jednoduchou změnou parametrů experimentu je možné místo bezšumového zesílení emulovat Kerrovskou nelinearitu, tedy index lomu závislý na počtu fotonů v módu pole. Pro běžné optické materiály je přitom tento významný nelineární jev natolik slabý, že na úrovni jednotlivých fotonů je zcela nepozorovatelný. Nejjednodušší experimentální konfigurace využívající jedné adice a jedné subtrakce fotonu umožňuje emulovat libovolně silný Kerrův jev pro stavy, které obsahují nejvýše dva fotony. I tato omezená emulace je ovšem postačující pro realizaci pokročilých kvantových logických hradel nebo pro přípravu silně neklasických stavů světla. V průběhu stáže byla diskutována zejména otázka charakterizace emulované Kerrovské nelinearity pomocí testovacích koherentních stavů a homodynní detekce.

V rámci prohlídky laboratoří jsem se rovněž seznámil s další experimentální aktivitou skupiny profesora Belliniho, jež spočívá v přípravě jednofotonových stavů s libovolným časovým profilem pulzu. Toho je dosaženo pomocí tvarování časového průběhu femtosekundového čerpacího pulzu pro sestupnou frekvenční konverzi. Kromě toho je v experimentu využito i tvarování časového průběhu lokálního oscilátoru, což umožňuje provést homodynní detekci na módu s libovolným zvoleným časovým průběhem a provést tak detailní charakterizaci generovaných jednofotonových stavů. K tvarování průběhu pulzů slouží disperzní optické elementy a fázové prostorové modulátory. S kolegy profesora Belliniho jsem dále krátce hovořil o možnosti realizace analogií kvantově optických experimentů s využitím ultrachladných atomů alkalických kovů v optických mřížkách.

Přednášky na navštíveném pracovišti

J. Fiurášek: *Improving entanglement concentration of Gaussian states by local displacements*

Tuto přednášku jsem přednesl na neformálním vědeckém semináři zorganizovaném v průběhu mé stáže na LENS. Na hodinovou přednášku navázala rozsáhlá diskuse s přítomnými posluchači, z níž vyplynulo, že prezentované schéma by skupina profesora Belliniho byla

v principu schopna experimentálně realizovat. Nutnou podmínkou je ovšem generace stlačených stavů světla, což je ekvivalentní dosažení vyššího parametrického zisku v nelineárním krystalu. Zvládnutí techniky přípravy jedno- a dvou-módových stlačených stavů je tak jeden z hlavních cílů, které si tým profesora Belliniho vytýčil na další období.

Publikace rozpracované během stáže

V návaznosti na uskutečněné vědecké diskuse byla dohodnuta příprava dvou společných vědeckých publikací. První článek by se měl věnovat problematice bezšumového zesilovače s laditelným zesílením a druhý pak bude zaměřen na emulaci Kerrovské nelinearity. Příprava publikací je podmíněna získáním kvalitních experimentálních dat. Příslušná měření jsou plánována na konec léta a podzim tohoto roku.

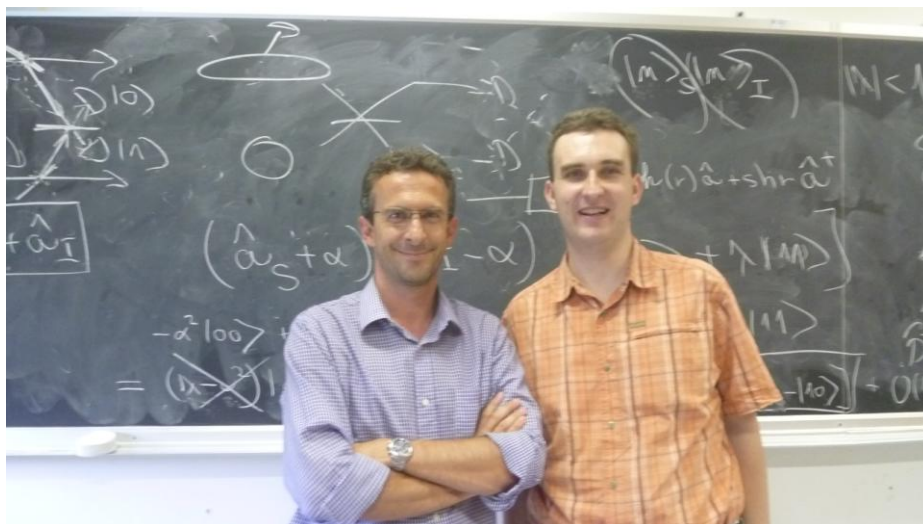
Navázání kontaktů

Stáž významně přispěla k posílení a prohloubení vědecké spolupráce se skupinou profesora Marca Belliniho. Byla stanovena a rozpracována témata, na něž bude vzájemná spolupráce dále orientována. S profesorem Bellinim jsem rovněž nezávazně hovořil o možnosti podání společného grantového návrhu v rámci výzvy FET-OPEN sedmého Rámcového programu EU. Profesor Bellini také předběžně přislíbil návštěvu na Univerzitě Palackého.

Shrnutí stáže

Stáž plně splnila svůj účel. Došlo k posílení vědecké spolupráce se špičkovým vědeckým pracovištěm v oblasti experimentální kvantové optiky a optického kvantového zpracování informace. V rámci stáže jsem získal řadu nových poznatků a doplnil si znalosti o aktuálních trendech v dané oblasti výzkumu. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů.

Fotografická dokumentace



Fotografie z neformálního vědeckého semináře uskutečněného v průběhu stáže. Na snímku prof. Bellini (vlevo) a doc. Fiurášek (vpravo).