



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:	22.6.2011 - 6.7.2011
Navštívené pracoviště:	Skupina QUIN (Quantum Information Group), Institut fyziky Dánské technické univerzity (DTU Physics), Fysikvej, Building 309, 2800 Kgs. Lyngby, Dánsko
Zahraniční garant:	prof. Ulrik L. Andersen
Účastník stáže:	Mgr. Miroslav Ježek, Ph.D.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Skupina Kvantové informace (QUIN) na Dánské technické univerzitě v Lyngby u Kodaně byla založena prof. Andersenem v roce 2007. Během několika málo let dosáhla světové úrovně na poli experimentální kvantové optiky, zpracování informace podléhající kvantové neurčitosti a nových integrovaných zdrojů fotonů. Pracoviště řešitele již s touto skupinou spolupracuje v oblasti teoretické kvantové informatiky (především člen řešitelského týmu MCIN Doc. Radim Filip, Ph.D.) a nově v oblasti experimentální kvantové optiky (především člen řešitelského týmu Mgr. Miroslav Ježek, Ph.D. od roku 2009). Cílem spolupráce se skupinou prof. Andersena je udržení a kvalitativní stejně jako kvantitativní rozvíjení odborných kontaktů, transfer technologií a další aktivity nezbytné k zařazení našeho pracoviště do celoevropské sítě vědeckých skupin v dané oblasti.

Skupina kvantové informace se orientuje na výzkum v oblasti kvantové optiky, kvantové informace a interakce záření a látky. Hlavními tématy jsou: zpracování kvantové informace přenášené spojitým optickým polem (tzv. spojitá kvantová proměnná), generace neklasických stavů světla (především stavů světla s definovaným počtem fotonů a superpozic koherentních stavů) a jejich využití pro kvantové počítání a kvantovou metrologii. Dále generace jednotlivých fotonů novými integrovanými pevnolátkovými systémy na bázi NV center v diamantu a jejich přenos plazmonovými vlnovody a dalšími mikro-vlnovodnými strukturami.

Skupina QUIN v nejužším smyslu má v současnosti kolem deseti pracovníků a společně s dalšími devíti skupinami tvoří Institut fyziky Dánské technické univerzity (DTU Physics). Hlavním těžištěm výzkumu Institutu fyziky jsou oblasti biofyzikálních a dalších složitých systémů, fyzika nanomateriálů a povrchových jevů a kvantová fyzika. Vedle Institutu fyziky funguje na Dánské technické univerzitě také Institut fotoniky, který se specializuje na optické

komunikace, optické vlastnosti nových materiálů a aplikace optických technologií v biologii a medicíně.

Další vědečtí pracovníci z cílového pracoviště

Mikael Østergaard Lassen, Ph.D. (postdoc), Alexander Huck, Ph.D. (postdoc), Bo Melholt Nielsen, Ph.D. (postdoc), Shailesh Kumar (PhD student), Amine Laghaout (PhD student), Anders Tipsmark (PhD student), Mario A Usuga (PhD student), Emanuele Distante (student).

Průběh stáže

V rámci stáže ve skupině QUIN jsem se zúčastnil diskusí a řešení třech projektů, jmenovitě: (1) generace stavu optické Schrodingerovy kočky a jeho využití pro kvantové počítání, (2) využití koherentní detekce a optimalizace zpracování dat pro zvýšení fázového rozlišení při zobrazení fázových objektů a (3) seznámení s technologií zpětné vazby a FPGA zpracování dat pro ultra-přesné měření optické fáze.

Generace stavu optické Schrodingerovy kočky a jeho využití pro kvantové počítání

Skupina QUIN disponuje technikou generace pulzního stlačeného světla na jeden průchod nelineárním materiálem a subtrakce fotonu z tohoto stavu. Operace subtrakce fotonu je realizována pomocí odštěpení části optického svazku na nevyváženém děliči a následné detekce odraženého fotonu pomocí jednofotonového detektoru. Dále laboratoř skupiny QUIN disponuje koherentní detekcí stavu světla (homodynní detektor) s ultra-nízkým šumem a vysokým časovým rozlišením. Tyto experimentální techniky byly vyvinuty během mého postdoc pobytu ve skupině QUIN od srpna 2009 do března 2010. S využitím těchto metod se podařilo generovat stav superpozice optických koherentních stavů (stav optické Schrodingerovy kočky) a následně ve spolupráci Katedry optiky UP a skupiny QUIN demonstrovat první kvantové logické hradlo provádějící transformaci mezi koherentními stavy a jejich superpozicemi, tzv. Hadamardovo hradlo. Součástí stáže byla diskuse tohoto jednoduchého kvantového procesoru, příprava společné publikace popisující jeho funkci a experimentální realizaci a diskuse možného zobecnění. Za Katedru optiky se na zmíněné spolupráci podíleli Mgr. Miroslav Ježek, Ph.D. a Mgr. Petr Marek, Ph.D.

Využití koherentní detekce a optimalizace zpracování dat pro zvýšení fázového rozlišení

V rámci stáže pokračovala diskuse na téma zvýšení rozlišení optické fáze s využitím koherentní homodynní detekce a pokročilého zpracování dat. Předchozí spolupráce v této oblasti vyústila společným experimentálním projektem demonstrující rozlišení fázových struktur lepší než Rayleighův limit, a to při zachování sensitivity měření a s využitím pouze klasických zdrojů. Hlavní výsledky jsou obsaženy v diplomové práci „Super-resolution with coherent states“ studenta E. Distante, na jejíž vedení jsem se spolupodílel společně s prof. U.L. Andersenem a prof. M.G.A. Parisem. Během stáže jsme diskutovali společnou vědeckou publikaci na toto téma a především další směry spolupráce v této oblasti.

Seznámení s technologií zpětné vazby a FPGA zpracování dat pro měření optické fáze

V rámci stáže jsem absolvoval prohlídku experimentu demonstrující adaptivní měření optické fáze s využitím techniky zpětné vazby a FPGA obvodů (projekt Dr. M. Usugy). Metoda zpětné vazby přizpůsobuje v reálném čase nastavení měřicí aparatury aktuálnímu stavu měřeného systému, v tomto případě fázi optického svazku. Měřicím zařízením je koherentní homodynní detekce jejíž výstupní elektronický signál je zpracováván rychlým polem programovatelných logických obvodů (FPGA), které ovládá zpětnovazební fázový modulátor. Přístup je zajímavý nejen z fundamentálního hlediska dosažení maximální možné sensitivity měření optické fáze, kterou dovolují fyzikální zákony, ale také technickými možnostmi

zpracování dat v reálném čase, které nabízí FPGA. S Dr. Usugou jsem diskutoval využití FPGA pro zpracování výstupního signálu pulzního homodynního detektoru a přímý výpočet hodnot kvadrurní amplitudy měřeného optického modu v reálném čase.

Další aktivity

Během stáže jsem se aktivně účastnil pravidelných porad skupiny, přednášek pořádaných v rámci neformálního semináře a dalších aktivit spojených s činností skupiny QUIN.

Publikace rozpracované během stáže

V návaznosti na uskutečněné vědecké diskuse byla započata příprava dvou společných publikací prezentující získané výsledky z oblasti kvantového počítání a kvantové metrologie s koherentními stavy světla.

Navázání kontaktů

Stáž významně přispěla k posílení a prohloubení vědecké spolupráce se skupinou prof. Andersena. Byla stanovena a rozpracována témata, na něž bude vzájemná spolupráce dále orientována. Prof. Andersen předběžně přislíbil návštěvu na Univerzitě Palackého v rámci aktivity Workshop.

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 laboratoře zabývající se kvantovým počítáním s koherentními stavy ve skupině QUIN. Na snímku Anders Tipsmark (vlevo) a Miroslav Ježek (vpravo).