



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: 23.8. 2011 – 15.9. 2011

Navštívené pracoviště: Innsbruck

Zahraniční garant: prof. Gregor Weihs

Účastník stáže: Mgr. Miroslav Ježek, Ph.D.

Stručný popis navštíveného pracoviště

Skupina Fotoniky profesora Weihse vznikla v Innsbrucku v roce 2008. Univerzita v Innsbrucku má dlouhou tradici v oblasti kvantové optiky a interakce světla a látky. Ve spojení se špičkovou vědeckou kvalitou prof. Weihse a jeho mezinárodními kontakty v Kanadě, USA a Japonsku lze očekávat prudký rozvoj této skupiny. Hlavním zaměřením skupiny jsou nové integrované zdroje fotonů jako kvantové tečky či polovodičové vlnovody a mikro-rezonátory a jejich kombinace s běžnými zdroji světla.

Skupina prof. Weihse má v současnosti 12 pracovníků. Kromě prof. Weihse ji tvoří dva post-doc vědečtí pracovníci (Ana Predojevic, Zoltán Vörös), tři PhD studenti (Harishankar Jayakumar, Patrick Mai, Thomas Günthner) a 6 studentů.

Průběh stáže

V rámci stáže ve skupině prof. Weihse jsem navštívil všechny laboratoře skupiny s pěti hlavními experimenty. V průběhu prohlídek jsem diskutoval s pracovníky skupiny detaily každého experimentu, použité technologie, problémy spojené s těmito technologiemi či přístupy a možné další směry vývoje. Cílem bylo získat co nejvíce informací o výzkumu ve skupině prof. Weihse. Nejvíce času jsem věnoval velmi detailním diskusím na téma generace jednotlivých fotonů kvantovými tečkami a ověření neklasičnosti jejich kvantového stavu. Druhým důležitým projektem byla generace kvantově provázaných párů fotonů s využitím periodicky polovaných krystalů a Sagnacova interferometru. V obou projektech jsem se účastnil jak teoretických diskusí, tak i vlastního měření v laboratoři. Následuje podrobný popis projektů.

S. A. Predojevic, H. Jayakumarem a T. Huberem jsem spolupracoval na experimentálním ověření kvantové nagaussovskosti slabých jednofotonových signálů emitovaných z kvantových teček. Test je po teoretické stránce založen na kritériu publikovaném R. Filipem a L. Mištou [Phys. Rev. Lett. 106, 200401 (2011)] a pro konvenční zdroj fotonů založený na podmíněné spontánní parametrické sestupné konverzi jsme experimentálně aplikovali toto kritérium na katedře optiky. Pro fotony produkované jednotlivými emitory, tedy například kvantovými tečkami, je ověření kritéria komplikované, především vzhledem k nízké efektivitě těchto zdrojů. Kvantové tečky využívané ve skupině prof. Weihse jsou založené na technologii samovolně vytvořených ostrůvků InAs při epitaxním růstu na základním materiálu GaAs. Pro omezení vlivu okolního materiálu a snížení šumu je vzorek s kvantovými tečkami udržován v kryostatu při teplotě kolem 6 K. Izolovaná kvantová tečka je excitována titan-safírovým laserem a následná fotoluminiscence je spektrálně filtrována a navázána do optických vláken. Tyto výstupní signály jsou intenzitně korelovány (Hanbury-Brownovo Twissovo měření). Kvantové tečky InAs/GaAs dovolují excitaci až dvou párů elektron-díra, tedy biexcitonu. Po rozpadu biexcitonu a emisi odpovídající energie v podobě fotonu následuje často také rozpad excitonu a emise druhého fotonu zpožděného proti prvnímu. Tato kaskáda umožňuje například podmiňovat přítomnost jediného fotonu detekcí fotonu z biexcitonu případně využít oba emitované fotony pro kódování do časových oken pro kvantové zpracování informace. Spolupráce na tomto projektu pokračuje.

Dále jsem se podílel na experimentální generaci polarizačně entanglovaných stavů v interferometrickém uspořádání společně s A. Predojevic a S. Grabherovou. Stabilní Sagnacův interferometr pro čerpací UV laserový svazek s nelineárním periodicky polovaným krystalem (PPKTP) typu II produkuje páry fotonů v kolmých polarizačních módech. Na výstupu z interferometru spolu dvě protiběžné vlny (čtyři polarizačně prostorové módy) interferují a vytváří polarizačně entanglovaný stav dvou fotonů. V rámci tohoto projektu jsem si doplnil znalosti o periodicky polovaných materiálech a návrhu zdrojů entanglovaných stavů fotonů. Zvláště jsme diskutovali závislost Gouyovy fáze a fáze entanglovaného stavu na tvaru čerpacího svazku a poloze krystalu v interferometru.

Další aktivity

Během stáže jsem se aktivně účastnil pravidelných porad skupiny, přednášek pořádaných v rámci neformálního semináře a dalších aktivit spojených s činností skupiny prof. Weihse. Dále jsem navštívil laboratoře skupiny prof. Blatta, která také působí v Innsbrucku. Skupina prof. Blatta se věnuje především základnímu výzkumu interakce světla s ionty v pasti a jejich využití pro kvantovou informatiku.

Přednášky na navštíveném pracovišti

Miroslav Ježek: *Experimental quantum optics in Olomouc*

Tuto přednášku jsem přednesl na neformálním vědeckém semináři zorganizovaném v průběhu mé stáže ve skupině prof. Weihse. V přednášce jsem podal stručný přehled aktivit v oblasti experimentální kvantové optiky a kvantové informatiky na Katedře optiky UP. Podrobně jsem prezentoval výsledky experimentálního testování nekласičnosti kvantových stavů světla produkovaných parametrickou frekvenční konverzí. Dále jsem stručně zmínil nedávné výsledky Katedry optiky v oblasti experimentální kvantové informatiky. Na hodinovou přednášku navázala diskuse s přítomnými posluchači.

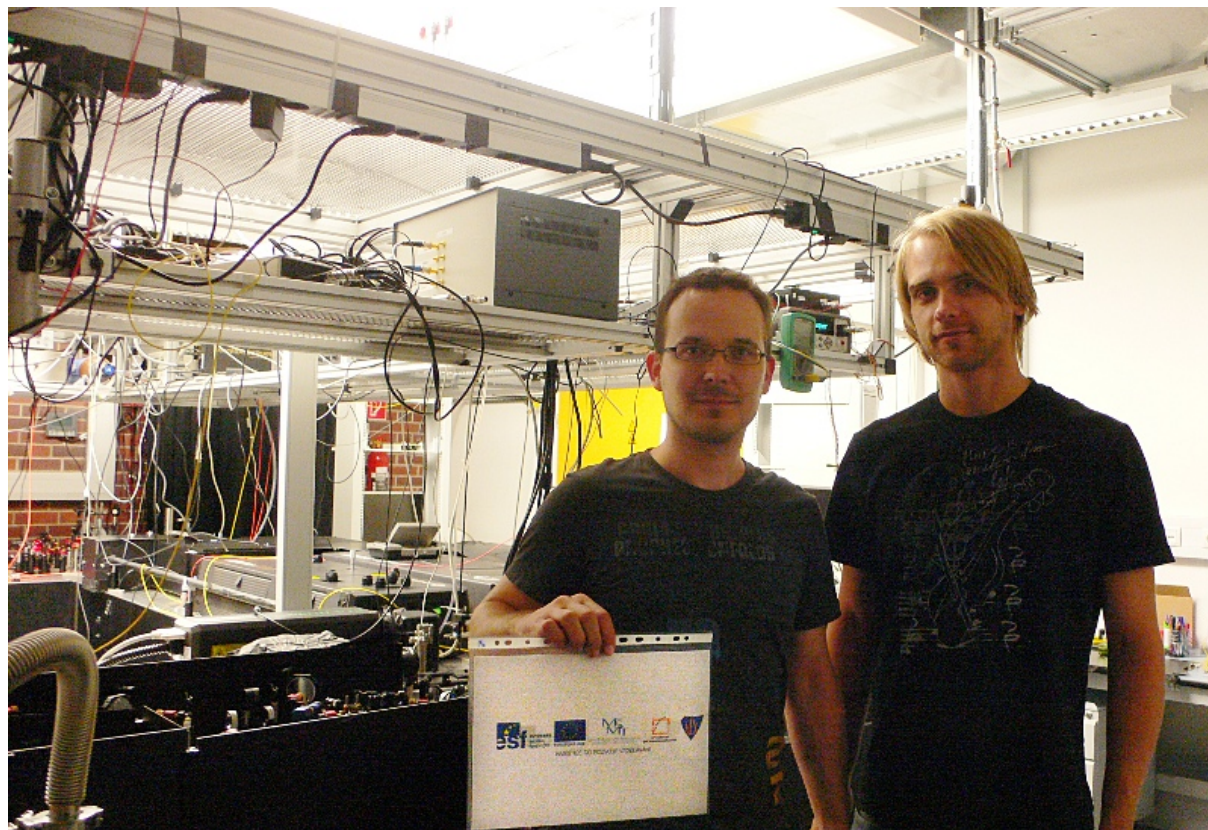
Navázání kontaktů

Stáž umožnila první kontakt se skupinou prof. Weihse a seznámení se s výzkumem zde probíhajícím. Byla diskutována témata možné vědecké spolupráce a možnosti dalších stáží.

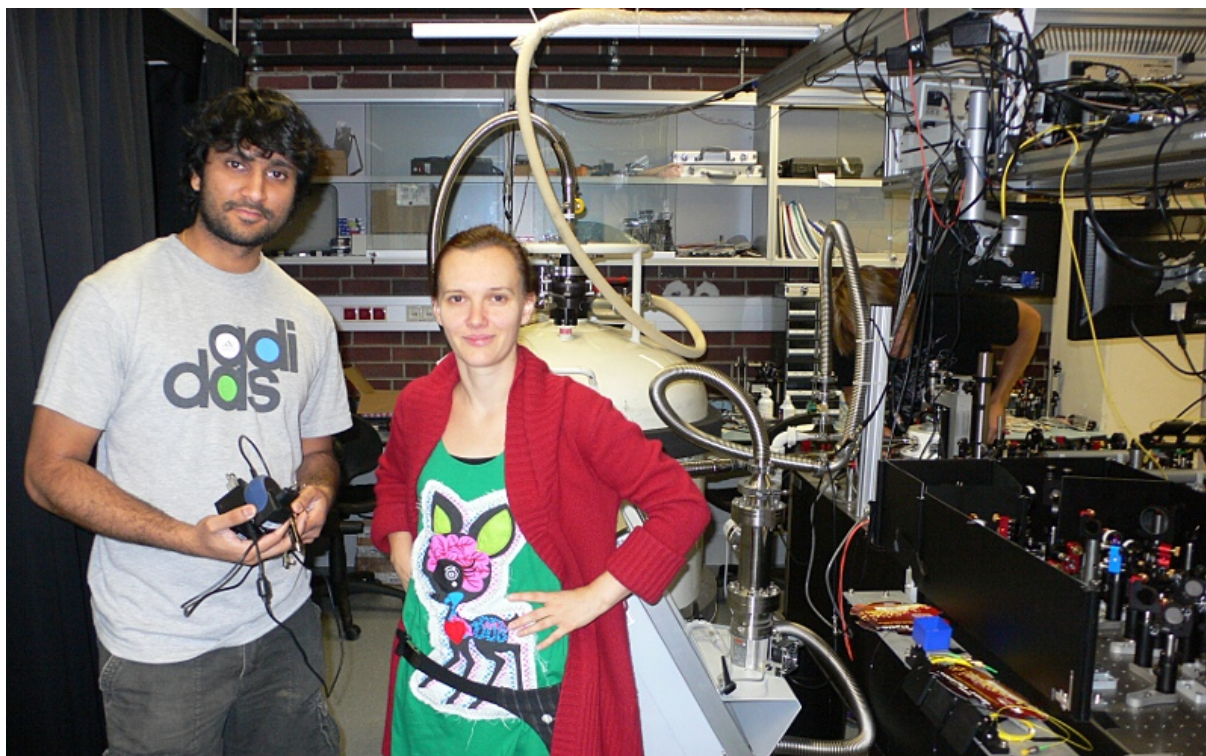
Shrnutí stáže

Odborná stáž mi umožnila navštívit špičkové vědecké pracoviště a seznámit se s novými směry výzkumu v oblasti experimentální kvantové optiky a zvláště pak novými technikami generování neklasických stavů světla. V rámci stáže jsem získal řadu poznatků a seznámil se s novými technologiemi. Tyto poznatky budou dále předány cílové skupině formou odborných seminářů. Stáž tedy plně splnila svůj účel.

Fotografická dokumentace



Obr. 1. Fotografie z laboratoře zabývající se InAs/GaAs kvantovými tečkami ve skupině prof. Gregora Weihse. Na snímku Miroslav Ježek (vlevo) a Tobias Huber (vpravo).



Obr. 2. Fotografie z laboratoře ve skupině prof. Gregora Weihse. Na snímku Harishankar Jayakumar (vlevo), Ana Predojevic (vpravo) a Tobias Huber (vpravo vzadu) při justáži experimentálního uspořádání pro generaci jednotlivých fotonů kvantovou tečkou a testování jejich neklasičnosti.