



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:	14.5.2014 – 17.5.2014
Navštívené pracoviště:	INO-CNR, 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. 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. Pro účely charakterizace generovaných kvantových stavů je používána časově rozlišená homodynní detekce s ultrakrátkými pulzy. Kromě profesora Belliniho v týmu dlouhodobě působí Dr. Alessandro Zavatta. Během své stáže jsem spolupracoval i s Ph.D. studentem prof. Belliniho Lucou Salvatorem Costanzou.

Průběh stáže

V průběhu stáže jsme s profesorem Bellinim a jeho kolegy zejména analyzovali data získaná při experimentální demonstraci emulace Kerrovské nelinearity pomocí podmíněné subtrakce a adice jednotlivých fotonů. Na jaře tohoto roku se skupině profesora Belliniho podařilo získat tato data s využitím experimentálního uspořádání, kde je kombinace sekvencí podmíněné subtrakce a adice fotonů realizovaná pomocí polarizačního interferometru. Tato metoda zaručuje inherentní stabilitu a umožňuje efektivně implementovat různé koherentní superpozice sekvencí subtrakce/adice nebo adice/subtrakce.

Při vhodném nastavení vlnových destiček tento setup umožňuje emulovat Kerrovskou nelinearitu na podprostoru tří nejnižších Fockových stavů (vakuum, jednofotonový stav a dvoufotonový stav). Cílem experimentu bylo dosáhnout změny znaménka amplitudy dvoufotonového stavu pomocí sekvence subtrakce a adice fotonů. Jako testovací stavy byly v experimentu použity slabé koherentní stavy s amplitudou menší než 1. Výstupní stavy byly kompletně charakterizované pomocí homodynní detekce. V průběhu mé stáže se podařilo odhalit chybu v kalibraci experimentálních dat, kde nebyla korektně provedena normalizace na vakuový šum. Po této korekci jsme obdrželi dobrou shodu zrekonstruovaných výstupních matic hustoty s teoretickými maticemi hustoty obdrženy z analytického modelu. Ukazuje se, že v důsledku nízké celkové účinnosti pulzní homodynní detekce (60%) je potřeba provést kompenzaci detekční účinnosti, aby bylo možné pozorovat efekt změny znaménka amplitudy dvoufotonového stavu přímo na výstupních maticích hustoty. Byla diskutována možnost co nejúplnější charakterizace kvantové operace implementované v laboratoři. Zejména jsme hovořili o provedení tomografie kvantového procesu, který může být zrekonstruován ze získaných dat pomocí metody maximální věrohodnosti.

V průběhu stáže jsem rovněž italským partnerům prezentoval návrh schématu pro přípravu hybridního dvou-qubitového kvantově provázaného stavu, kde jeden qubit je kódovaný do stavu jednoho fotonu a druhý qubit je kódovaný do superpozice vakuového a jednofotonového stavu. Toto schéma vychází z nedávného experimentu skupiny profesora Belliniho, kde byl pomocí nevyváženého vláknového Mach-Zehnderova interferometru následovaného jednofotonovým detektorem podmíněně generovaný dvómódový kvantově provázaný stav $|0\rangle|\alpha\rangle + |1\rangle|-\alpha\rangle$, kde $|\alpha\rangle$ reprezentuje koherentní stav. Diskutovali jsme o možnosti využití již dříve změřených experimentálních dat pro otestování navrženého schématu a zkoumali jsme, jak se vypořádat se skutečností, že v experimentu není možné provést změnu fáze homodynního detektoru mezi dvěma sousedními optickými pulzy, takže je vždy měřena stejná kvadratura obou módů.

Shrnutí stáže

Stáž vedla k dalšímu posílení vazeb a rozvoji spolupráce s profesorem Bellinim a jeho kolegy. Provedli jsme analýzu experimentálních dat demonstrujících emulaci Kerrovské nelinearity a potvrdilo se, že tato data by mohla být dostatečná pro přípravu společné vědecké publikace na dané téma. Dále jsme diskutovali o návrhu nového experimentu, jehož cílem by bylo generovat specifický typ hybridního kvantově provázaného stavu světla. Během stáže jsme také diskutovali o možnosti přípravy společného vědeckého projektu v rámci ERA-NET nebo Horizon 2020.



Doc. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D.