



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 konferenci

Název konference: 11th Intl. Conference on Quantum Communication, Measurement and Computing
Datum konání: 30.7. - 3. 8. 2012
Místo: Vienna, Rakousko
Účastník konference: Mgr. Petr Marek, Ph.D.

Stručný popis konference:

International Conference on Quantum Communication, Measurement and Computing (QCMC) je přední světovou konferencí zaměřenou na teoretické i praktické aspekty kvantového zpracování informace. Již dvacet let se na této konferenci setkávají vědečtí a techničtí pracovníci a výsledkem je jedinečné propojení inovací základního výzkumu a jejich pokročilých technologických aplikací. Prezentované příspěvky se věnovaly řadě aktuálních témat, jako jsou například hybridní přístupy ke kvantovému zpracování informace nebo kvantové paměti. Počet příspěvků, ať už formou přednášek, nebo v podobě posterů, byl vysoký a konference mi poskytla ucelený přehled o aktuálních trendech výzkumu a dala mi možnost diskutovat se zahraničními kolegy z Evropy i ze zámorí.

Základní údaje:

Počet účastníků: 350
Zvané přednášky: 28
Ostatní přednášky: 35
Počet posterů: 288

Vybrané zajímavé přednášky

G. J. Milburn, *Hybrid Quantum Systems*

V přednášce byla představena a detailně rozebrána základní koncepce hybridních kvantových systémů: celků složených z různých kvantových systémů tak, aby byly vyzdvihnuty přednosti a silné stránky konstituentů, zatímco jejich slabé stránky jsou kompenzovány jinými částmi celku. Významným přínosem byl přehled současného stavu poznání v této oblasti napříč širokou škálou různých platforem. Hovořilo se o propojení atomů a mechanických oscilátorů, polovodičových kvantových teček a supravodivých kvantových obvodů, mikrovlnných a optických rezonátorů, a dalších. Byla zmíněna úskalí, na které je možno v této oblasti narazit, a směry, kterými se vývoj dále může ubírat.

P. Treutlein *et al.* *Hybrid atom-membrane optomechanics*

V přednášce byla představena experimentální implementace hybridního systému, který propojoval mechanický oscilátor v podobě hmotné membrány se skupinou ultra-studených atomů držených v interferenční struktuře optického pole. Oba systémy interagovaly s jedním módem světelného pole a jeho prostřednictvím i mezi sebou navzájem. Vůbec poprvé zde byl pozorován vliv pohybu jednotlivých atomů na stav relativně velice hmotného mechanického oscilátoru. Toto je prvním krokem k plně propojeným hybridním kvantovým systémům.

Literatura:

- [1] K. Hammerer, K. Stannigel, C. Genes, P. Zoller, P. Treutlein, S. Camerer, D. Hunger and T. W. Hänsch, *Phys. Rev. A* **82**, 021808 (2010)
- [2] K. Hammerer, M. Wallquist, C. Genes, M. Ludwig, F. Marquardt, P. Treutlein, P. Zoller, J. Ye, and H. J. Kimble, *Phys. Rev. Lett.* **103**, 063005 (2009)

W. P. Bowen *et al.* *Quantum microrheology*

Hlavní metrologickou aplikací kvantové fyziky bylo až doposud využití stlačených stavů světla pro zpřesnění interferometrického měření fáze, například pro detektory gravitačních vln. Stlačení je zde používáno jako substitut za vysoké intenzity světla, neboť příliš vysoké intenzity vedou k nežádoucímu zahřívání systému a následnému zhoršení jeho parametrů. V této přednášce byla představena experimentální realizace jiné aplikace kvantových zdrojů. Injekcí stlačeného světla do optické pinzety držící biologický vzorek bylo umožněno dosažení vyšší-než-klasické přesnosti měření a to bez degradace vzorku. Toto kvantové metrologii nové dveře v oblasti mikrobiologie.

Nicolas Gisin *Quantum Cryptography and Quantum Repeaters*

V této přednášce byl nejprve shrnuta současná technologická úroveň doposud asi nejpokročilejší aplikace teorie kvantové informace – kvantové kryptografie. Daleko zajímavější byla ale druhá část, ve které byly představeny nedávné experimenty realizující kvantové paměti, při kterých byl entanglovaný stav světla uchován v krystalu. Dále byly diskutovány důsledky této aplikace. Funkční kvantová paměť by umožnila mimo jiné

distribuovat kvantový entanglement i na větší vzdálenosti, což by mělo za následek jednak efektivní distribuované zpracování kvantové informace a jednak možnost extrahovat skrytý klíč bez ohledu na detailní znalost použitých zařízení. V každém případě je kvantová paměť jeden z nutných prvků budoucích aplikací a každý pokrok v této oblasti je velice vzrušující.

Literatura:

- [1] C. Clausen, I. Usmani, F. Bussieres, N. Sangouard, M. Afzelius, H. de Riedmatten, N. Gisin, *Nature* **496**, 508 (2011)
- [2] I. Usmani, C. Clausen, F. Bussieres, N. Sangouard, M. Afzelius, N. Gisin, *Nature Photonics* **6**, 234 (2012)
- [3] C. Clausen, F. Bussieres, M. Afzelius, N. Gisin, *Phys. Rev. Lett.* **108** 190503 (2012)

Akira Furusawa *Hybrid Quantum Information processing*

V této přednášce byl představen zcela jiný koncept hybridního zpracování kvantové informace. Namísto kombinace různých kvantových systémů se zde jednalo výhradně o světlo, kombinovány ale byly přístupy využívající spojitý popis světelného pole jakožto vlny a popisu využívajícího jednotlivé fotony. Tento přístup využívá jednak sofistikované manipulace silných světelných svazků na úrovni jednotlivých fotonů, jednak využívání spojitých vlnových zdrojů k provádění operací na jednotlivých fotonech. Byly představeny experimenty, v nichž je polarizační stav jednoho fotonu teleportován s použitím spojitého entanglovaného stavu – jednalo se vůbec o první deterministickou teleportaci tohoto stavu – a také experimenty, v nichž je na úrovni jednotlivých fotonů zkonstruována nelinearita třetího řádu nutná pro realizaci protokolů vedoucích k implementaci kvantových počítačů.

Literatura:

- [1] N. Lee, *et al. Science* **332**, 330 (2011).

Vlastní příspěvek

P. Marek et al., *Amplification of Quantum information*

Na konferenci jsem prezentoval poster, pomocí kterého jsem ostatní účastníky konference seznámil s výsledky výzkumu, na kterém jsem ve spolupráci s doc. Radimem Filipem a spolupracovníky z MPI Erlangen pracoval během posledního roku. Na posteru jsem nejprve představil koncept bezšumového zesilovače jakožto zařízení, které umožňuje zesílit kvantový stav světla bez toho, aby do ně přidalo nežádoucí šum. Vzhledem k tomu, že je na ideální úrovni tato operace zákony kvantové fyziky zakázána, je nutné realizovat ji pomocí přibližných aproximací. Zájemci byli seznámeni s několika různými koncepty takovýchto zesilovačů s tím, že zvláštní důraz byl kladen na metody námi navržené: zesílení pomocí přidání a odebrání jednotlivých fotonů a zesílení pomocí přidání šumu a odebrání jednotlivých fotonů. Pozornost byla rovněž věnována aplikaci těchto zesilovačů v kvantové komunikaci. Demonstroval jsem, že pro komunikaci pomocí koherentních stavů je možno dosáhnout neintuitivního výsledku, při kterém ideální zesilovač, využívající čistých procesů přidání a odebrání fotonů, dosahuje horších výsledků, než neideální zesilovač využívající přidávání šumu. Dále jsem představil experimentální výsledky ideálního bezšumového klonování koherentních stavů, kterých bylo dosaženo v spolupracujícím pracovišti MPI Erlangen.

Literatura:

- [1] P. Marek, R. Filip, *Phys. Rev. A* **81**, 022302 (2010)
- [2] C. R. Müller, C. Wittmann, P. Marek, R. Filip, C. Marquardt, G. Leuchs, U. L. Andersen, *Phys. Rev. A* **65**, 042324 (2012)

Mezinárodní vědecká spolupráce

Konferenci jsem efektivně využil k vědeckým diskusím s několika zahraničními partnery. S Christianem Mullerem a Christophem Marquardtem jsme probírali připravované společné publikace týkající se aplikace bezšumového zesilovače v úlohách kvantové komunikace. S prof. Akirou Furusavou jsme jednali o možné spolupráci v rámci budoucích projektů.

V průběhu celé konference jsem jejím účastníkům poskytoval informace o projektu Mezinárodní centrum pro informaci a neurčitost a o podpoře, která je na tento projekt v rámci operačního programu OP VK poskytována Evropským sociálním fondem a MŠMT.



foto: Petr Marek vysvětluje poster

Přílohy:

Program konference