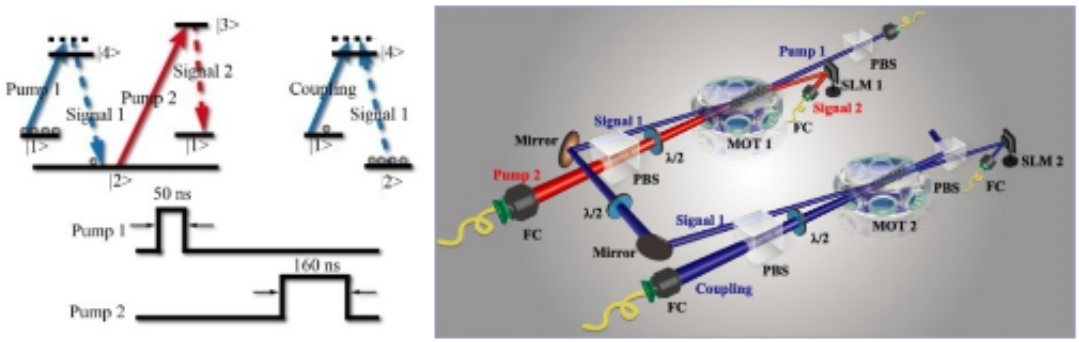
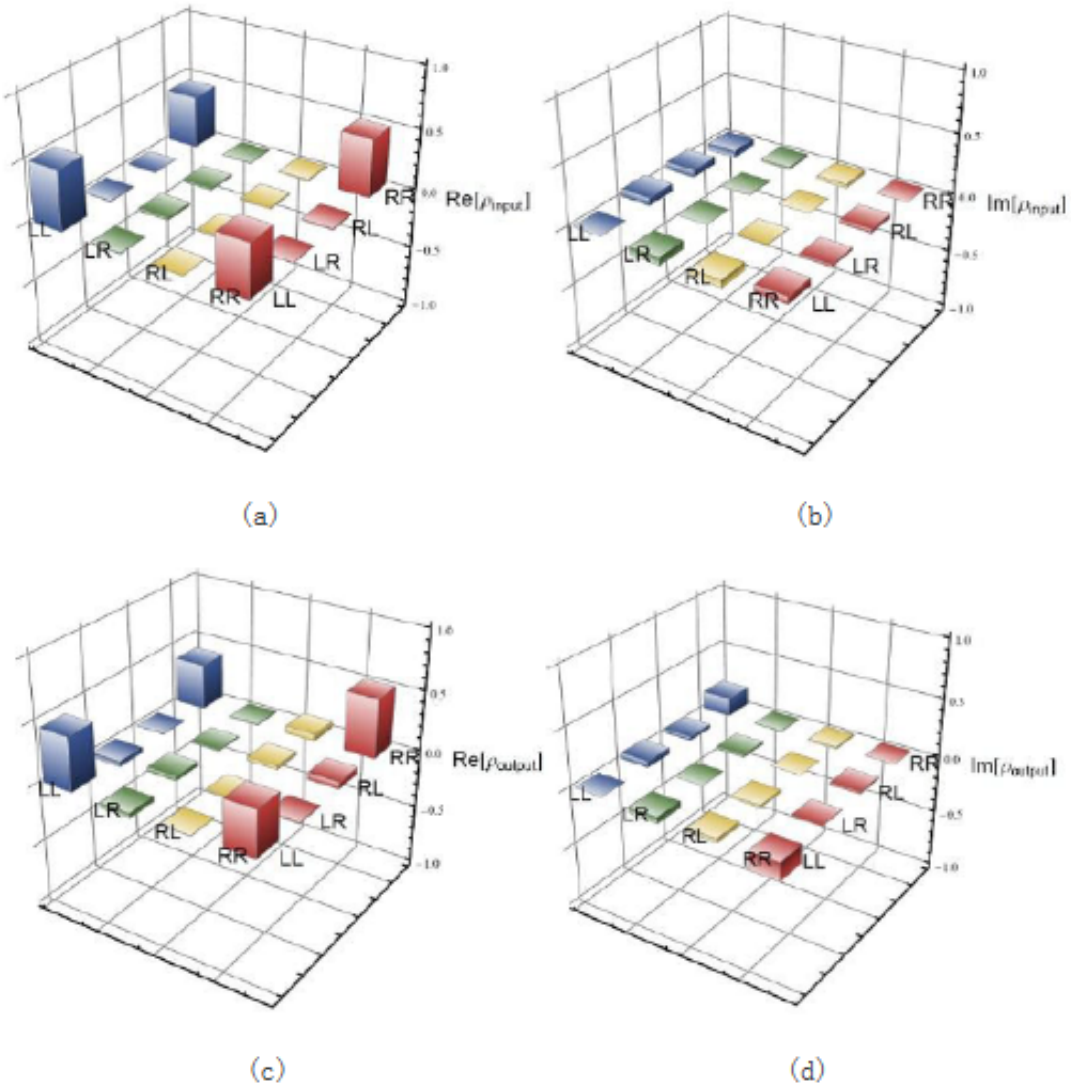
中国科大首次实现光子轨道角动量纠缠的量子存储



原子能级图和实验框架简图



利用量子层析技术构建的存储前（a和b）后（c和d）的纠缠态密度矩阵

近日，中国科学技术大学中国科学院院士郭光灿领导的中科院量子信息重点实验室在高维量子中继研究方向上再次取得新进展：该实验室史保森小组在国际上首次实现了光子轨道角动量纠缠的量子存储，进一步证明了基于高维量子

中继器实现远距离大信息量量子信息传输的可行性。这项研究成果发表在2月4日的《物理评论快报》上。

光子的轨道角动量产生于电磁波的螺旋相位面，最常见的携带轨道角动量的光是Laguerre-Gaussian模式光。这种光的波前是一个螺旋面，围绕中心的奇点，光的位相是不断增加的，同时光强也具有特殊的空间分布，不同的轨道角动量对应着不同的光强空间分布，可以构成一个无限维的完备的Hilbert空间。将光子编码在轨道角动量空间可以大幅度增加光子的信息携带量。

此外，利用光子的高维编码态还可以提高量子密钥传输的安全性，实现诸如量子全息隐形传态、量子镜像密集编码、全息量子计算等量子信息协议，还可以应用于量子力学基本问题的研究。远距离量子通信的实现必须借助于一系列的量子中继器，其中量子存储单元是构成量子中继器的核心。通过在相邻存储单元之间建立量子纠缠，利用量子纠缠交换技术就可以实现量子中继，进而拓展信息传输的距离。

因此实现大信息量、长距离的量子信息传输首先必须解决的关键问题就是量子高维纠缠的存储。尽管人们已成功实现了携带轨道角动量信息的单光子存储，但到目前为止有关轨道角动量纠缠存储方面的研究仍然是一片空白，是量子信息领域中的一个热点研究领域。

近年来史保森教授和博士生丁冬生等一直致力于携带轨道角动量光子的存储研究。继2013年在国际上首次实现携带轨道角动量、具有空间结构的单光子脉冲的存储后（Nat. Commun. 4, 2527(2013)），最近他们又在该研究方向取得重要进展：首次实现了光子轨道角动量纠缠在两个存储单元之间的存储。该小组利用两个磁光阱制备了两个冷原子团，在其中一个冷原子团采用自发Raman过程制备了单光子与原子系综之间的纠缠。

而后利用Raman存储协议将该光子存储于另一个作为存储介质的冷原子团中，从而实现了轨道角动量纠缠在两个原子系综之间的存储。为了检验纠缠特性，他们将原子系综之间的纠缠转移到光子之间。利用量子层析技术重构了纠缠态的密度矩阵，通过计算存储保真度、验证双光子CHSH不等式和检验双光子干涉可视度来表征纠缠程度。实验结果清晰地表明轨道角动量纠缠可以被高保真地存储。这项工作对实现高维量子中继和远距离大信息量量子信息传输具有重要意义。

这项工作得到国家基金委、中科院、科技部和量子信息与量子科技前沿协同创新中心的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/73310.html