

新闻关键字搜索



理论园地

南京大学报

首页 综合新闻 专题新闻 理论园地 讲话与部署 南雍号 媒体传真 学术动态 影像南大 校园动态 学人视点 南大人

首页 - 学术动态

2020-02-20 作者: 现代工学院 来源: 科学技术处

## 现代工学院张利剑教授课题组实验实现量子探测器自表征

近日, 现代工学院张利剑教授课题组与英国牛津大学Vlatko Vedral教授、美国爱荷华州立大学潘耀东教授等合作, 实现了基于探测器响应区间的量子测量自表征, 相关成果“Experimental Self-characterization of Quantum Measurements”发表于《物理评论快报》(Physical Review Letters 124, 040402 (2020))。DOI: 10.1103/PhysRevLett.124.040402



对于任何一个量子系统, 我们所加载、操控和传输的信息最终是由量子测量来读取的。测量不论在量子物理基本问题研究中, 还是在量子信息处理特别是量子计算与量子传感的实现中均是关键环节, 因此对测量装置进行精准而可靠的估计一直是量子物理与量子信息领域的核心问题。当前主流的量子测量表征方法称为量子探测器层析 (quantum detector tomography), 通过记录探测器对已知探测态的输出结果, 从而重构量子测量。然而这一方法需要利用已知的探测态, 而反过来对探测态的准确表征又需要已知的、准确表征的量子测量。这是由于在量子物理中, 量子态和量子测量处于相对应的位置, 对其中一个的理解往往需要依赖于另一方。这就使得对量子系统与量子测量表征的准确性和可靠性处于循环论证的境地中 (图1)。

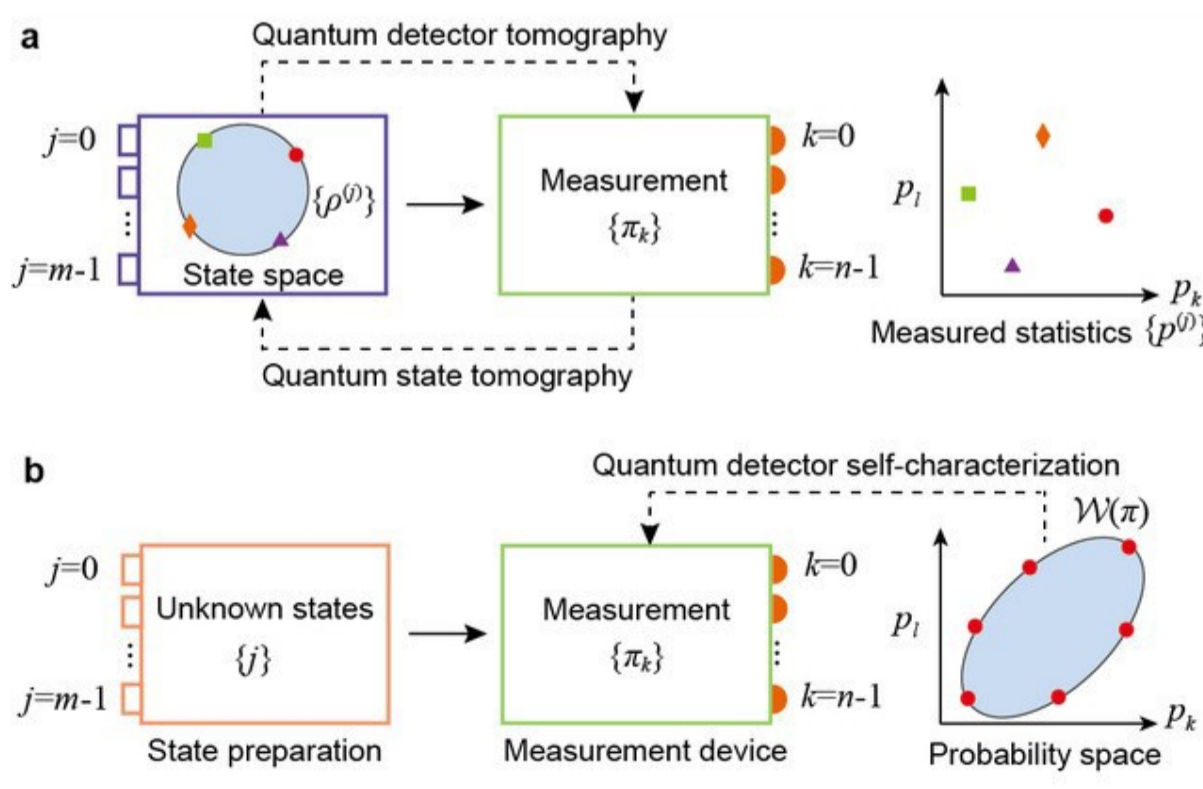


图1 量子层析与量子自表征方法的对比。

针对这一问题, 研究团队提出并实验实现了一种完全基于探测器本身的输出结果来表征未知的广义量子测量的方法, 从而打破这一循环论证, 称为量子探测器自表征 (quantum detector self-characterization, QDSC)。这一方法的核心思想是通过对一系列未知探测态的测量结果, 来重构探测器的响应区间 (response

### 最近更新

江苏省苏北人民医院捐赠支持我校医学院...

2020.09.27

长江产经院名列活跃智库排名前茅

2020.09.27

我校召开2021届毕业生就业工作启动会

2020.09.27

会议通知 | 论坛日程: 韧性中国: 社会福...

2020.09.27

现代工学院研究生入学安全与环境教育系...

2020.09.27

圆桌 | 听到这首歌, “爷” 青回

2020.09.27

现场速递 | 今晚的恩玲剧场, 群星闪耀!

2020.09.27

小南天空欣赏指南: 晓看天色暮看云

2020.09.27

光盘行动 | 勤俭节约, 我们在路上

2020.09.27

第二届“科学探索奖”名单揭晓! 我校朱...

2020.09.27

### 一周热点

我校党政领导赴东南大学调研交流

我校援疆干部被授予优秀援疆干部人才并...

中共南京大学第十五届委员会第三次全体...

我校举行第一批机关青年干部赴院系担任...

中共南京大学第十五届委员会第三次全体...

range) ——即量子测量所有可能输出结果的整体范围，从而实现对量子测量的表征 (图1)。由于探测器响应区间是由整个态空间 (state space) 映射得到的集体表现而非依赖于特定态的测量结果，因而这一方法可以不需要已知具体的探测态。从测量结果空间来看，所有可达到的测量结果将形成一个几何范围，可以看作是态空间到测量结果空间的投影，不同的量子测量将对应不同的几何体。对于实际情况下的有限统计，考虑测量结果的统计涨落，可以通过定义代价函数 (cost function)，优化得到最为符合实验结果的响应区间估计。

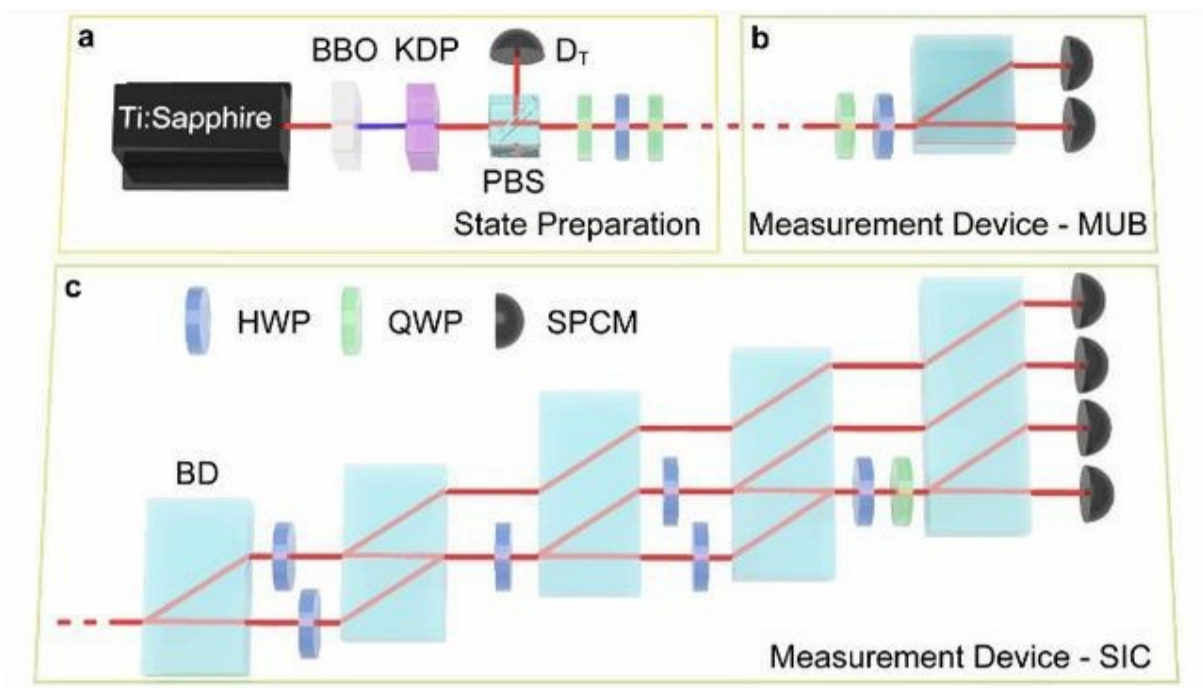


图2 实验实现两种代表性测量装置：相互无偏测量 (MUB) 和对称信息完备测量 (SIC) 的自表征实验装置。

基于这一思想，研究团队对两种具有特别应用的价值的测量——相互无偏基测量 (mutually unbiased bases, MUB) 和对称信息完备测量 (symmetric informationally-complete, SIC) 进行了实验构建和表征。实验上通过光子多自由度调控，构造了单个量子比特的广义测量装置 (图2)，并记录了对于态空间上不同探测态的测量结果。同时，研究团队结合凸包构造、主成分分析和约束优化等方法，开发了有效的探测器自表征数据处理方法，从而分析和拟合探测器响应区间的几何结构。实验结果显示，量子探测器自表征方法与传统层析方法得到的结果高度符合，保真度达到99.99%以上 (图3)。同时，由于自表征方法只利用探测器输出结果，消除了对已知探测态的依赖，对实验中的系统误差具有更好的容忍性，其重构结果在物理模型检验中呈现和实验结果更好的符合。这一结果突出了量子探测器自表征方法的实际可行性和鲁棒性。

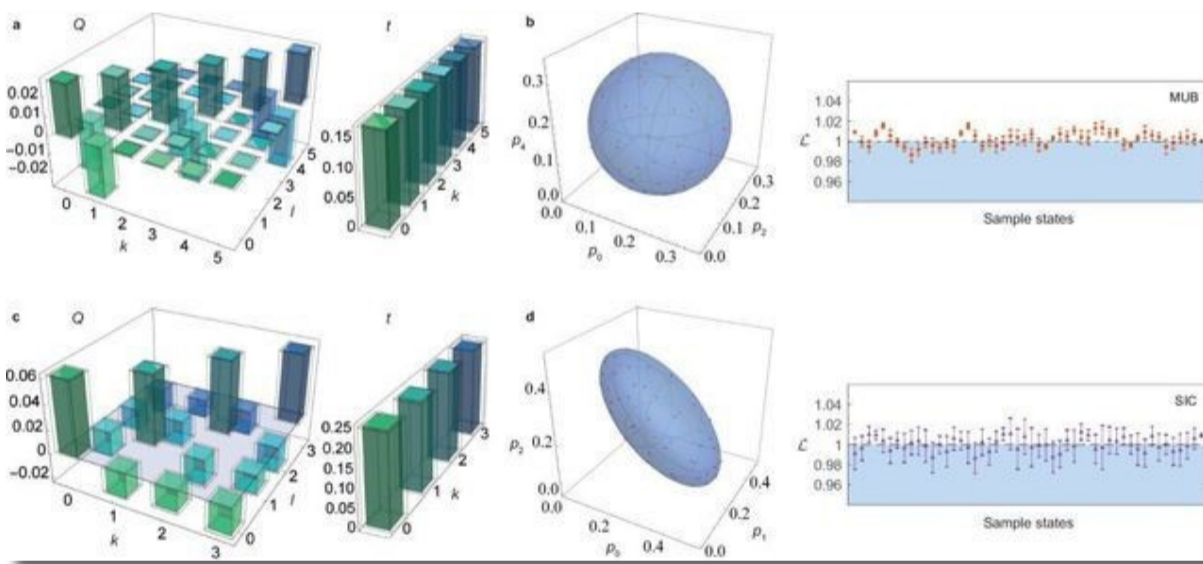


图3 量子探测器自表征 (QDSC) 实验结果。(a, c) 对MUB和SIC两种测量，量子探测器自表征方法重构得到的测量Q, t值及其与传统量子层析方法的结果对比。(b, d) 实验测量结果和重构响应区间的几何表示及其代数距离。

该工作实现了不依赖于已知具体探测态进行量子测量物理模型的重构，将以往量子信息中常用的基于判据的方法拓展到基于区间的方法，是利用量子系统几何性质解决量子信息问题的一次尝试。通过结合理论分析与实验技术的发展，该方法可以拓展至更加复杂的系统。对量子系统以及量子测量几何性质的进一步理解将有望被应用于量子信息研究的诸多方面，包括量子纠缠、量子计算、设备无关的量子信息协议、量子精密测量等。

南京大学博士研究生张傲男和谢杰为该论文共同第一作者，张利剑教授和Vlatko Vedral教授为论文的共同通讯作者，物理学院张涵教授和爱荷华州立大学潘耀东教授做出重要贡献与支持，南京大学为论文第一单位。该研究受到国家重点研发计划(2017YFA0303703)、国家自然科学基金等项目资助，以及人工微结构科学与技术协同创新中心、固体微结构物理国家重点实验室等平台的大力支持。



兼容浏览器: Opera9+ Safari9.0+ Firefox4.0+ Chrome10+ IE10+

访问量: 1370326



南大微信



南大微博

版权所有 南京大学新闻中心 2009-2020 All Rights Reserved © Nanjing University