上海光机所等在随机相位散射光的相干性与涡旋动力学研究中取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/10392.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

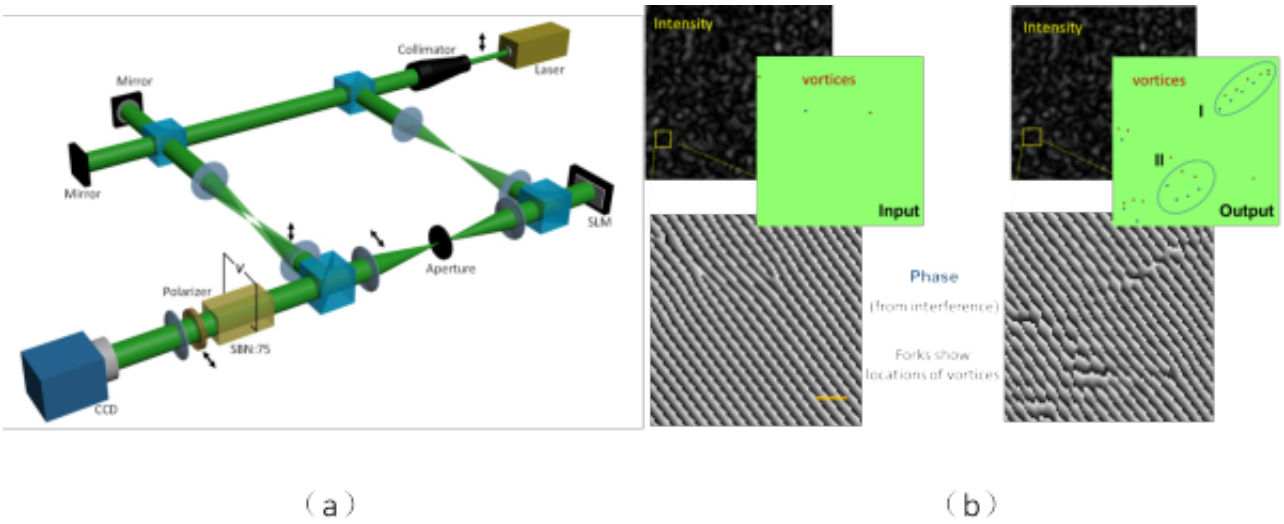
近日，中国科学院上海光学精密机械研究所信息光学与光电技术实验室与美国普林斯顿大学电子工程系合作，对具有不同相干长度随机相位光束经非线性传播后所形成的散斑场的统计性进行实验测量，观察到随着自由光涡旋的产生，散斑场的自关联函数从幂律衰减退化为指数衰减。该研究以光子学系统对凝聚态物理中的Berezinskii-Kosterlitz-Thouless(BKT)相变理论进行量化实验验证，印证非线性光学与凝聚态物理、冷原子物理等多个学科之间有着某些共同的理论基础，揭示随机光场的相关性与涡旋动力学之间深刻而复杂的联系，为进一步探索非平衡态下的相干-涡旋动力学提供了新的基点。相关研究成果以*Dynamics of the Berezinskii-Kosterlitz-Thouless transition in a photon fluid*为题，发表在《自然 光子学》（*Nature Photonics*）。

在该光子BKT实验中，研究人员以输入光波的随机性来模拟一个二维系统的“ 温度 ”。这可以通过对入射光波进行随机相位编码来实现：“ 温度 ”越高意味着随机相位的相干长度越短。如图1a所示，把经过随机相位编码的光束输入到一个施加电场的光折变晶体SBN中，并把其偏振态调整至与晶体光轴一致，在外加电场的作用下，光在晶体中传播会发生自散焦或自聚焦效应，这个过程与二维系统波函数随时间的演化一样，可以非线性薛定谔方程来描述。通过对晶体输出面的光场进行数字全息成像，可以重构出其相位分布，进而确定所有涡旋的位置和数量（图1b）。

主要实验测量结果如图2所示。图2a显示的是在不同外加负电压情况下，输出散斑场中新生自由涡旋的数量与输入场的“ 温度 ”之间的函数关系，实验数据与BKT理论预测完全一致：当系统的“ 温度 ”低于某个临界温度时，没有自由涡旋的产生，此时输出的散斑场保持准长程有序，其关联函数满足幂律衰减（图2b）。当“ 温度 ”高于临界值后，系统的熵增加，则倾向于产生了新的自由涡旋（因为涡旋的能量与熵一样，都是自然对数函数）。随着“ 温度 ”的升高，涡旋数量增加，涡旋导致场的扭曲，系统的相干性遭到破坏，其关联函数退化为指数衰减（图2c）。通过计算散斑场的关联指数清楚地看到系统在这两个“ 态 ”之间的转化（图2d）。

研究工作得到中科院前沿科学重点研究计划项目和国家自然科学基金委中德合作小组项目的支持。

论文链接



（a）　　（b）

图1.(a)光子BKT实验系统示意图。(b)对照输入输出面的相位，可发现自由涡旋的产生。

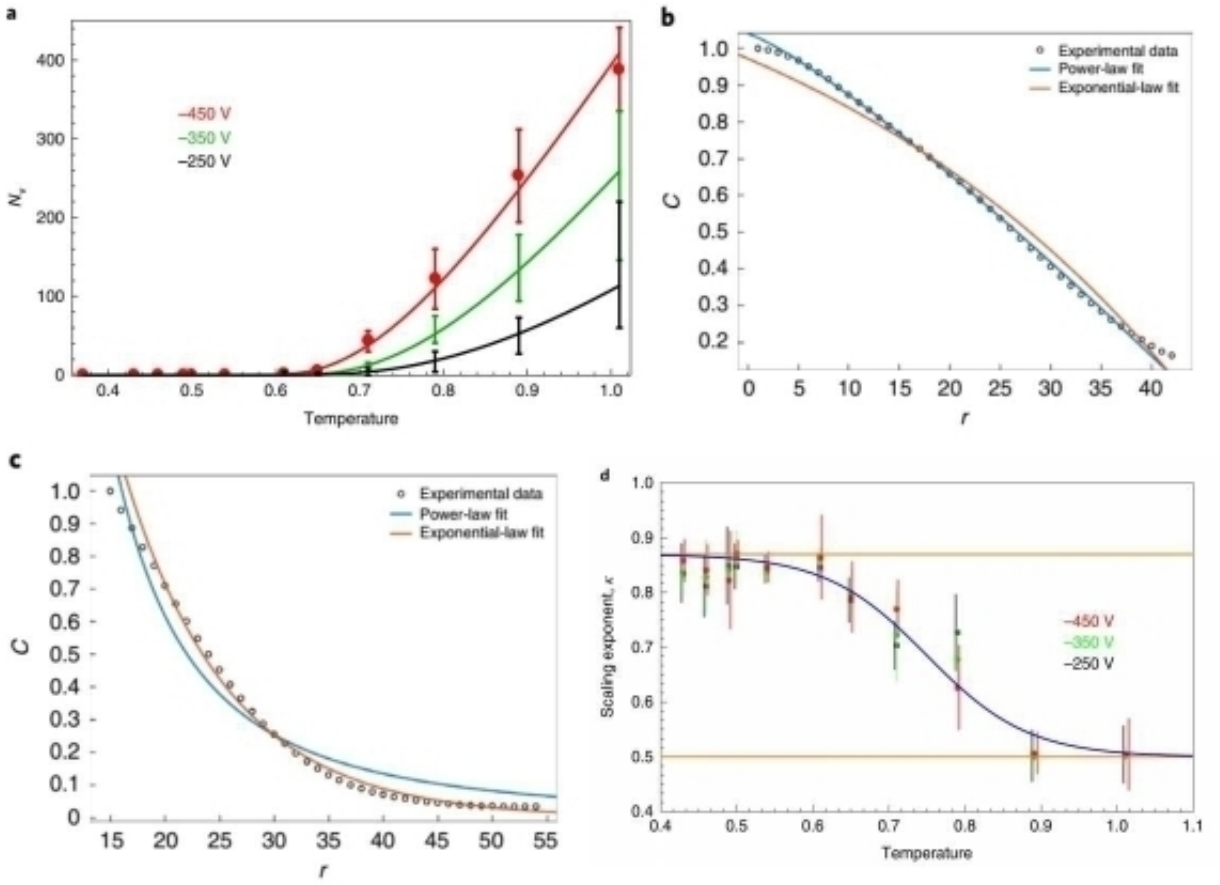


图2.光子BKT实验主要结果。(a)新产生涡旋与系统“温度”的关系；(b)在低于临界温度时，系统的相干性呈幂律衰
减；(c)而在高于临界温度时，则呈指
数衰减；(d)关联指数$_k$清楚显示出随着温度的变化，系统在两个“态”之间转化。

研究团队单位：上海光学精密机械研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发