

---

# 半导体所等在Kagome量子自旋液体分数化自旋激发研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/14013.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！*

量子自旋液体是一种新的物质形态，可用拓扑序的长程多体纠缠来描述。量子自旋液体备受关注，这是由于其在高温超导机制和量子计算中的广阔应用，更源于其背后深刻的物理机制。自旋 $1/2$ 的Kagome晶格反铁磁体系具有强烈的几何阻挫和量子涨落，是可能存在量子自旋液体的典型模型。 $\text{ZnCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_2$

是第一个备受关注的kagome量子自旋液体体系，前期研究表明，该体系在远低于居里-外斯温度下均无法实现长程有序，且通过中子散射技术可探测到磁激发连续谱，是分数化自旋激发的典型特征。大部分Kagome量子自旋液体的研究均集中在这一体系。近期，X射线衍射和二次谐波研究均发现，该体系在低温时存在晶格畸变，并非完美Kagome晶格。因此，寻求理想Kagome晶格量子自旋液体并从实验上确定量子自旋液体基态是目前凝聚态物理的重要问题之一。这时，另一Kagome量子阻挫体系 $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 的制备引起关注。相应的粉末样品在温度降到低于居里-外斯温度四个数量级的 $0.02\text{ K}$ 下时尚未探测到长程磁有序现象。然而，仅从长程磁有序的缺失来判定量子自旋液体的存在是不够的，更直接的光谱学证据是分数化自旋激发——自旋子的激发，但由于单晶 $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 难以制备，目前尚未有相关的光谱学研究。

拉曼散射是利用激光与材料相互作用产生的非弹性散射光来研究元激发的光谱技术，可用于探测声子的散射，还可用于研究各种磁激发，如Kagome反铁磁有序体系中的自旋波（即磁振子激发）和Kagome量子自旋液体中退禁闭自旋子激发等。通过直接比较具有相似晶格结构的Kagome反铁磁有序和Kagome量子自旋液体体系中的磁激发拉曼光谱，对揭示退禁闭自旋子激发和寻找理想Kagome量子自旋液体具有重要意义。

近日，中国科学院半导体研究所研究员谭平恒研究组与南方科技大学教授梅佳伟研究组合作，利用超低频和偏振拉曼光谱

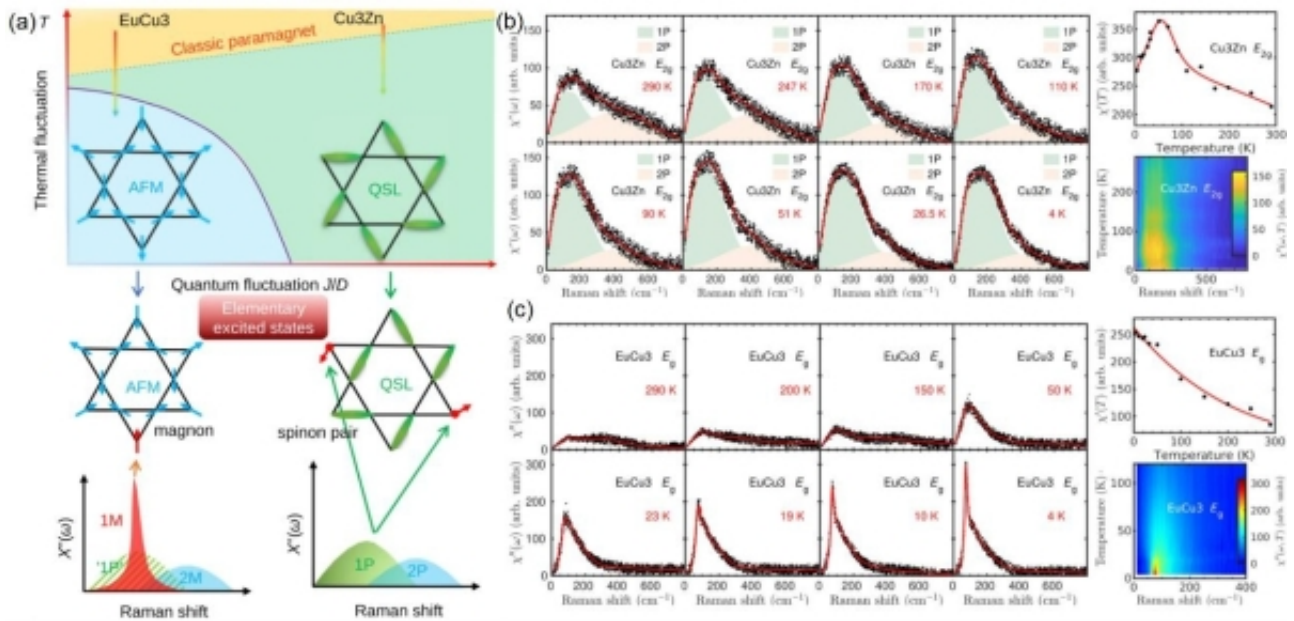
技术，探究了梅佳伟研究组所生长的单晶 $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6$

FBr的晶格结构和磁激发特性，为揭示量子自旋液体的自旋子激发提供了充分证据。研究发现， $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 的晶格在 $4\text{ K}$ - $300\text{ K}$ 下没有发生畸变，且存在 $E_{2g}$ 的磁激发连续谱，可分解为自旋子-反自旋子对（ $1P$ ）和双自旋子-反自旋子对（ $2P$ ）的激发，与Kagome量子自旋液体的相关理论计算结果相吻合，其中 $1P$ 的磁激发是自旋子激发的指纹图谱。通过将其磁激发拉曼光谱和Kagome反铁磁有序体系 $\text{EuCu}_3(\text{OH})_6$

$\text{Cl}_3$ 的磁激发拉曼光谱直接对比发现，后者在温度降到Neel相变温度以下时，其 $1P$ 磁激发连续谱中出现一个窄线宽的单磁振子拉曼峰，明

显有别于 $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 的磁激发拉曼光谱。通过此对比实验，研究指出该磁振子模是自旋子-反自旋子态的束缚态，Kagome体系中自旋子的禁闭可驱动量子自旋液体向磁有序态的相变。

该研究为揭示 $\text{Cu}_3\text{Zn}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 是理想的Kagome量子自旋液体体系及其分数化自旋激发提供了证据，也为探测和研究量子自旋液体体系磁激发提供了新思路。相关研究成果在线发表NatureCommunications (DOI: 10.1038/s41467-021-23381-9) 上。梅佳伟、谭平恒为论文的共同通信作者，南方科技大学博士研究生付盈和半导体所博士林妙玲为论文的共同第一作者。



(a) 反铁磁体 $\text{EuCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_3$ 和量子自旋液体体系 $\text{Cu}_{3.18}\text{Zn}_{0.82}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 的磁激发示意图；(b)  $\text{Cu}_{3.18}\text{Zn}_{0.82}(\text{OH})_6\text{FBr}$ 和 (c)  $\text{EuCu}_3(\text{OH})_6\text{Cl}_3$  随温度变化的拉曼光谱、拉曼磁化系数和拉曼响应

研究团队单位：半导体研究所

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](https://www.iikx.com)转发