



中国科学院物理研究所 BSNS供稿
北京凝聚态物理国家研究中心

第48期

2020年06月17日

金属玻璃中类声子属性研究进展

声子是晶格集体振动的元激发。上世纪30年代人们通过引入这一量子化概念建立的晶体材料中晶格振动的动力学理论，成功地解释了很多相关的物理性质与物理现象，如固体的比热、电阻、BCS超导机制等。另一方面，自然界中还存在大量原子长程排列无序的非晶态固体，其原子的无序排列造成了空间平移对称性破缺，人们对它的动力学属性认知非常有限。非晶态的原子振动模式是怎样的？是否存在高频声子？是否存在横声学支声子？到目前为止，这些基本科学问题仍悬而未决，这主要是由于现有的实验技术不能提供清晰的实验数据，缺乏有效的实验观测。因此，对非晶材料中原子振动的研究不仅有助于非晶体系中原子振动动力学理论模型的构建，亦将有助于加深对玻璃态本质的认识，而后者被Science杂志列为本世纪125个最具挑战性的科学难题之一。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心博士生李西阳（现加拿大UBC博士后），在物理所北京散裂中子源靶站谱仪工程中心王芳卫研究员与香港城市大学物理系王循理教授共同指导下，联合中国人民大学物理系李茂枝教授、博士生张华平，南京理工大学兰司教授等合作者，使用飞行时间非弹性中子散射技术结合分子动力学模拟对 $Zr_{46}Cu_{46}Al_8$ 金属玻璃中的原子振动动力学进行了深入研究。实验观测发现，该无序材料中亦存在类周期性晶体材料中声子动力学属性的原子振动模式，既横纵声学模，但无光学振动模。进一步地，实验上首次把横声学支声子从具有色散的高频横纵混合声子态密度中分离出来(图一)，证实了非晶中高频横声学支声子的存在。分子动力学模拟发现，非晶材料中横声学支声子半峰宽与静态结构因子之间存在普适的正相关关系(图二)，表明横声学支声子在理解非晶材料的结构性能关系中扮演至关重要的作用。以上研究结果为非晶态中动力学理论模型的建立提供了新的实验证据，对深入认识玻璃的本质具有重要意义。相关结果以题名为“Observation of high-frequency transverse phonons in metallic glasses”发表在Physical Review Letters杂志上。

此工作实验上使用了当今世界最先进的美国散裂中子源和日本散裂中子源及美国光源的实验谱仪，由中美日三国科学家合作完成，首次在非晶体系中测得了高频横声学支声子振动模。该研究得到了香港裘槎基金（9500034）、香港研究资助局(JLFS/P-102/18)、国家自然科学基金（51571170, 51871120, 51631003, 11675255）、科技部国家重点研发计划（2016YFA0401503, 2016YFA0401501）、973计划（2015CB856800）等的资助。

相关工作链接：Observation of high-frequency transverse phonons in metallic glasses.

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.124.225902>

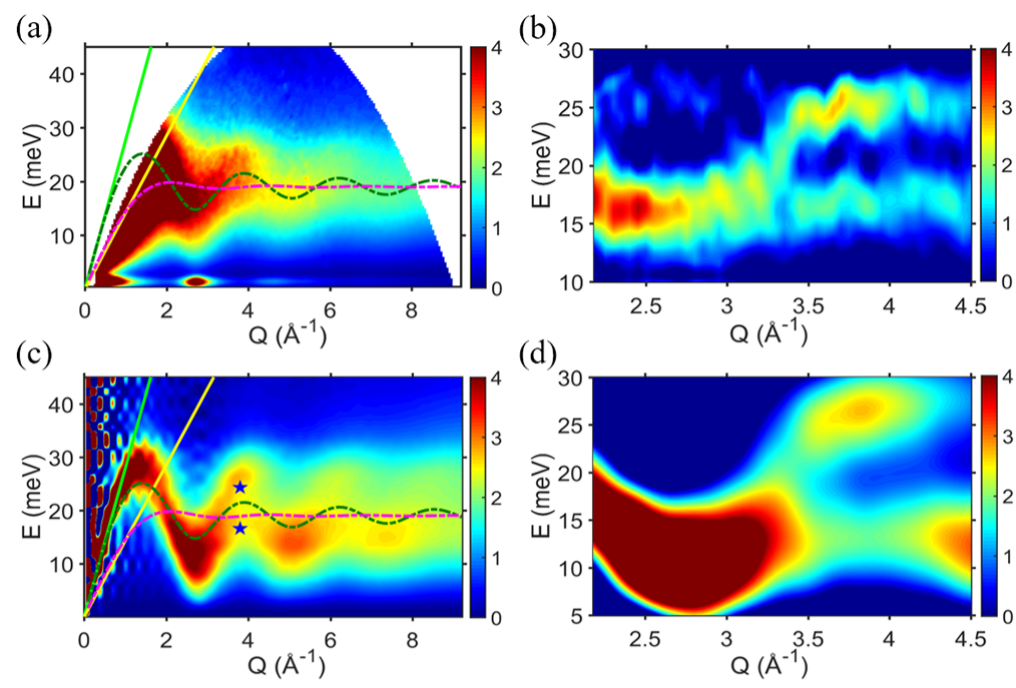


图1:中子散射结合分子动力学模拟对 $Zr_{46}Cu_{46}Al_8$ 金属玻璃中类声子属性的研究。此研究结果首次在非晶体系中测得高频横声学支声子振动模。(a)(c)分别为非弹性中子散射实验和分子动力学模拟得到的类声子态密度分布；(b)(d)分别对应(a)(c)中数据的二次微分结果。

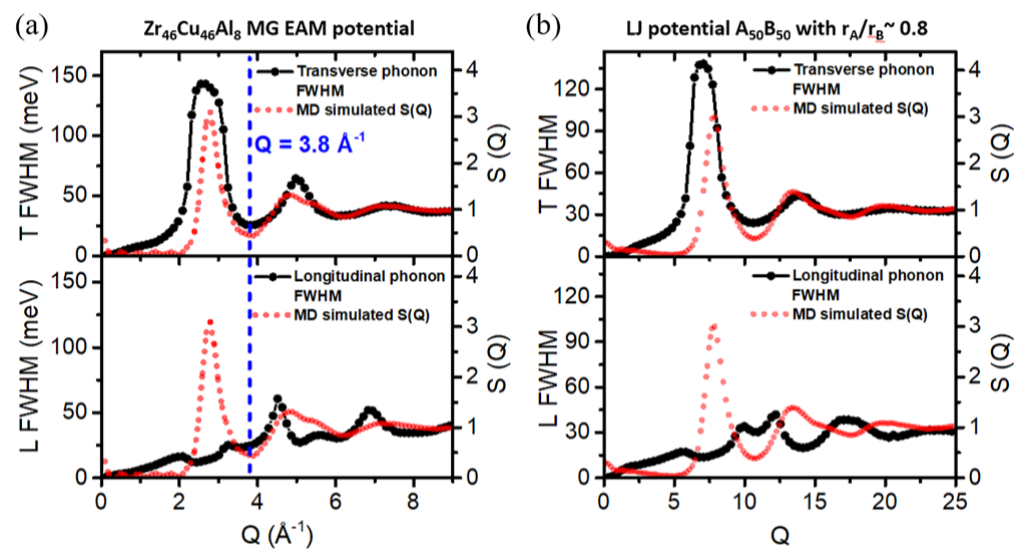


图2: 横声学支声子半峰宽和静态结构因子之间的正相关关系, 纵声学支声子不存在此对应关系。LJ势证明此对应关系具有普适性。

[PRL 124, 225902 \(2020\).pdf](#)

公开课 微信 联系我们 友情链接 所长信箱 违纪违法举报

