

中国科学院物理研究所 EX5组供稿  
北京凝聚态物理国家研究中心

第1期

2025年01月02日

## 新兴含能材料创制：原子氮聚合物常压合成

颠覆性含能材料指能量密度比常规含能材料高一个量级以上的新一类高能量密度物质，是含能材料研究的前沿和难点，典型代表之一为聚合氮化合物。氮气分子由 $N\equiv N$ 三键组成，约为 $946\text{kJ/mol}$ 的键能成为储存最强化学能的双原子分子之一，氮因之成为含能材料的重要组成。理论预测，氮分子在高压将转化为 $N-N$ 单键组成的具有类金刚石立方偏转结构的原子晶体即聚合氮(简称 $cg-N$ )，其中 $N-N$ 单键的键能约为 $160\text{kJ/mol}$ 。由于 $N-N$ 单键和 $N\equiv N$ 三键之间巨大的键能差，当聚合氮转化为氮气时将释放巨大能量，聚合氮成为物理和材料科学战略性基础材料的重要研究对象。

中国科学院物理研究所高压团队从上个世纪九十年代起，开展氮的物理压缩技术攻坚，研究了氮随压力的结构演变。德国马普所的科学家于2005年在100万级高压和 $1000^\circ\text{C}$ 高温条件首次实现类金刚石结构的原子氮聚合物的制备，但只能在高压条件维持聚合氮结构，无法常压条件回收。如何在常压条件实现聚合氮的制备，成为新兴含能材料领域长期面临的重大挑战。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心极端条件物理重点实验室靳常青团队长期开展高压极端条件新兴高能量密度含能材料的研制，设计研发了序列具有自主知识产权的高压、变温、强场综合极端条件材料先进实验装置，可实现低温流体原料封装、高压聚合化制备及多变量耦合的材料生长和表征。近期，靳常青研究员和张俊副研究员指导硕士研究生陈润滕等人，在聚合氮材料的常压研制上取得重要进展。团队突破了传统超高压聚合路线制备聚合氮材料难以稳定到常规条件的长期技术难题，独辟蹊径提出物理化学结合的“一锅法”聚合技术方案，成功制备了常压条件可稳定回收的具有立方构型的原子氮键合的聚合物。通过高分辨拉曼光谱表征，得到 $cg-N$ 材料指纹振动谱，标志成功的实现 $N-N$ 单键组成的 $cg-N$ 材料。

相关研究工作以“A facile route to synthesize cubic gauche polymeric nitrogen”为题发表在Science Bulletin(Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scib.2024.11.004>)上，研究生陈润滕为第一作者，靳常青和张俊为共同通讯作者。靳常青和张俊负责相应项目的运行，北京理工大学合作者参与了部分研究。本研究受到中国科学院稳定支持项目的资助。

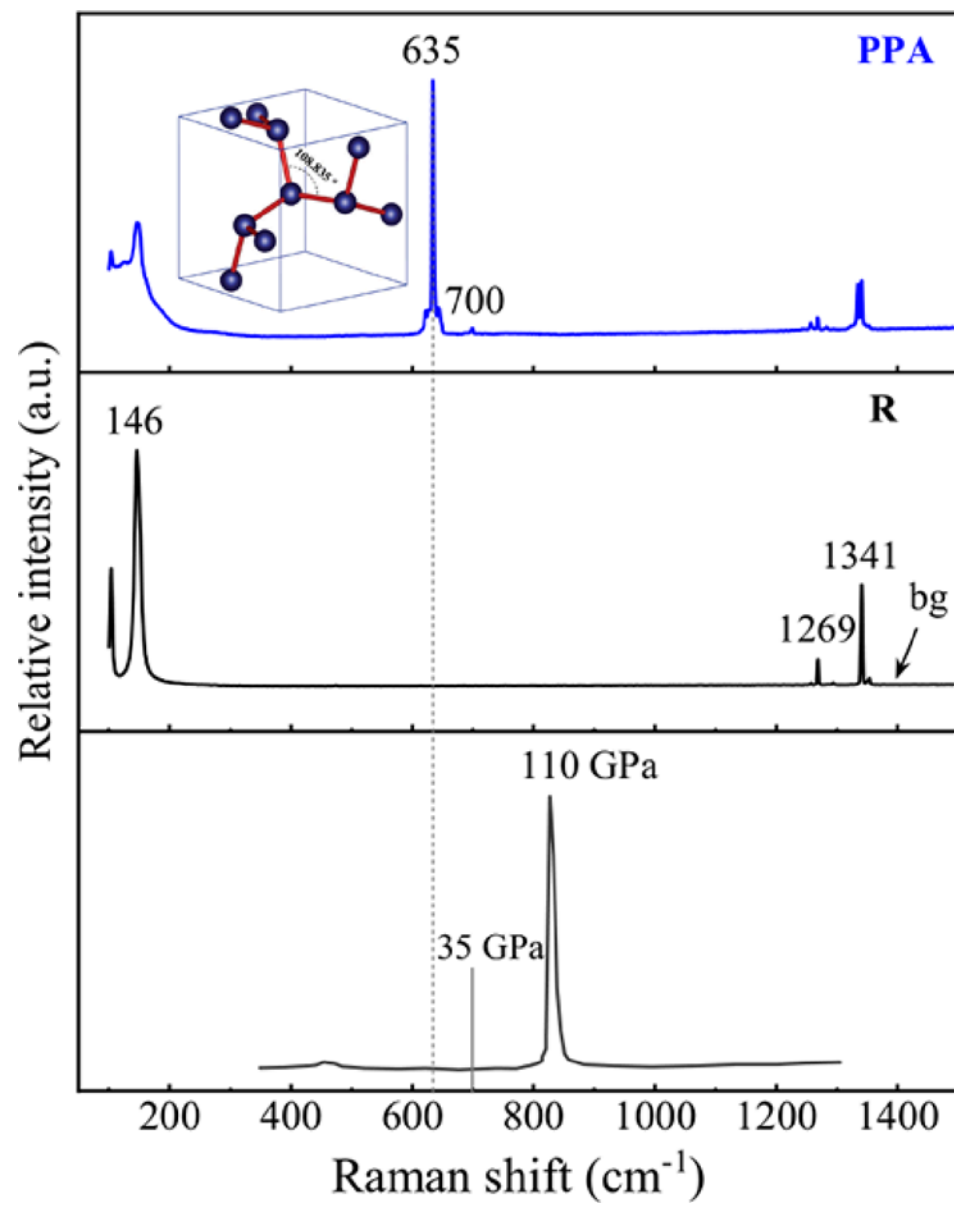


图1.原子氮聚合物 (cg-N) 的类金刚石立方结构和对应的拉曼谱

[Science Bulletin 69, 3812–3814 \(2024\).pdf](#)

[电子所刊](#)
[公开课](#)
[微信](#)
[联系我们](#)
[友情链接](#)
[所长信箱](#)
[违纪违法举报](#)



版权所有 © 2015-2024 中国科学院物理研究所 京ICP备05002789号-1 京公网安备1101080082号 主办：中国科学院物理研究所 北京中关村南三街8号 100190