
新型高质量手性分子插层超晶格材料

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18980.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！

新型高质量手性分子插层超晶格材料。北京时间2022年6月29日，美国加州大学洛杉矶分校段镶锋课题组在国际顶级学术期刊Nature上发表了一篇题为Chiral molecular intercalation superlattices的新研究，课题组成功设计并制备了一种新型的高质量手性分子插层超晶格材料。该材料展示出了高度有序的超晶格结构和手性光学选择特性。

段镶锋教授为论文通讯作者，钱琦博士、任华英博士为论文的共同第一作者。

手性诱导的自旋选择性（chiral induced spin selectivity, CISS）效应将电子的自旋与分子的手性直接关联起来，这一发现揭示了即使在外加磁场的环境下也能够实现电子自旋方向调控的现象，从而为新型自旋电子器件的开创提供了崭新的可能性。在近年的研究工作中，研究者虽然已经发展了几种将CISS引入固态材料体系的方法，然而这些制备方法及其材料体系往往受到手性分子系统的高度不均匀性、低自旋选择性和有限的稳定性的困扰，难以最终形成高效选择性、高稳定性的自旋电子器件。

针对以上亟需解决的关键问题，美国加州大学洛杉矶分校段镶锋课题组，拓展了可用于CISS研究的固态材料体系，成功设计并制备了一种新型的高质量手性分子插层超晶格（chiral molecular intercalation superlattices, CMIS）材料。该材料展示出了高度有序的超晶格结构和手性光学选择特性。此外，作者通过使用CMIS作为电子自旋过滤层，设计加工了一种高效自旋隧穿电子器件，实现了高于300%的自旋磁阻比，以及高于60%的自旋极化率，远远超过了其他手性分子隧穿器件。

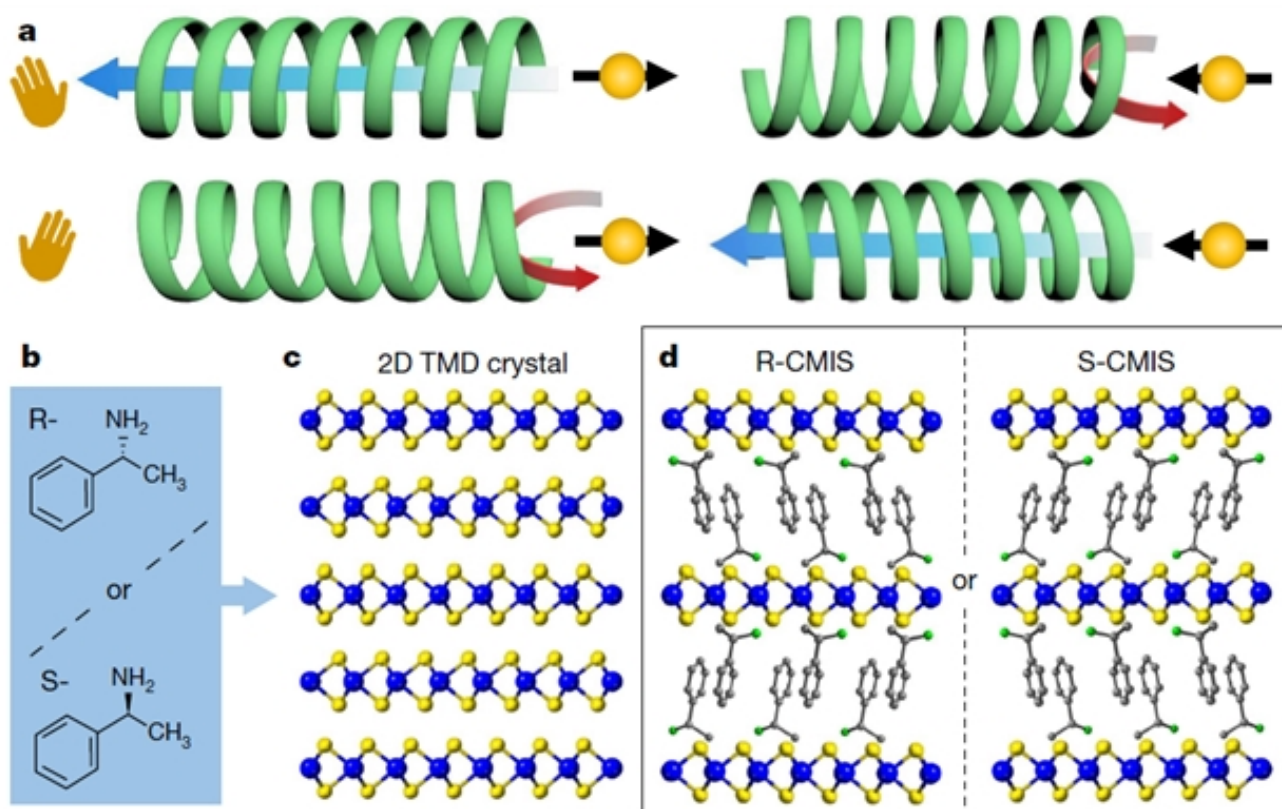


图1：CISS以及CMIS示意图

二维层状晶体通过相邻原子层之间较弱的范德华相互作用力堆叠在一起而形成，这种没有共价键连接的层与层之间是无数的范德华间隙。这种独特的间隙使得许多外来分子可以插入其中，与此同时还保持二维材料原子层内的晶体结构不被破坏，从而形成完美超晶格。通过化学插层的方法，作者成功地将手性分子R- α -methylbenzylamine (RMBA) 和S- α -methylbenzylamine (SMBA) 及其他分子（见文章正文）插入到二维层状晶体H-TaS₂、T-TaS₂以及TiS₂中形成了多种CMISs。

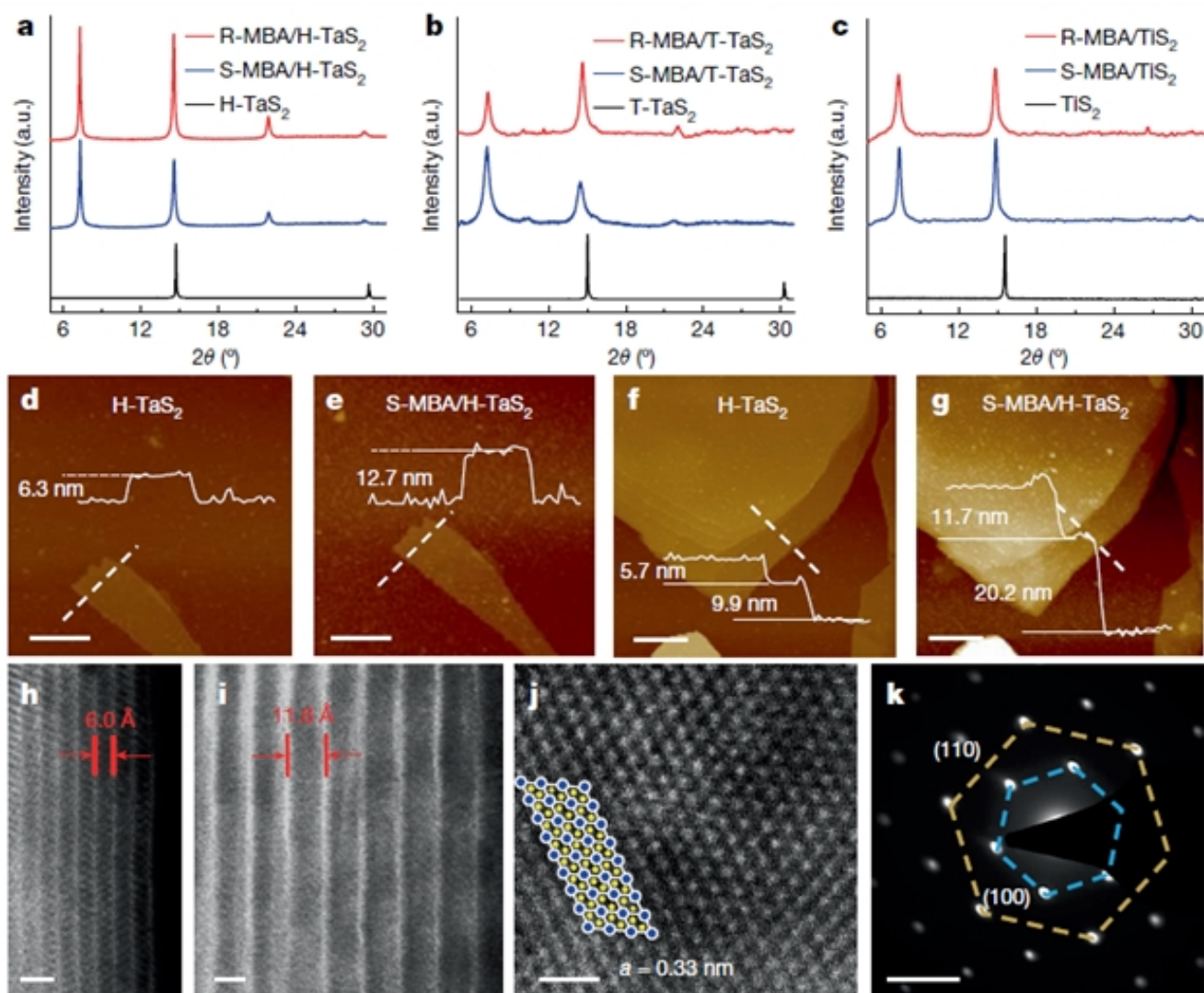


图2：CMIS的结构表征

作者使用XRD、AFM、STEM、SAED对CMIS的超晶格结构进行了表征。通过XRD测试发现，经过插层反应材料整体的层间距对比原始材料的层间距有显著的增加，且其增加数值与AFM原位测量出的插层前后的高度差以及STEM高分辨图像中所示的层间距变化数值相吻合，证明了手性分子已经被有序地插入了二维材料体系，并且形成了高度有序的超晶格结构。通过面内的高分辨图像及SAED可发现，被插层后H-TaS₂的面内晶格排列并未改变，这对二维材料与手性分子基本性能的复合具有重要意义。

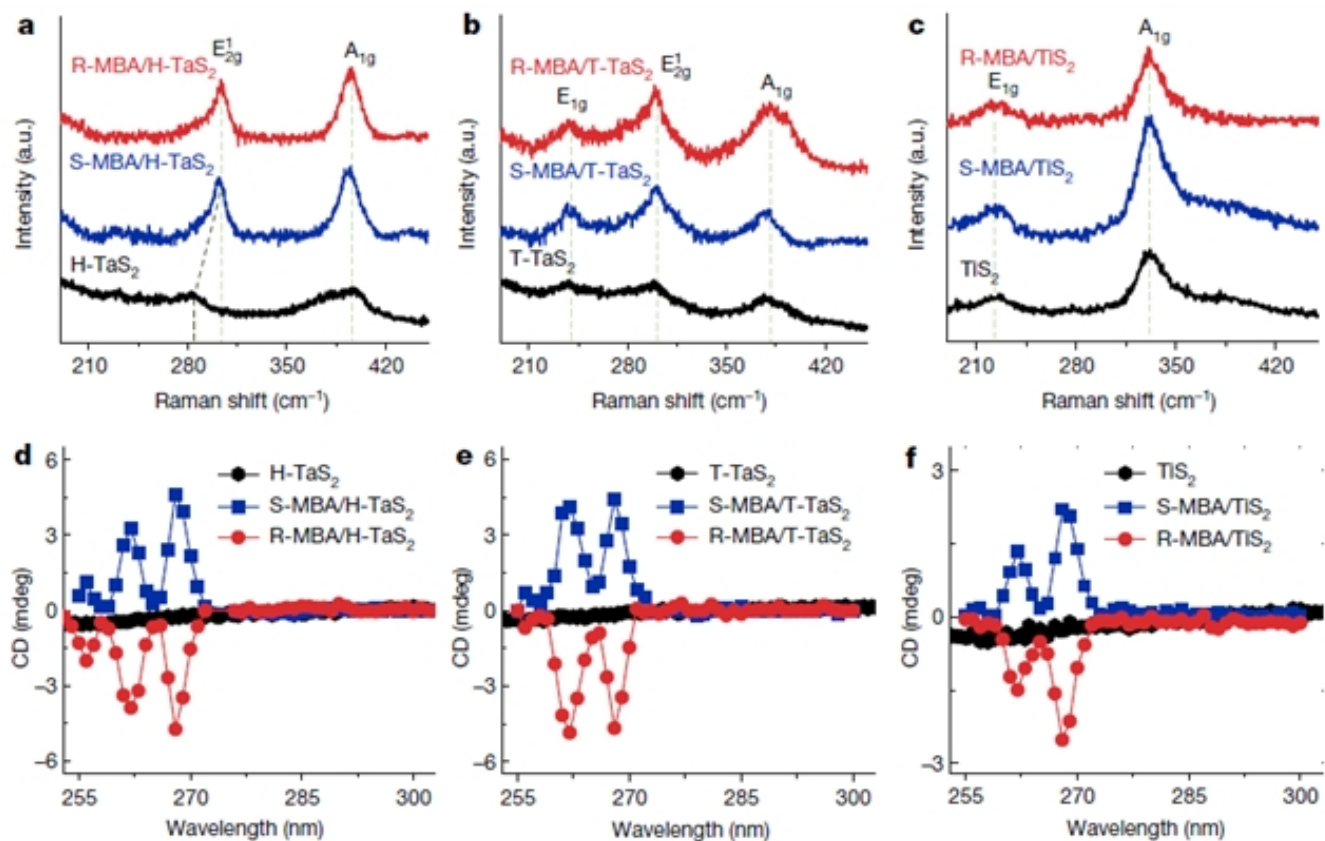


图3：CMIS的光学特性

通过拉曼光谱检测进一步说明了CMIS中二维材料原子层的晶体结构完好，质量较高。值得一提的是，对于H相的TaS₂材料来说，本征体相H-TaS₂材料相比，拉曼峰有明显位移，这与单层H-TaS₂的拉曼峰一致，进一步证明了MBA分子已经被逐层插入到了层状材料中，并形成了有序的超晶格结构。此外圆二色性光谱检测表明CMIS具有明显的旋光选择特性，其手性与使用的分子手性CD信号方向一致，而使用外消旋分子插层形成的CMIS则没有手性信号检出。

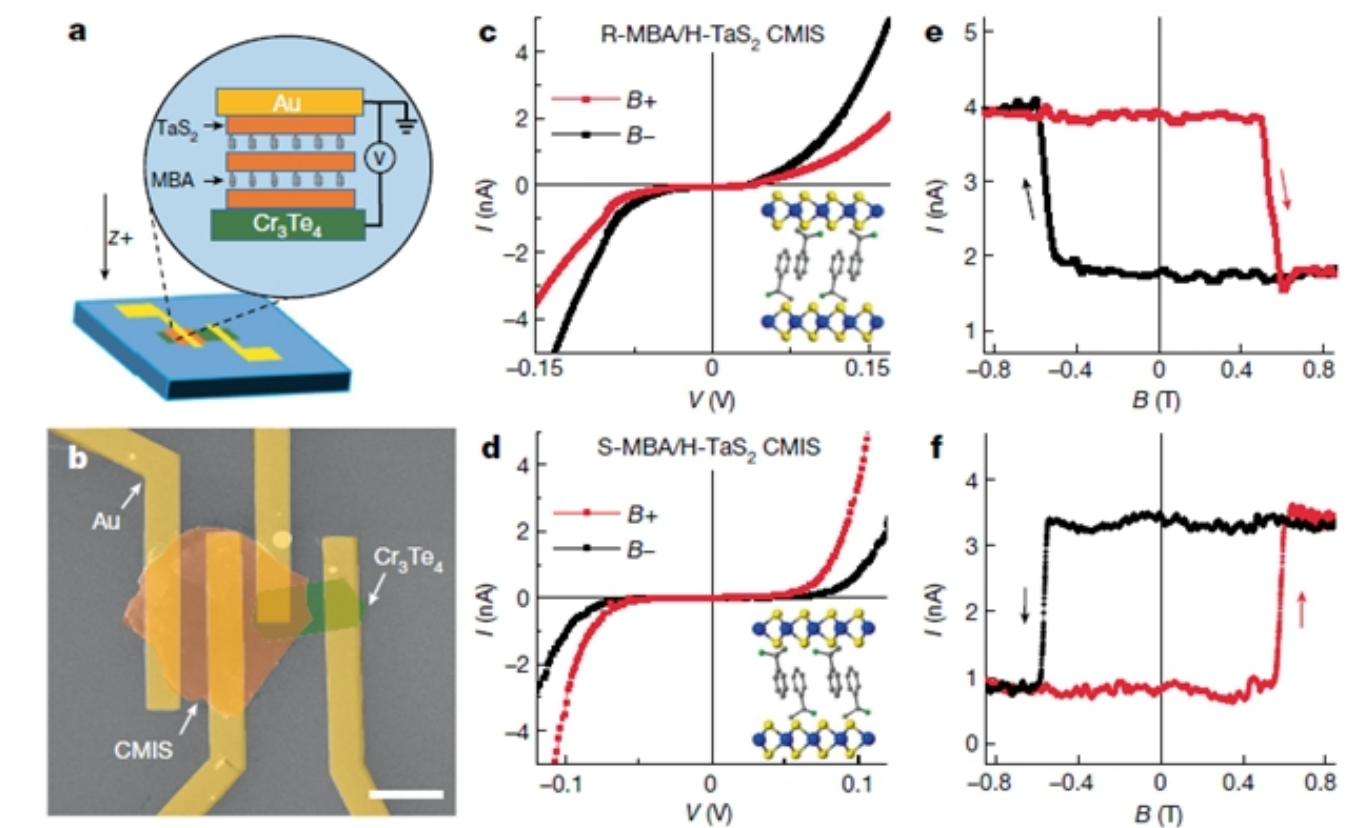


图4：基于CMIS的自旋隧穿器件

CMIS可视为一种多层自旋选择器件串联的结构，该结构可有效地增强自旋过滤效应和自旋极化率。作者通过使用CMIS作为自旋过滤层，层状磁性材料 Cr_3Te_4 作为自旋极化层，构筑了一种高效稳定的自旋隧穿电子器件，并观测到了不同手性的CMIS在相反方向的磁场下相应的IV曲线以及磁场扫描曲线，实现了超过300%的自旋磁阻比，以及超过60%的自旋极化率。

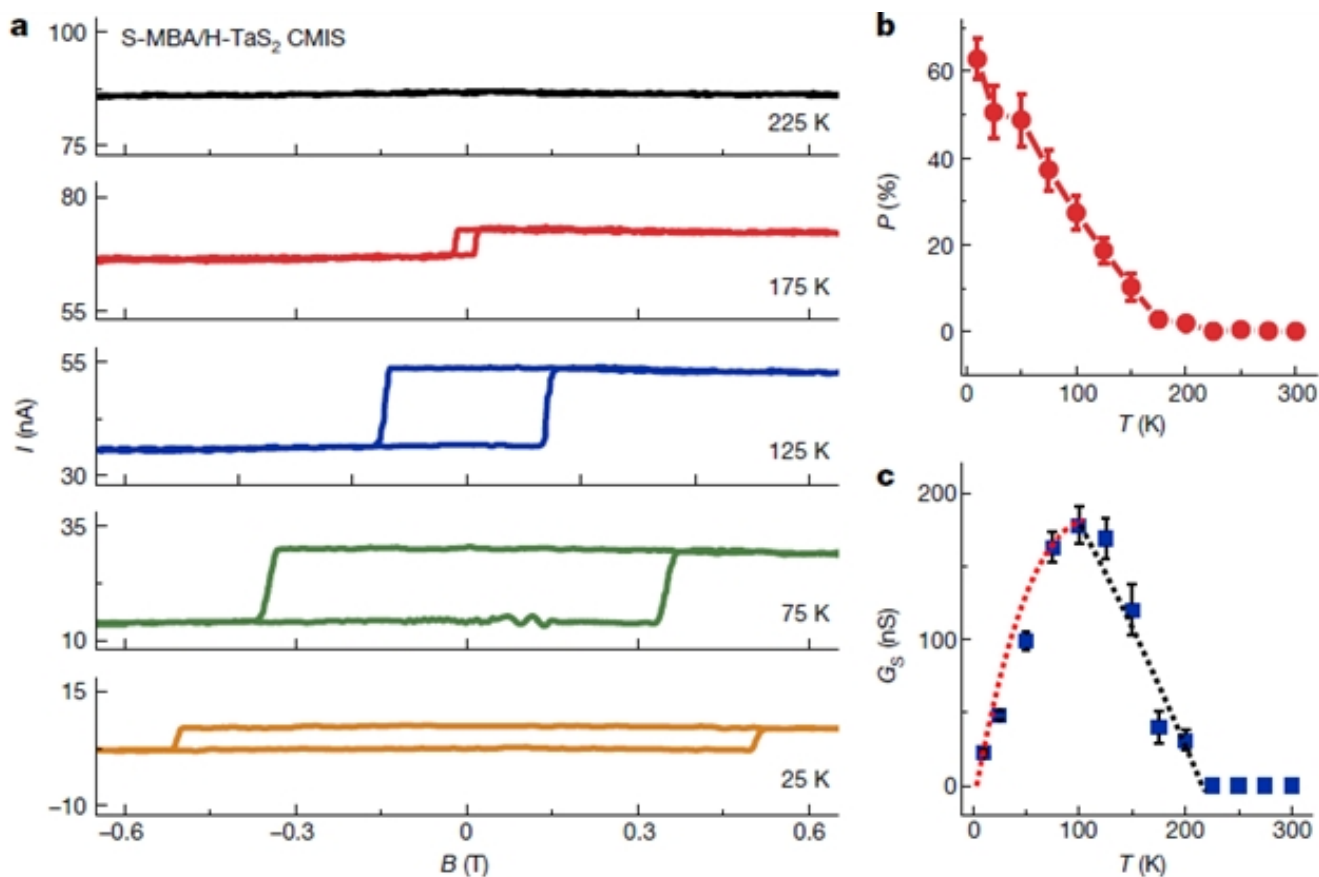


图5：自旋隧穿器件随温度变化的输运特性曲线

通过进一步的研究，作者发现基于CMIS的自旋隧穿器件的自旋极化率随着温度的升高而逐步降低，在温度高于Cr₃Te₄的居里温度以后变为零。另一方面，自旋极化率受与自旋相关的隧穿电导和与自旋不相关的隧穿电导两部分影响。其中与自旋相关的隧穿电导展示了非单调的温度特性，这是由于铁磁体中的自旋极化与手性分子振动相互竞争导致的。这一系列实验结果表明CMIS是一个高质量的固态材料体系，非常适用于在此基础上展开对CISS基本原理的进一步探究。

下一步，通过更换不同二维层状材料和手性分子，该手性超晶格材料结构有望拓展出更加丰富的人造手性材料体系，为固态手性材料的设计开拓了新的思路，为进一步研究CISS效应并捕捉其在新型自旋电子器件的广泛应用创造了新的可能。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04846-3>

作者：段镶锋等 来源：《自然》

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

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发