
物理所在磁子转移力矩效应的实验验证研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16435.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！

自旋力矩为人们利用电学方法高效调控磁矩翻转提供了重要手段。自旋力矩通常由自旋极化电流或电流经由自旋霍尔效应转化的纯自旋流产生。二者分别命名为自旋转移力矩（Spin Transfer Torque, STT）、自旋轨道力矩（Spin Orbit Torque, SOT）。基于这些手段，学术界和工业界开发出第二代平面磁各向异性、第三代垂直磁各向异性STT-MRAM及第四代SOT-MRAM磁随机存储器（Magnetic Random Access Memory, MRAM）自旋芯片；且STT-MRAM已在规模化试应用。

自旋波或磁子，即磁有序系统的集体元激发，已被证明可以不借助带电电子的移动而仅利用局域自旋之间的耦合来远距离传输自旋角动量，有望成为自旋信息传输、存储和处理的优良载体。因此，验证磁子是否也具备转移并传递自旋力矩的能力，成为磁子学和自旋电子学的前沿待解难题。尽管已有关于磁子转移力矩（Magnon Transfer Torque, MTT）纯理论研究的报道，但实验上如何精确验证该效应的存在颇具挑战性。实验研究的难度在于如何排除各种非内禀因素对MTT效应的干扰。例如：如何完全排除经典电子自旋流的影响，如何排除其他非自旋力矩因素（如外加磁场）的干扰等。

近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心M02组博士研究生郭晨阳、副研究员万蔡华和研究员韩

秀峰等，巧妙地设计并制备出具有垂直磁

各向异性的 $Y_3Fe_5O_{12}$

/NiO/Pt磁子异质结，并借助自旋力矩驱动的磁矩翻转效应证明了MTT效应的存在。在该结构中，如图（a）所示，Pt作为具备强自旋轨道耦合作用的重金属材料，通过流经它的电流产生纯自旋流。NiO作为反铁磁绝缘体，可用于电子自旋流向磁子自旋流的转化，即产生纯磁子流。具有垂直磁各向异性的绝缘体 $Y_3Fe_5O_{12}$

作

为磁

子流的吸

收层，可通过观察

其垂直磁矩的变化来判断MTT的存在

并评估MTT的大小。 $Y_3Fe_5O_{12}$

和NiO作为绝缘体，可以阻止电子进入其中，因而可以完全排除经典电子自旋流对磁矩翻转的影响；垂直磁化的 $Y_3Fe_5O_{12}$

从对称性上还可以完全排除电流诱导的水平奥斯特磁场使其发生 180° 确定性翻转的可能性。因

此，在该系统中仅有流经反铁磁绝缘体NiO的磁子流可以对磁性绝缘体 $Y_3Fe_5O_{12}$

施加力矩作用、且导致垂直磁矩的翻转，从而明确地验证了MTT的存在。根据自旋力矩驱动垂直磁矩翻转效应的特点来看，如果面内辅助磁场反号，垂直磁矩被自旋力矩驱动翻转的方向亦反号。这是MTT作用于垂直 $Y_3Fe_5O_{12}$ 的另一判据。图（b）中的结果均证实了MTT的存在。

该工作从实验上确立了磁子转移力矩MTT效应的图像，并表明MTT可用于磁矩的调控及其翻转，这为开发纯磁子存储器和磁子逻辑补齐了此前缺失的电学调控技术和方法。相关研究成果发表在《物理评论B》（Phys. Rev. B, 104 (2021) 094412）上。

磁子转移力矩（MTT）效应的（a）物理图像和（b）实验证明结果。（a）Pt中自旋流转换成NiO中磁子流，再将磁子携带的自旋角动量传递给具有垂直磁矩 $Y_3Fe_5O_{12}$ （YIG）的原理示意图；（b）利用反常霍尔效应监测MTT驱动磁矩翻转的实测数据。MTT效应驱动垂直磁矩翻转的回线清晰可见，且回线的方向（顺时针或逆时针）随水平辅助磁场的方向反转而反转。这些实验证据证明了MTT效应的存在。

研究团队单位：物理研究所

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