磁斯格明子自旋手性调控研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/7670.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！

磁斯格明子（Magnetic Skyrmion）是一种具有手性自旋的纳米磁畴结构单元。由于它具有拓扑保护稳定性、低驱动电流密度（比驱动传统磁畴壁低5~6个数量级）以及对磁场、温度和电场等多物理作用灵敏响应等特性，被认为是未来高密度、高速度、低能耗存储器件的理想信息载体。

磁斯格明子存储器件的设计主要基于赛道存储的概念，即利用自旋极化电流驱动磁斯格明子的产生、消失、连续运动，进而对磁斯格明子荷载的信息进行读取。最近理论研究表明，自旋极化电流除了可以对磁斯格明子进行上述操作外，还可以精确调控其拓扑自旋结构，例如利用电流驱动磁斯格明子空间自旋手性（helicity）的反转。此种调控将多态存储的概念引入到传统二元存储领域，从而极大地丰富磁斯格明子存储器件的设计思路和构建方式，这对磁斯格明子的应用拓展和基础物性研究都具有重要的科学意义，是该研究领域关注的科学问题之一。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心磁学国家重点实验室M05研究组近年来围绕新型磁斯格明子材料设计、性能调控和器件物理开展了一系列系统的研究，先后获得了MnNiGa和Fe_3Sn_2两类具有自主知识产权的宽温区磁斯格明子新材料体系[*Adv. Mater.* 28, 6887(2016); *Adv. Mater.* 29, 1701144

$_3Sn_2$单晶合金中获得创纪录宽温度区间稳定的磁斯格明子单列结构[*Nano Lett.* 18, 1274 (2018)]，并设计研发出调控磁斯格明子拓扑态的空间几何受限新工艺[*ASC Nano* 13, 922 (2019)]；与普林斯顿大学等相关课题组合作，
在Fe_3Sn_2单晶合金中观察到电子结构向列相及各向异性拓扑态[*Nature* 561, 91 (2018)]，并观察到磁斯格明子诱发的拓扑霍尔效应[*Appl. Phys. Lett.* 114，192408 (2019)]；近期又在MnNiGa合金中实现了利用水平磁场对磁斯格明子自旋手性的调控[*Phys. Rev. Applied* 12，054060 (2019)]。这些前期研究积累，初步验证了两类新材料用于制作高密度磁存储器件的可行性，也为电流调控磁斯格明子拓扑自旋结构的研究奠定了材料与物理基础。

最近，该课题组博士后侯志鹏（目前就职华南师范大学）、博士生李航和博士生丁贝和研究员王文洪等，在
磁斯格明子自旋手性的
调控及其机理研究方面取得新进展。他们在前
期Fe_3Sn_2
研究工作基础上，通过空间几何受限的方法，获得了具有高温区稳定性的磁斯格明子单列结构。同时，结合聚焦离子束和微纳加工等技术，成功制备出单列磁斯格明子微纳器件，并实现了磁性

斯格明子在宽达530K（100-630K）的温区内等间距规则排列（图1）。随后，他们利用高分辨洛伦兹透射电镜并结合电流脉冲技术，实时观测到电流驱动磁斯格明子自旋手性的反转现象。如图2所示，在外加脉冲电流的能量密度达到10^{9}~10^{10}A/m^{2}
这个门槛值（比驱动传统磁畴壁低2~3个数量级），磁斯格明子自旋排列的手性在左旋（counterclockwise）和右旋（clockwise）之间交替变换。进一步，他们结合微磁理论模拟获得了自旋手性反转过程的一个完整物理图像。如图3所示，当能量较小的极化电流通过单列磁斯格明子微纳器件，在自旋转移力矩的作用下，几何受限磁斯格明子的形状会发生扭曲。但由于受拓扑保护，扭曲的磁斯格明子拓扑自旋结构不会发生改变。而由于左旋和右旋手性的磁斯格明子具有相同的能量，当注入的极化电流能量足够跨越两种自旋态之间的势垒时，磁斯格明子的自旋手性会在自旋转移力矩驱动下，在左旋和右旋之间发生连续反转，整个（左旋→右旋或右旋→左旋）翻转过程在几个纳秒之内完成。

该工作所揭示的几何受限磁斯格明子自旋手性反转的物理图像，不仅对磁斯格明子自旋结构的多场调控研究具有重要价值，同时也对磁斯格明子材料器件应用化具有重要的指导意义。相关工作的核心成果近期以*Current-Induced Helicity Reversal of a Single Skyrmionic Bubble Chain in a Nanostructured Frustrated Magnet* 为题发表于《先进材料》（*Advanced Materials*）杂志上。

该工作得到科技部（2017YFA0303202）、国家自然科学基金委（11574137, 11604148, 11874410, 11974298，61961136006）以及中科院（KJZD-SW-M01）等的支持。参与该工作合作研究的还包括沙特国王科技大学教授张西祥团队、香港中文大学（深圳）教授周艳团队和日本东京大学教授Motohiko Ezawa等。

文章链接：12

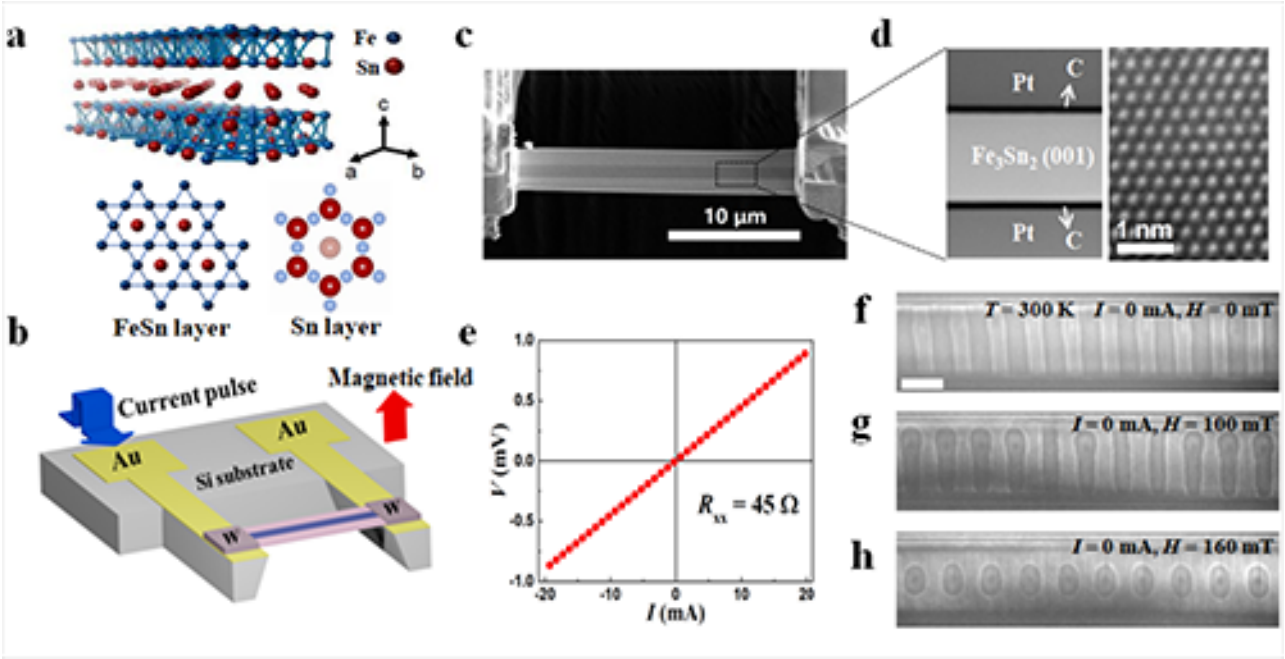


图1. 基于Fe_3Sn_2单晶合金的单链磁斯格明子微纳器件。

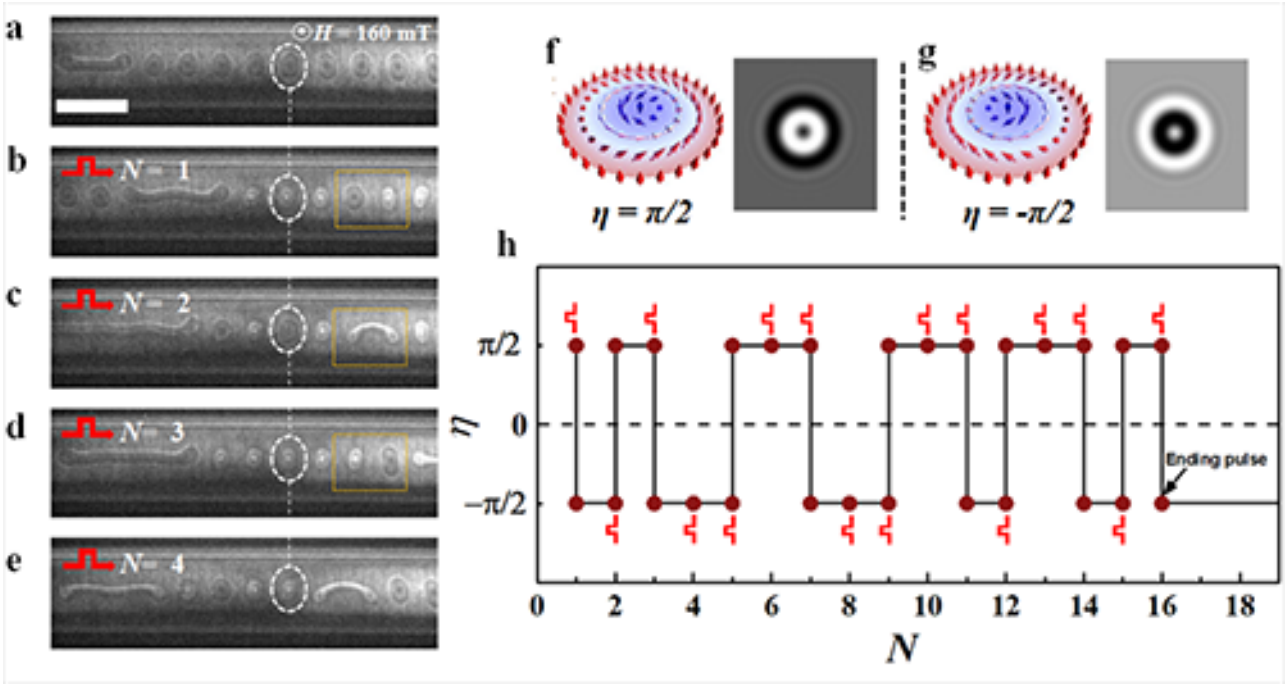


图2. 电流驱动Fe_3Sn_2单晶中磁斯格明子自旋手性反转的实验研究。

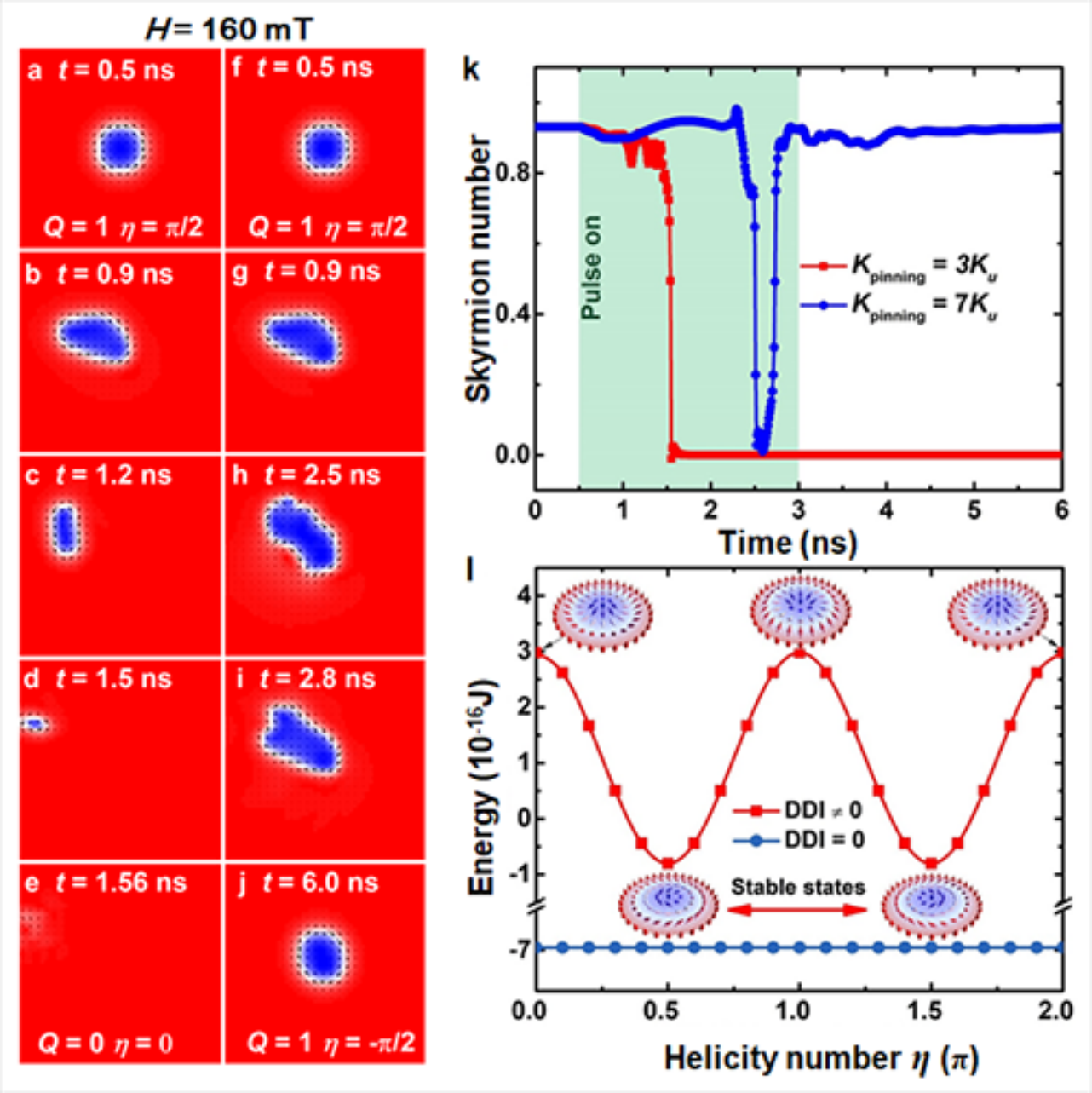


图3.电流驱动磁斯格明子自旋手性反转过程的微磁理论模拟。

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转发