
有机-无机杂化钙钛矿中的磁振子输运行为

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19383.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！

有机-无机杂化钙钛矿中的磁振子输运行为。2022年7月15日，陕西师范大学的刘生忠教授团队与西北工业大学的金克新教授、王拴虎副教授团队合作在Matter上发表一篇题为First Observation of Magnon Transport in Organic-Inorganic Hybrid Perovskite的新研究。

课题组通过构建Pt/MAPbBr₃/YIG非局域结构，依赖自旋塞贝克效应以及逆自旋霍尔效应研究有机-无机杂化钙钛矿薄膜的磁振子输运行为，且该研究发现钙钛矿薄膜具有长的磁振子扩散性能，充分展现了此类半导体作为自旋电子材料的优势。论文通讯作者是刘生忠、金克新、王拴虎；第一作者是任丽霞。

引言

以MAPbBr₃为原型的有机-无机杂化钙钛矿（Organic-inorganic hybrid perovskite，简称为OIHP）已成为新一代溶液加工型半导体，由于具备高的载流子迁移率、长的载流子寿命、强的光致发光等优异光电特性，OIHP已经引起了光伏领域的广泛关注和深入研究。随着研究的推进，人们逐渐在OIHP中观察到了Rashba效应以及磁场效应，并分析得知这些源于铅、卤素等重元素引起的强自旋轨道耦合（Spin-orbit coupling，简称为SOC）。并且近年来在MAPbBr₃薄膜中观察到的巨磁电阻效应充分揭示了此类材料的电子自旋性能，且其电子自旋输运参数可与传统半导体相当，由此人们关注到了OIHP的自旋属性以及其在自旋电子器件的前景。然而，受限于结构设计，使得在相关OIHP材料的研究中缺乏了磁振子注入研究，导致对其磁振子性能认识缺失。

作为自旋电子学的重要研究领域，磁振子学有望降低由自由电荷运动引起的能量耗散，并用自旋波（磁振子）去取代电子作为信息载体。因此，磁振子学在电信系统和雷达应用等方面发挥着重要的作用。通常自旋角动量流被称为自旋流（Spin current，简称为JS）。在固体中，非平衡自旋流有两种类型的载流子，即传导电子和磁振子。为了区分，我们将磁振子携带的自旋流称之为磁振子流。磁振子流可以通过自旋塞贝克效应（Spin Seebeck effect，简称为SSE）产生。将磁振子流转化成电荷流（Electric charge current）以及对这种行为进行调控，反之亦然，均是磁振子学的核心内容。详细过程可描述为：对于由铁磁材料（Ferromagnetic material，简称为FM）和非磁材料（Non-magnetic material，简称为NM）构成的异质结构，当异质界面处受到温度梯度（Temperature gradient，简称为T）的影响，由热驱动的磁振子流将从相邻的FM注入到NM中，这意味着T会引起磁振子流的有限梯度分布，即导致磁振子扩散传输。当磁振子流传输至具有强SOC的NM中后，逆自旋霍尔效应（Inverse spin Hall effect，简称为ISHE）可将其转化为电学信号。因此，ISHE是检测自旋流的有效工具，同时也常用于磁振子输运的研究中。

已知高效的磁振子注入是许多磁振子器件设计与研发的先决条件，也是磁振子学研究的重点内容之一。在这项工作中，我们使用了一种优良磁性材料—钇铁石榴石（ $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, 简称为YIG）作为磁振子源，其具有极低的磁阻尼；设计Pt/MAPbBr₃/YIG非局域结构，通过SSE实现在OIHP薄膜中注入磁振子流；并结合ISHE系统研究并首次揭示磁振子在OIHP薄膜中的输运行为。

正文

如图1所示，YIG薄膜首先通过旋涂法外延生长在（111）取向的钆镓石榴石（ $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$, 简称为GGG）衬底上，使用激光加热方法来产生局部的 ΔT 。由此可实现磁振子流从YIG层到MAPbBr₃薄膜中的注入。由于MAPbBr₃在黑暗中表现出非常高的电阻率，因此我们可以确定在MAPbBr₃层中传输的是磁振子流（即不包含自旋电子的扩散），随后此磁振子流进行进一步的扩散到达Pt层。在Pt层中，由于其具有强的SOC，故而自旋流可被转化成电压（VISHE）被检测到，如图2所示。通过计算得出，常温下MAPbBr₃薄膜的磁振子扩散长度可达55.6nm。

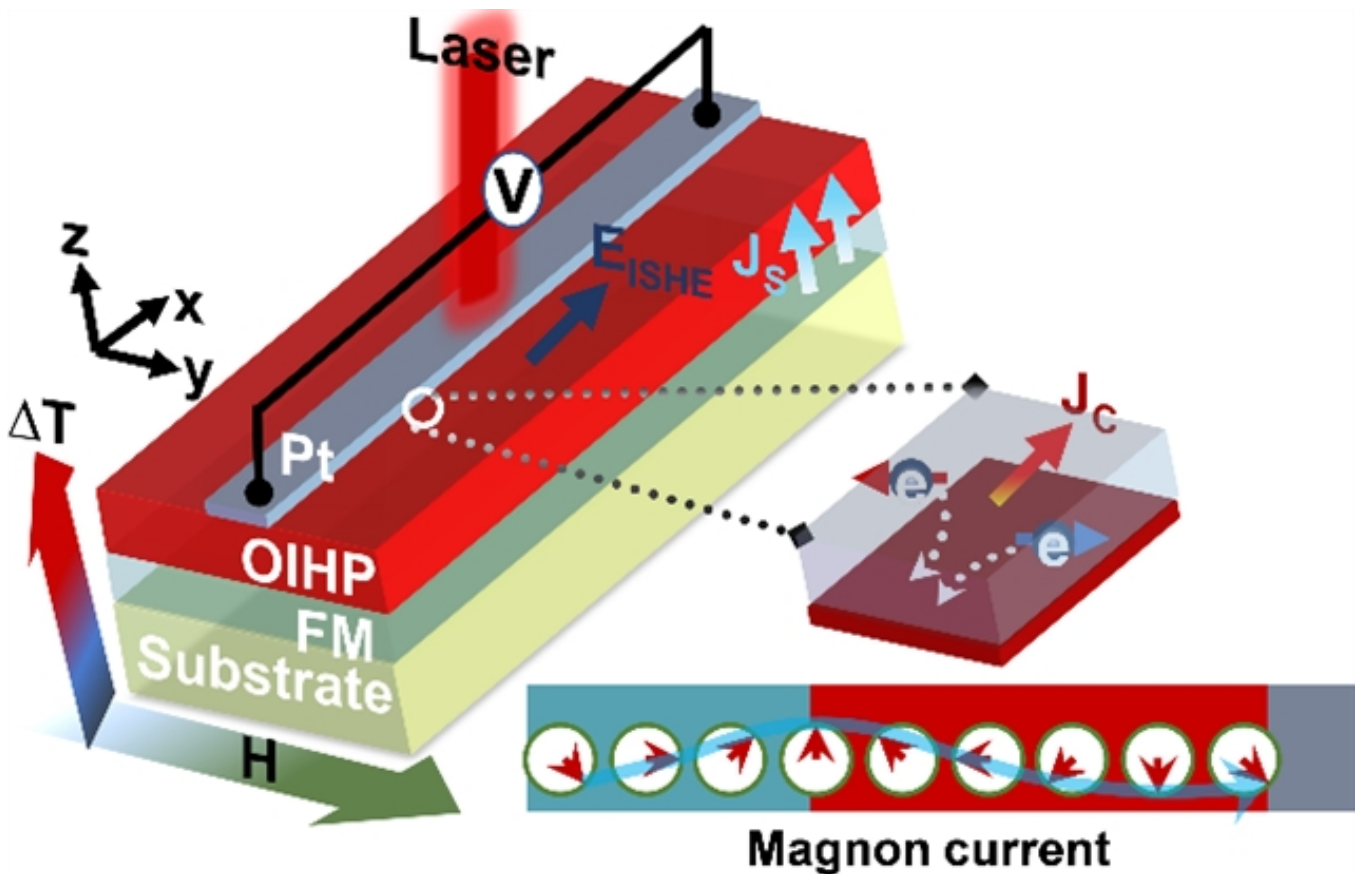


图1：自旋塞贝克效应和逆自旋霍尔效应示意图。

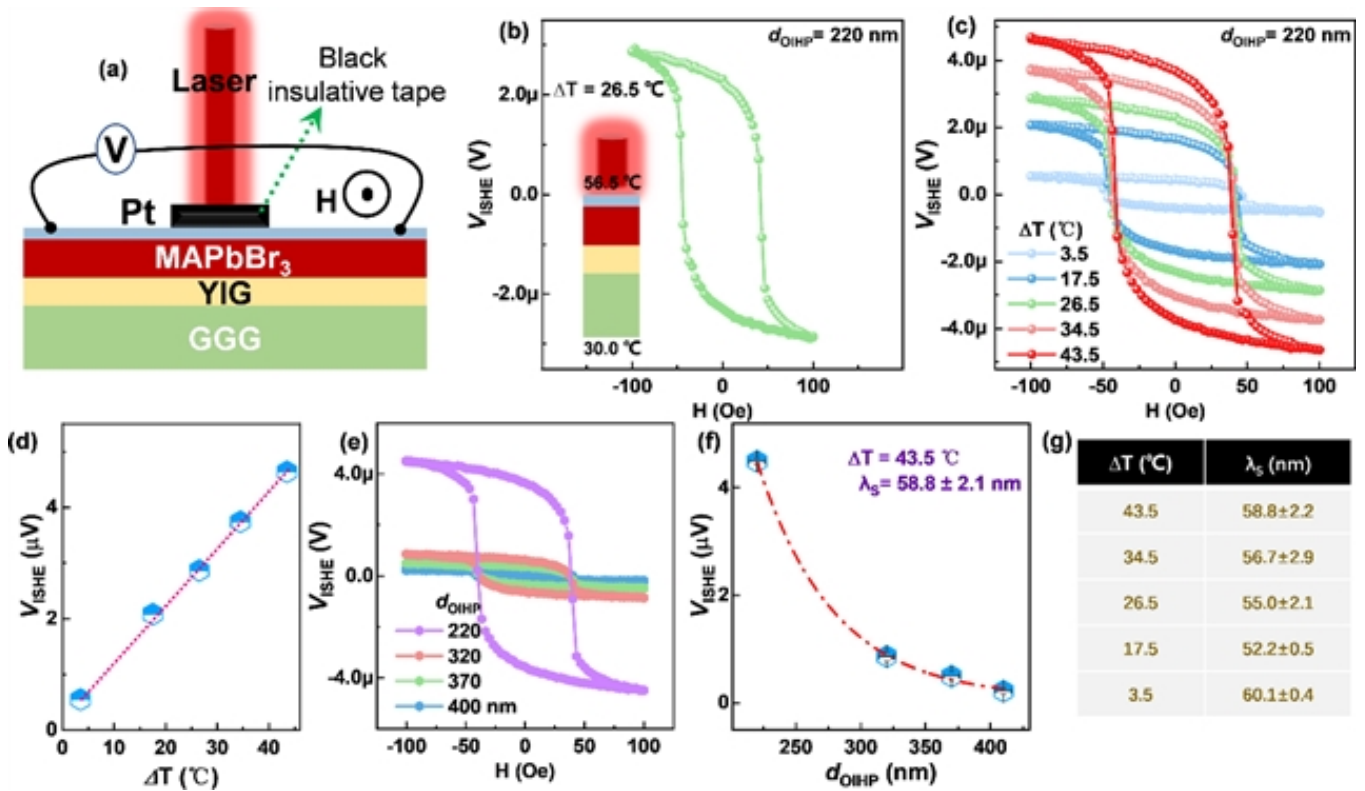


图2：MAPbBr₃薄膜中磁振子输运行为表征。

通过改变组成成分制备了一系列OIHP薄膜：FAPbBr₃、MAPbI₃，随后分别表征了以这些钙钛矿薄膜组成的样品的磁振子输运行为，如图3所示。观察到：FAPbBr₃薄膜的磁振子扩散与MAPbBr₃相比更长；MAPbI₃薄膜的则短些。总结可知与自旋电子输运行为略有不同，OIHP薄膜的有机成分和无机成分在磁振子输运过程中均发挥着重要作用，这分别与SOC和超精细相互作用（HFI）密切相关。

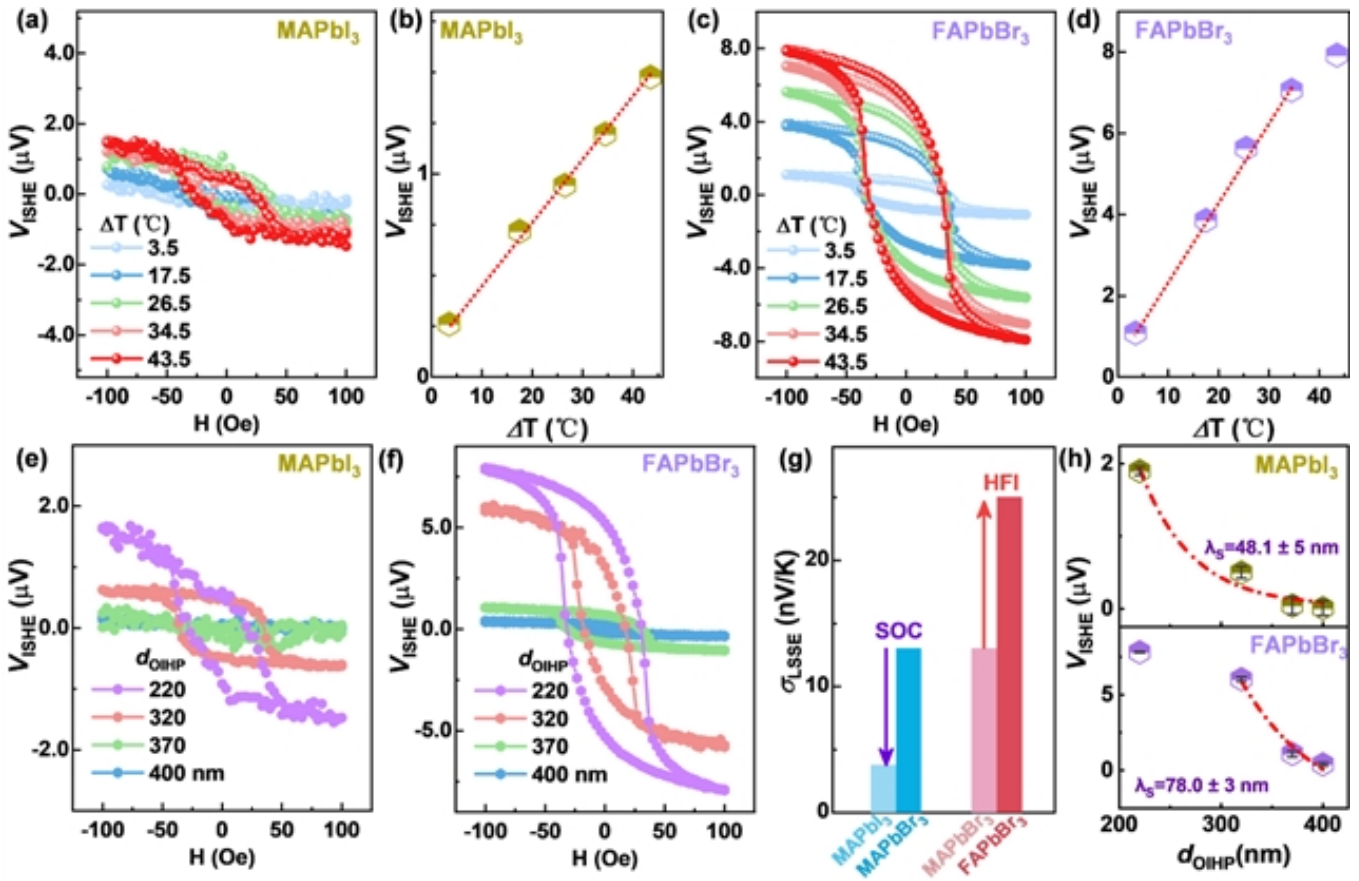


图3：FAPbBr₃、MAPbI₃等薄膜的磁振子输运表征。

如图4所示，经对比发现OIHP的磁振子扩散长度优于目前已知的一些绝缘中间层材料，例如NiO，GGG，SrTiO₃，CoO等，甚至优于一些金属材料，例如Au。此外，尽管OIHP的磁振子扩散不及金属Cu，但由于Cu的金属性会使磁振子信号短路，限制了其在磁振子器件中的应用。因此，我们有理由相信OIHP有潜力成为磁振子学研究领域中的优势材料。此外，我们还发现MAPbBr₃的磁振子扩散比其电子自旋扩散长，这是由于电子的非弹性散射和自旋相干性会随着电子的移动而丧失引起的。

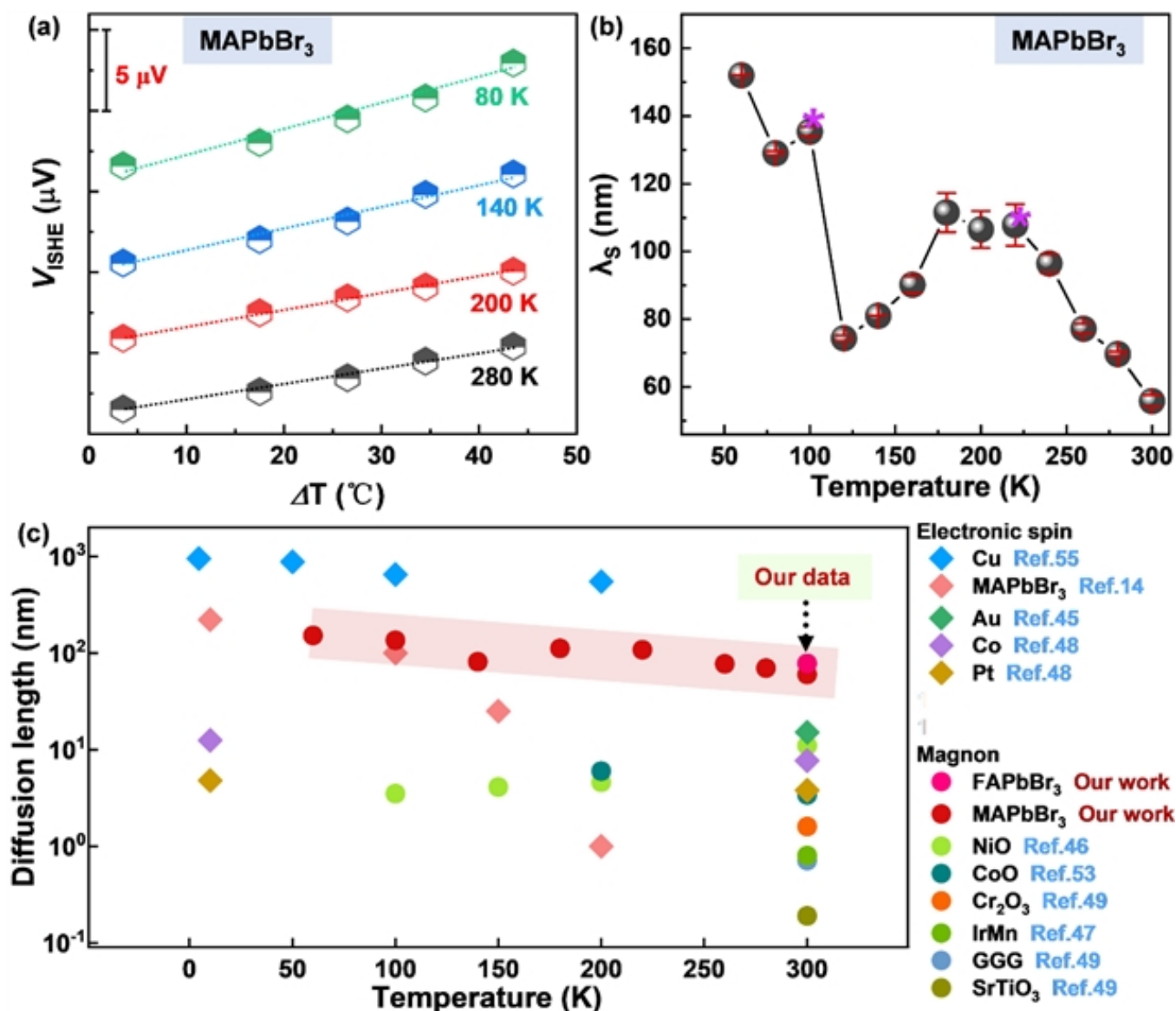


图4：一系列中间层材料的磁振子输运性能对比。

文章最后，我们还证明了OIHP薄膜作为磁振子输运层不仅适用于铁磁绝缘材料，也同样适用于铁磁金属材料（NiFe），如图5所示。

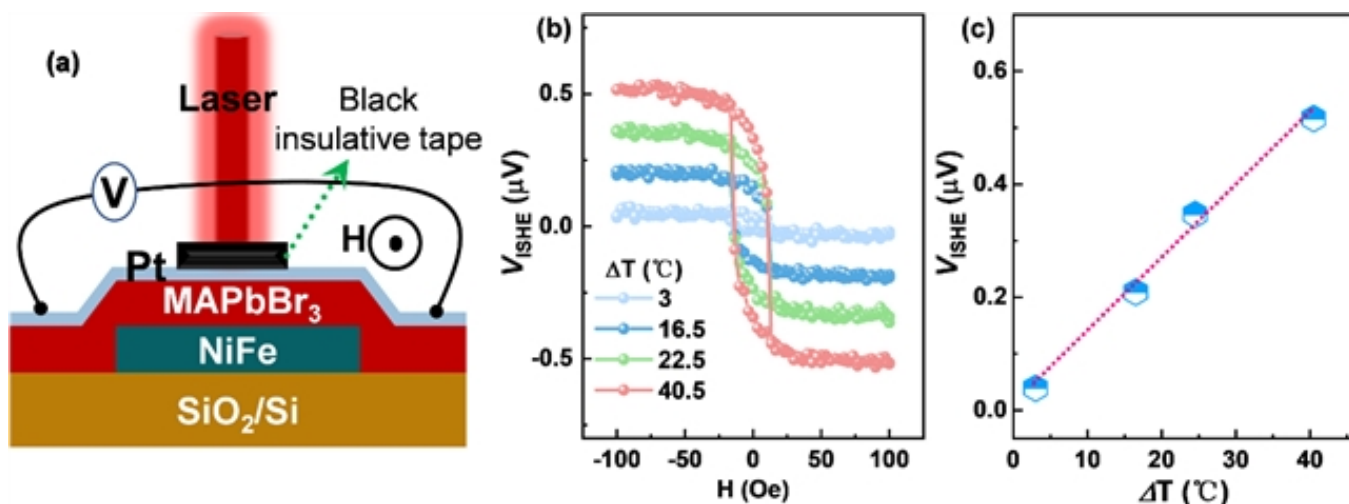


图5：以NiFe为磁振子源的SSE表征。

（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.matt.2022.06.053>

作者：刘生忠等 来源：《物质》

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