



基于I-III-V族半导体的新型稀磁体研究取得新进展

日期 2011-09-15 来源: 中国科学院物理研究所 作者: 【大】 【中】 【小】 【打印】 【关闭】

半导体科学和技术构成现代信息社会的基础,随着信息存储密度迅猛增长,为突破摩尔定律瓶颈需要发展新的信息存储载体。在制作和研发工艺成熟的半导体中注入自旋,形成兼具电荷属性和自旋特性的稀磁半导体,为解决这个关键问题的最可能的突破口。

中科院物理所/北京凝聚态物理国家实验室(筹)极端条件实验室靳常青研究组近期在自旋极化的稀磁半导体研究中取得重要进展,他们通过实验发现了一类新的基于I-III-V半导体的稀磁体Li(Zn,Mn)As,在稀磁材料上成功实现了自旋和电荷分别注入和调控。

在半导体中实现磁有序需要具备两个基本物理条件,既要有局域磁矩,又要有引发局域磁矩长程量子序的低浓度载流子。在几类已知的稀磁半导体中,磁矩和载流子均由同一种掺杂元素提供,即自旋和电荷天然一体。比如广为研究的基于III-V族的(Ga,Mn)As稀磁半导体,由于Mn²⁺和Ga³⁺具有不同价态,Mn对Ga的替代引入自旋的同时也提供了P型载流子。这种自旋和电荷的捆绑效应严重制约了对材料电性和磁性的调控维度,实现自旋和电荷注入机制的分离成为稀磁半导体材料设计和研制的重大挑战。LiZnAs具有和GaAs同样的晶体结构,电子能带计算表明二者带隙接近,具有可类比的半导体属性。和GaAs不同之处在于,对LiZnAs在Zn²⁺位注入Mn²⁺只引入自旋,载流子则通过改变Li的含量来进行调控。这样,LiZnAs半导体就可以实现自旋和电荷注入机制的分离,为稀磁半导体的磁性和电性的调控分别提供了前提。靳常青研究组通过大量系统的实验工作发现,Li(ZnMn)As在3%Mn掺杂量既可具有接近3个Bohr磁子的饱和磁矩(Mn²⁺高自旋态的最大饱和磁矩为5个Bohr磁子),铁磁居里温度(T_c)可达50K。他们进一步研究发现,Li(ZnMn)As具有低的矫顽力(~300e),这为瞄准应用的低场调控自旋和电荷提供了可能。(Ga,Mn)As稀磁半导体研制工艺苛刻,自旋注入只能在处于低温的薄膜材料实现,严重限制了对材料宏观物性的表征。比如,由于没有可供进行中子实验块的体材料,(Ga,Mn)As稀磁半导体的磁性起源和机制依然存有很大争议。由于具有和(Ga,Mn)As同样的半导体结构,Li(ZnMn)As稀磁体的研制成功,为精细表征(Ga,Mn)As类稀磁体的磁性起源提供了重要条件。本工作的合作者,美国哥伦比亚大学物理系的Uemura教授运用SR技术研究了Li(ZnMn)As的磁性,的确在低Mn掺杂观察到体态的长程磁有序。

靳常青研究组在2008年的铁基超导体中发现了以LiFeAs为代表的“111”型铁基超导体(Solid State Communications 148, 538 (2008)),本次发现Li(ZnMn)As稀磁体,为他们以上工作的扩展。更为有趣之处在于LiZnAs、LiFeAs、LiMnAs具有可匹配的晶格参数,这为设计基于磁性、半导体和超导体的异质结,探索新的物理效应和新的应用特性提供了重要可能。

以上工作作为国际合作项目,和美国哥伦比亚大学物理系Uemura教授研究组共同开展,其他合作者包括日本原子能研发集团先端科学研究中心的Maekawa教授、清华大学物理系王亚愚教授、日本东京大学Uchida教授的研究团队。以上工作发表在近期Nature Communications上,研究工作得到基金委重大国际合作项目、重大研究计划培育项目、科技部量子调控项目的资助。相关文章链接:Nature Communications 2:422 (2011)。