

中国科学院  
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

希望中国科学院不断出创新成果、出创新人才、出创新思想，率先实现科学技术跨越发展，率先建成国家创新人才高地，率先建成国家高水平科技智库，率先建设国际一流科研机构。

——习近平总书记2013年7月17日在中国科学院考察工作时的讲话

高级

首页 新闻 机构 科研 院士 人才 教育 合作交流 科学普及 出版 信息公开 专题 访谈 视频 会议 党建 文化

您现在的位置： 首页 &gt; 科研 &gt; 科研进展

## 物理所等发现与“122”铁基超导体同结构新型稀磁半导体

文章来源：物理研究所

发布时间：2013-02-27

【字号：小 中 大】

近期，中科院物理研究所/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在基于自旋和电荷分别注入机制的稀磁半导体研究中取得重要进展。他们发现一类新的具有“122”铁基超导体同结构的稀磁体(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>，得到居里转变温度(T<sub>c</sub>)高达180K以上的稀磁半导体。

在半导体中引入自旋，在信息存储中同时利用电子的电荷和自旋双重属性，将有望解决Moore定律带来的瓶颈效应提供重要解决方案。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，不能分别注入和调控。以最典型的基于III~V族的(Ga, Mn)As稀磁半导体为例，Mn<sup>2+</sup>对Ga<sup>3+</sup>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、磁性质的调控。

为解决自旋电荷分别注入这个关键问题，该研究组在2011年首先发现了基于I-II-V族半导体的新型稀磁体Li(Zn, Mn)As【[Nature Communications 2:422 \(2011\)](#)】，其具有和GaAs同样的晶体结构。与GaAs不同，对Li(Zn, Mn)As在Zn<sup>2+</sup>位注入Mn<sup>2+</sup>只引入自旋，载流子浓度则通过改变Li的含量来进行调控。这样，在LiZnAs半导体中就可以实现自旋和电荷的分别注入，但其50K的T<sub>c</sub>明显低于(Ga, Mn)As体系的铁磁转变温度。

最近，靳常青研究员指导的博士研究生赵侃等人发现了新型稀磁体(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>，将铁磁转变居里温度大幅提升到180K以上。通过在Ba<sup>2+</sup>位替代K<sup>+</sup>控制载流子浓度，在Zn<sup>2+</sup>位掺杂Mn<sup>2+</sup>引入自旋，实现载流子和自旋的分别注入和调控。他们通过大量系统的实验工作发现，(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>在30% K和10% Mn掺杂量时每个Mn离子具有接近1.3个Bohr磁子的饱和磁矩，铁磁居里温度(T<sub>c</sub>)可达180K以上。

他们进一步发现，(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>在转变温度以下相当宽的温度范围内具有低的矫顽力(≤1000e)，为将来在低场条件下调控自旋和电荷的潜在应用提供了可能。本工作的合作者美国哥伦比亚大学物理系的Uemura教授，运用μSR技术研究了(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>的磁性，证实铁磁性起源于块体样品的本征属性。更为有趣的是，(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>和“122”铁基超导体同构，(Ba, K)(Zn, Mn)<sub>2</sub>As<sub>2</sub>稀磁体、(Ba, K)Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>超导体、BaMn<sub>2</sub>As<sub>2</sub>反铁磁半导体晶体结构均相同，而且它们具有匹配的晶格参数(晶格参数失配度~5%)。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提供了重要基础。

靳常青研究组在2008年6月发现和命名了以LiFeAs为代表的“111”型铁基超导体【[Solid State Communications 148, 538 \(2008\)](#)】，接着相继发现了“111”体系新组元LiFeP超导体【[Eur. Phys. Lett. 87, 37004\(2009\)](#)】，在高压NaFeAs超导体中得到了31K的“111”型最高超导转变温度【[Eur. Phys. Lett. 88, 47008\(2009\)](#)】。同时，对“122”型铁基超导体(Ca, Na)Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub>，该研究组的赵侃实现了大于33K的该化合物最高超导转变温度【[J. Phys.: Condens. Matter 22, 222203 \(2010\)](#)】。本次发现的122型稀磁体，是他们以上研究工作的深化和扩展。

以上工作发表在近期Nature Communications上([Nature Communications DOI 10.1038/ncomms2447](#))，研究工作得到国家自然科学基金委重大国际合作项目、重大研究计划项目、科技部量子调控项目的资助。

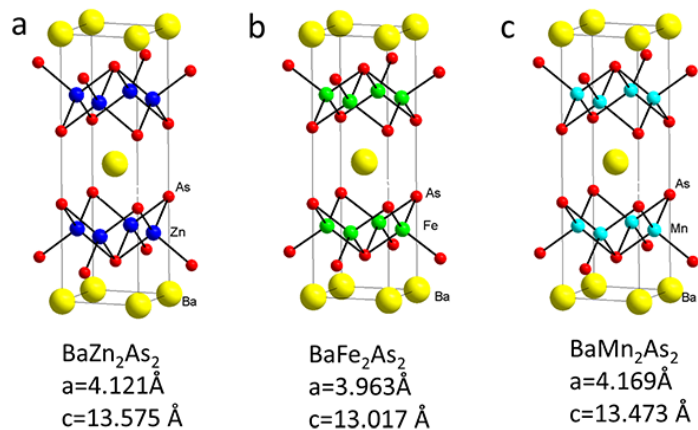


图1. (a)  $\text{BaZn}_2\text{As}_2$ 、(b)  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$ 、(c)  $\text{BaMn}_2\text{As}_2$ 的晶体结构示意图

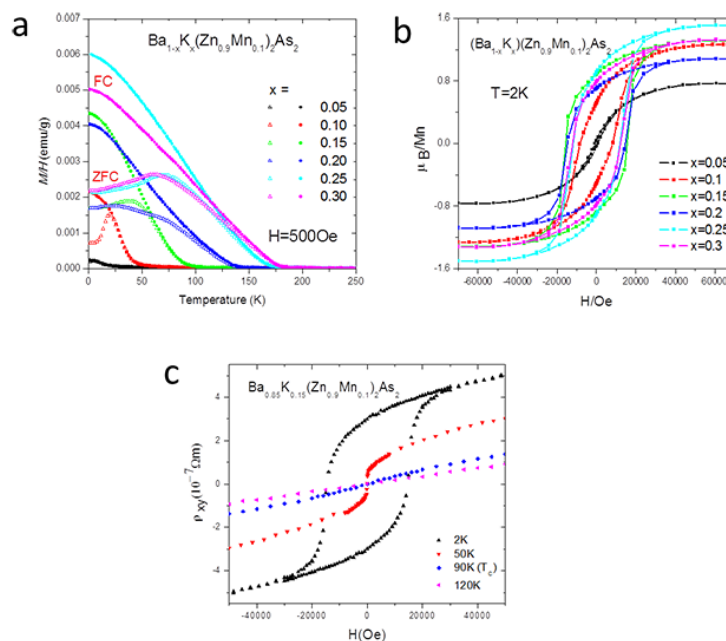


图2.  $(\text{Ba}, \text{K})(\text{Zn}, \text{Mn})_2\text{As}_2$ 系列样品的磁性和反常霍尔效应的测量结果。在30%K&10%Mn掺杂量时每个Mn离子具有接近1.3个Bohr磁子的饱和磁矩，铁磁居里温度 ( $T_c$ ) 可达180K。 $(\text{Ba}_{0.85}\text{K}_{0.15})(\text{Zn}_{0.9}\text{Mn}_{0.1})_2\text{As}_2$ 在铁磁居里温度90K以下表现出反常霍尔效应。

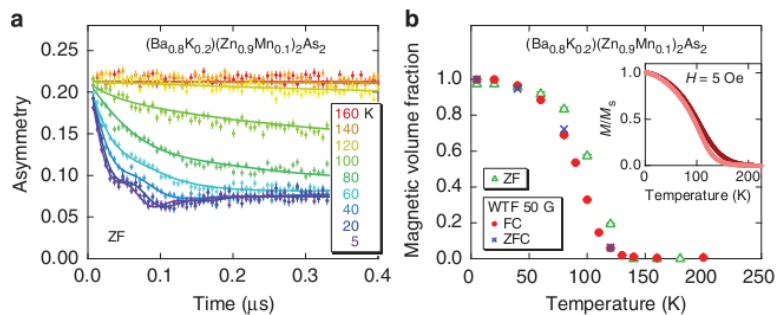


图3.  $(\text{Ba}_{0.8}\text{K}_{0.2})(\text{Zn}_{0.9}\text{Mn}_{0.1})_2\text{As}_2$ 的  $\mu\text{SR}$ 实验结果，磁有序体积在铁磁转变温度区显著上升，并且在低温下进入完全磁有序。

地址：北京市三里河路52号 邮编：100864