

近室温可控型稀磁半导体

稀磁半导体兼具半导体材料和磁性材料的双重特性，是破解后摩尔时代难题的候选材料之一。美国国家科学研究委员会(National Research Council)早在1991年就指出稀磁半导体在信息通讯、处理和存储等方面有着广泛的应用前景。2005年《Science》创刊125周年之际发布的125个重大科学问题，其中包括“能否得到室温铁磁性半导体”。(Ga,Mn)As为代表的III~V体系，是稀磁半导体中最广泛研究的材料。但是在这些材料中， $(\text{Ga}^{3+}, \text{Mn}^{2+})$ 的异价掺杂同时引入自旋和电荷，Mn的含量难以有效提高，制约了材料居里温度的提升。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心靳常青领导研究团队在2011年提出了自旋电荷解耦掺杂实现稀磁半导体机制(*Nature Communications* **2**, 422 (2011))，实现了电荷与自旋掺杂机制的分别调控。他们进一步拓展到层状结构材料体系，将自旋与电荷分别注入到临近层上，通过层间耦合实现磁电关联引发长程铁磁序。沿着这一材料设计思路，他们发现了居里温度高达180K的 $(\text{Ba}, \text{K})(\text{Zn}, \text{Mn})_2\text{As}_2$ (简称BZA)新型稀磁半导体，刷新了该类材料可控居里温度至230K的记录(*Nature Communications* **4**, 1442 (2013)、*Chinese Science Bulletin* **59**, 2524 (2014))。BZA稀磁半导体入选IEEE发布的面向自旋电子器件的演生材料路线图，与(Ga,Mn)As并列2个稀磁半导体里程碑材料，并建议为实现室温稀磁半导体和开展同结构多组合异质结的优选材料体系。

近期，靳常青研究员和邓正副研究员指导博士生彭毅运用高压热处理技术，将BZA居里温度提高到260K近室温。高压热处理可以突破许多材料固溶度的限制，并稳定晶格畸变，他们成功提高了BZA的Mn掺杂浓度，达到了常压Mn浓度的2倍，并同时保持了[MnAs]四面体基元的规则构型。磁化率测量表明随着Mn浓度的提高，BZA的居里温度可达260K近室温，矫顽力也随着居里温度的提升而提高。第一性原理计算认为如果相应地增加载流子浓度，最近邻Mn之间反铁磁相互作用将得到抑制，材料的居里温度将有望得到进一步提高。这个工作表明高压热处理工艺可有效提升自旋电荷解耦掺杂的新型稀磁半导体的居里温度，并且极有希望推广至其它稀磁半导体材料，为实现稀磁半导体的室温铁磁性提供了一条全新路径。

以上研究成果以“A near-room-temperature Curie temperature of 260K in a new type of diluted magnetic semiconductor $(\text{Ba}, \text{K})(\text{Zn}, \text{Mn})_2\text{As}_2$ ”为题，以封面文章的形式，发表在*Advanced Physics Research*上(DOI: 10.1002/apxr.202400124)。研究工作获得国科大卡弗里理论所顾波教授和赵国强博士在材料性能计算上的密切合作，美国哥伦比亚大学Uemura教授参与了部分讨论。项目受到中国科学院稳定支持青年团队(YSBR-030)项目的支持。

文章链接: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/apxr.202400124>

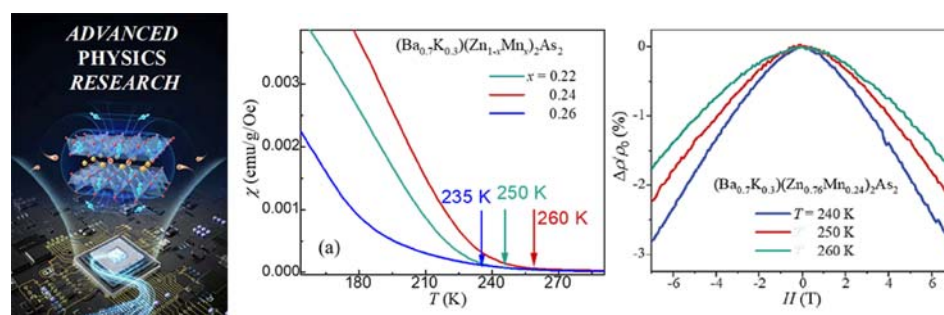


图: (a) 成果入选封面文章 (b) BZA居里温度随自旋注入浓度提升的演化 (c) BZA长程铁磁序引发的电性变化

[Adv. Physics Res. 2400124 \(2024\) .pdf](#)

[电子所刊](#) [公开课](#) [微信](#) [联系我们](#) [友情链接](#) [所长信箱](#) [违纪违法举报](#)



版权所有 © 2015-2024 中国科学院物理研究所 京ICP备05002789号-1 京公网安备1101080082号 主办: 中国科学院物理研究所 北京中关村南三街8号 100190

译