

半导体所在(Ga, Mn)As磁性半导体研究方面取得进展

文章来源：半导体研究所

发布时间：2013-07-11

【字号：小 中 大】

7月9日，《物理评论快报》(*Phys. Rev. Lett.* 111, 027203 2013)报道了中科院半导体研究所半导体超晶格国家重点实验室赵建华研究组及合作者在(Ga, Mn)As/Co₂FeAl双层膜铁磁界面耦合和磁邻近效应方面取得的最新研究成果。

(Ga, Mn)As兼具铁磁体和半导体的性质，是可能通过调控半导体中电子自旋自由度实现信息加工处理、存储和通讯三位一体功能的典型磁性半导体材料，过去十多年里受到了高度关注。(Ga, Mn)As基自旋发光二极管等器件的功能已被成功地演示，但是其较低的居里温度限制了这些器件的实际应用。如何提高(Ga, Mn)As的居里温度，是半导体自旋电子学领域研究的热点。

超晶格室赵建华研究组十年来在该研究方向进行了一系列有益的尝试。2011年，他们采用自上而下的微纳加工方法，结合重Mn掺杂和低温退火，将(Ga, Mn)As居里温度提高到200K (*Nano. Lett.* 11, 2584, 2011)，改写了他们之前创造的191K的世界最高纪录 (*Appl. Phys. Lett.* 95, 182505, 2009)。之后，他们利用自下而上的方法，采用Ga液滴自催化技术生长出高质量GaAs纳米线 (*Nano Lett.* 12, 5436, 2012)，在此基础上，率先制备出铁磁性的全闪锌矿结构GaAs/(Ga, Mn)As径向异质结纳米线 (*Nano Lett.* 13, 1572, 2013)。

尽管(Ga, Mn)As的居里温度已被提高到200K，但仍不能满足室温环境下应用的基本要求。最近，赵建华研究员和博士生聂帅华等利用分子束外延技术，将具有高自旋极化度和高居里温度的Heusler合金Co₂FeAl薄膜外延生长在(Ga, Mn)As薄膜上，获得了高晶体质量(Ga, Mn)As/Co₂FeAl双层膜。他们研究了铁磁近邻效应对(Ga, Mn)As薄膜磁性性质的影响，发现不像通常Fe/(Ga, Mn)As双层膜中存在的反铁磁界面耦合相互作用，超导量子干涉仪磁性测量结果与X射线磁圆光二色谱(XMCD)均表明Co₂FeAl和(Ga, Mn)As之间存在铁磁耦合作用，并导致(Ga, Mn)As中存在交换偏置场。台湾政治大学和台湾大学郭光宇教授研究组的从头密度泛函计算结果也证明了该铁磁交换耦合作用的存在。由于铁磁近邻效应的存在，当温度为300K时，双层膜界面处2.11nm厚(Ga, Mn)As层中的Mn离子保持着自旋极化，即使温度上升到400K，在厚度为1.36nm的(Ga, Mn)As中Mn离子仍保持着自旋极化。这种界面铁磁耦合作用提供了一种操纵自旋电子器件中的磁性半导体自旋态的新方法，有望实现室温工作的(Ga, Mn)As基自旋电子学器件。

研究组接下来的目标是进一步增强该界面铁磁近邻效应，增大室温下Mn离子保持自旋极化的(Ga, Mn)As层厚度，并制备出室温时能够有效工作的(Ga, Mn)As基自旋电子器件。

该项工作中，Co₂FeAl和(Ga, Mn)As双层膜间存在着铁磁耦合作用实验结果得到了台湾政治大学和台湾大学郭光宇教授研究组的理论计算支持，XMCD的测试和分析得到了台湾“新竹国家同步辐射研究中心”林宏基和陈建德教授研究组、英国约克大学徐永兵教授研究组以及合肥国家同步辐射实验室闫文盛教授研究组的合作。

该项研究得到了国家自然科学基金委、中国科学院和科技部的经费支持。