



新闻动态

科技新闻

通知公告

支部活动

学习园地

信息公开

科技新闻

当前位置: 首页 | 新闻动态 | 科技新闻

中国科大在硅基半导体量子芯片的自旋调控上取得重要进展

来源: 科研部 发布时间: 2021-05-21 浏览次数: 144

我校郭光灿院士团队在硅基半导体锗纳米线量子芯片研究中取得重要进展。该团队郭国平、李海欧等人与中科院物理所张建军和本源量子计算有限公司合作,首次实现硅基锗空穴量子点中实现朗道g因子张量和自旋轨道耦合场方向的测量与调控,对于该体系更好地实现自旋量子比特操控及寻找马约拉纳费米子有着重要的指导意义。研究成果以“Anisotropic g-factor and Spin-Orbit Field in a Germanium Hut Wire Double Quantum Dot”为题,发表在5月12日出版的国际纳米器件物理知名期刊《Nano Letters》上。

近年来对自旋轨道耦合的研究一直是半导体量子计算和拓扑量子计算研究的热点。半导体材料中的自旋轨道相互作用能够使粒子的自旋与轨道这两个自由度耦合在一起,该机制在实现自旋电子学器件、自旋量子比特操控及寻找马约拉纳费米子中起着举足轻重的作用。在半导体自旋量子比特操控研究中,现有的自旋量子比特的操控方式依赖于样品制备中集成的微波天线或微磁体这些可以产生人造调制磁场的结构,这使得量子比特大规模扩展时在可寻址和芯片结构制备方面受到制约。同时,微磁体结构会使自旋量子比特感受到更强的电荷噪声,导致自旋量子比特退相干时间的降低。因此,一种可行的解决方案是用材料中存在的自旋轨道耦合来实现全电学的自旋量子比特操控。

具体对于一维硅基锗纳米线空穴量子点而言,由于空穴载流子体系中本身存在着很强的自旋轨道耦合,我们可以利用电偶极自旋共振技术,通过施加交变电场实现对自旋量子比特的全电学控制,大大简化了量子比特的制备工艺,有利于实现硅基量子计算自旋比特单元的二维扩展。在自旋轨道耦合的电偶极自旋共振操控方式下,比特的操控速率与自旋轨道耦合强度成正比,因此我们可以通过改变外加电场的方式来增强自旋轨道耦合强度从而实现更快的比特操控速率。除此之外,自旋轨道耦合场的方向也会影响自旋量子比特的操控速率以及比特初始化与读取的保真度,因此在利用自旋轨道耦合实现自旋量子比特操控时,确定和调控自旋轨道耦合场的方向显得尤为重要。

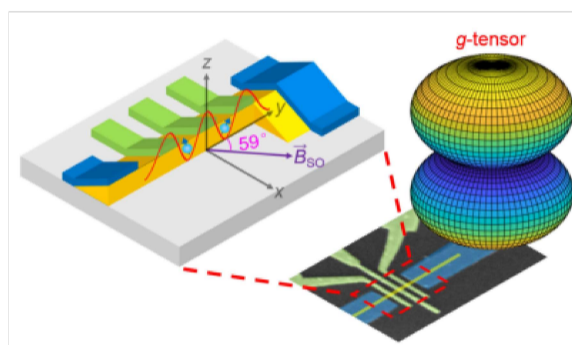


图1. 硅基锗纳米线空穴量子点中g因子张量及自旋轨道耦合场方向。

李海欧、郭国平等人在制备的高质量硅基锗空穴载流子双量子点中观察到了自旋阻塞效应,并在自旋阻塞区域测量了由自旋弛豫引起的漏电流大小随磁场大小及磁场方向的变化关系,通过理论分析,研究人员得到了该体系具有强各向异性的g因子张量,同时确定了自旋轨道耦合场的方向位于锗纳米线衬底面内并与锗纳米线方向成59°,说明体系中除了存在垂直于锗纳米线的Rashba自旋轨道耦合,还存在着沿着纳米线方向的可能是由界面不对称性引起的Dresselhaus自旋轨道耦合。我们可以通过改变纳米线的生长方向使得上述两种自旋轨道耦合方向相反大小相等,从而实现自旋轨道耦合的开关,当体系处于“sweet spot”(即自旋轨道耦合完全关闭)时,由自旋轨道耦合引起的退相干过程会大幅度地被抑制,自旋量子比特的退相干时间会得到有效地延长。这一发现对该体系在自旋量子比特制备与操控研究中,在保持超快比特操控速率的同时进一步延长比特的退相干时间提供了新的思路,为全电学规模化硅基自旋量子比特芯片研究奠定了物理基础。

中科院量子信息重点实验室郭国平教授、李海欧研究员为论文共同通讯作者,中科院量子信息重点实验室博士生张庭、刘赫以及中科院物理研究所博士后高飞为论文共同第一作者。该工作得到了科技部、国家基金委、中国科学院、安徽省以及中国科学技术大学的资助。

论文链接: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.1c00263>

(中科院量子信息重点实验室、中科院量子信息和量子科技创新研究院、科研部)

