

网站搜索
Search

关键词:

搜索类别:

物理所在退相干对量子自旋霍尔效应的影响研究中取得新进展

物理研究所

近日, 中科院物理研究所凝聚态理论与材料计算实验室研究员谢心澄, 孙庆丰和博士生江华、成淑光在前期的工作基础上, 进一步的研究了退相干对量子自旋霍尔效应的影响。该工作发表在 [*Physical Review Letter* 103, 036803 (2009)]。

拓扑绝缘体是现代凝聚态物理中的一个重要研究主题。从电子能带结构上来说, 拓扑绝缘态不能用传统的“金属”, “绝缘体”来描述; 而是一种全新的物质态。它的体电子态是有能隙的绝缘态; 但它的表面(对三维体系)或者边缘(对二维体系)电子态则是零能隙有手性的金属态。由强磁场引起的量子霍尔效应是第一类被发现的拓扑绝缘态。它的发现已对现代物理学产生了深远的影响, 并二次共四人从而获得诺贝尔奖。最近几年人们陆续预言并实验发现几种二维或三维材料在特定条件下会形成新的拓扑绝缘态。这类拓扑绝缘态由材料的强自旋轨道耦合引起, 不破坏时间反演对称性, 被称为Z2类拓扑绝缘态。量子自旋霍尔效应是最早被实验证实的二维该类拓扑绝缘体。在量子自旋霍尔样品中, 由于强自旋轨道耦合, 载流子只能沿着样品边缘传输, 但是对于不同自旋的载流子来说它们的传输方向完全相反。量子自旋霍尔效应最早由Pennsylvania 大学的Kane和Mele在单层石墨烯样品中提出。很快被斯坦福大学的张守晟研究组推广到HgTe/CdTe 量子阱体系, 并在非常短的时间内被德国的Laurens Molenkamp研究组实验证实。在他们的实验中, 他们测量了纵向电阻。在介观样品中他们观测到量子化的纵向电阻平台, 从而间接证实了量子自旋霍尔效应和拓扑性质。但是该量子化平台仅仅出现在介观尺度样品中; 当样品尺度变大时, 尽管平台属性还能够保持, 但是其值已经远远偏离量子化值。而在第一类拓扑绝缘体(即量子霍尔效应)中, 量子化霍尔平台能够在宏观尺度被观测到。

在近五年来, 该研究组对量子自旋霍尔效应和自旋电子学开展深入研究。并取得了一系列的成果: 提出自旋流产生的方法和自旋流探测方法、给出自旋流的定义、研究自旋霍尔效应的性质、发现自旋流能产生电场、以及预言有自旋轨道耦合的体系存在持续自旋流等。

在近期的研究中, 他们把退相干分成二类来考虑: 一类是普通退相干, 即

中国科学院-当日要闻

- ▶ 路甬祥赴日出席第六届STS论坛
- ▶ 中科院青年为国庆60周年盛典做贡献
- ▶ 刘延东登门祝贺贝时璋院士106岁生日
- ▶ 中国科学院外籍院士高锟获得2009年度诺...
- ▶ 国庆前夕院领导看望慰问中科院老领导老专家...
- ▶ 2009年诺贝尔生理学或医学奖、物理学奖...
- ▶ 白春礼国庆、院庆看望老领导、老院士侧记
- ▶ 中科院长链二元酸项目一期工程胜利投产
- ▶ 中科院隆重举行庆祝中华人民共和国成立60...
- ▶ 人民日报专访白春礼: 创新呼唤领军人才

载流子仅仅丢失位相记忆，但保留自旋记忆，例如由电子-电子相互作用、电-声子相互作用等引起的退相干；另一类是自旋退相干，即载流子既丢失位相记忆也丢失自旋记忆，例如由磁性杂质，核自旋等引起的退相干。他们的研究发现：普通退相干对量子自旋霍尔效应几乎没有影响，但自旋退相干急剧影响量子自旋霍尔效应，破坏纵向电导的量子化。如图1所示，随着普通退相干变大时，纵向电阻的量子化平台几乎不变；但是当体系有自旋退相干时，纵向电阻强烈增加。由于在实验体系中，或多或少存在自旋退相干，使得纵向量子化电导平台只能在介观尺度被观测到，这很好的解说了最近的实验观测结果。再者，他们发现纵向电阻随样品长度线性增加而基本上不依赖于样品宽度的变化，这些特性也与实验结果很好符合。另外，他们进一步引入一个新的物理量，即一个新的自旋霍尔电阻，并发现该自旋霍尔电阻也能表现出量子化平台的特性。特别是，他们研究结果表明该自旋霍尔电阻的量子化平台对两种类型的退相干都不敏感（见图2）。也就是说这量子化平台在宏观样品中也能被观测到，所以它能全面反应量子自旋霍尔效应的拓扑特性。

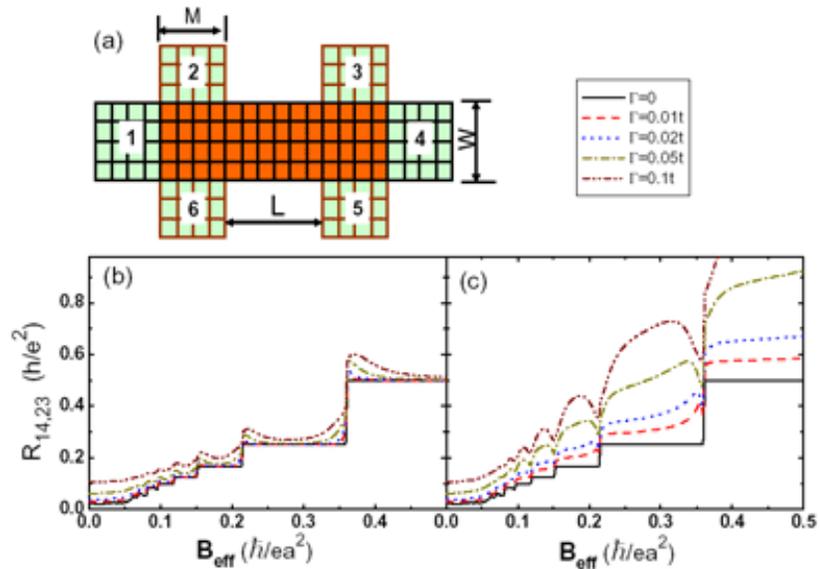


图1：(a)是一个六端的自旋霍尔装置的示意图。(b)和(c)显示纵向电阻与有效磁场的关系，不同曲线对应于不同的退相干强度；(b)为普通退相干；(c)为自旋退相干。

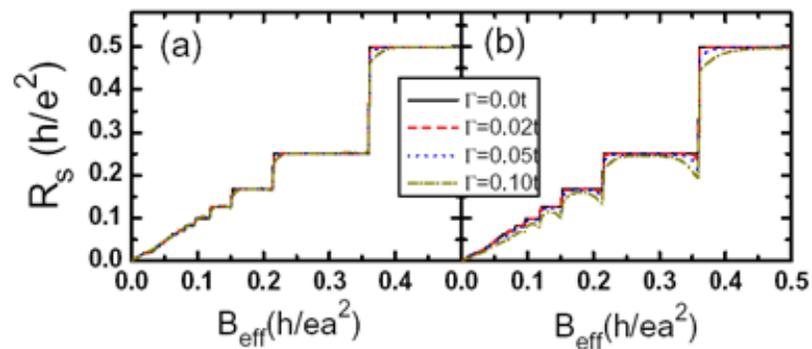


图2：新的自旋霍尔阻与有效磁场的关系。(a)是有普通退相干，和(b)为自旋退相干。不同曲线的退相干强度不同。

