物理所合作发现二维电子液体的自旋流-电流转换效应

自旋电子学可能导致面向未来的新一代信息技术。自旋流的产生、调控以及自旋流-电流的转换是自旋电子学研究的核心问题。具有Rashba 形式自旋-轨道耦合的二维电子体系为自旋流的高效调控提供了新机遇。对于二维电子体系，V. M. Edelstein 预言存在一种新物理效应，即Edelstein效应：与二维体系电流传输方向相垂直的方向上会产生纯自旋流。与此相反，当自旋流被注入二维电子体系时，二维界面的Rashba效应可使电子发生与自旋取向有关的定向偏转，产生相应的电信号，这就是所谓的逆Edelstein。

Edelstein 效应一经提出，就受到了广泛关注，最近几年科学工作者先后在具有强自旋-轨道耦合特征的金属界面和拓扑绝缘体表面/界面观察到了Edelstein 效应，证实了二维界面在自旋-电荷转换中的独特作用。但是，夹在两种绝缘的复杂氧化物之间的二维电子液体是否呈现Edelstein 效应一直没有答案。此前的研究已经发现，在LaAlO3 (LAO) 和 SrTiO3 (STO) 界面的二维电子液体，表现出一系列独特物理性质，例如二维铁磁性、二维超导电性以及栅极电压可调控的Rashba形式的自旋-轨道耦合。这类电子液体和以往研究的二维电子体系完全不同，由d电子构成，不仅呈现强电子关联特征，同时具有固有磁矩，从而为自旋流-电流转换研究，也为新奇物理效应的探索提供了理想平台。最近，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）磁学实验室博士研究生张洪瑞、研究员孙继荣与北京大学物理学院教授韩伟、施靖合作，在LAO/STO二维电子液体中成功地实现了高效自旋流-电流转换：利用铁磁共振技术实现自旋泵浦，进而注入自旋流到LAO/STO界面，他们发现自旋流会导致沿界面的横向电荷累积，形成自旋流-电流转换，即逆Edelstein 效应。进一步研究还发现，这一效应发生在室温附近的宽温区内，且利用栅极电压可以在很大的范围内调控其转换效率。更有意思的发现是，自旋流可以穿透很厚的LAO绝缘层，达到界面，即使LAO绝缘层厚到16nm时仍然可以发生明显的转换效应。这一特点完全不同于此前研究的金属与拓扑绝缘体体系，暗示氧化物中可能存在非常规的自旋流传输机制。这一工作清楚表明氧化物界面支持高效自旋-电荷转换，后者正是自旋电子学关注的核心问题。

这一研究发表在《科学进展》（Science Advances）上。该工作得到了科技部（2015CB921104, 2016YFA0300701, 2014CB920902）、国家自然科学基金委项目（11574006 and 11520101002）和中科院的支持。

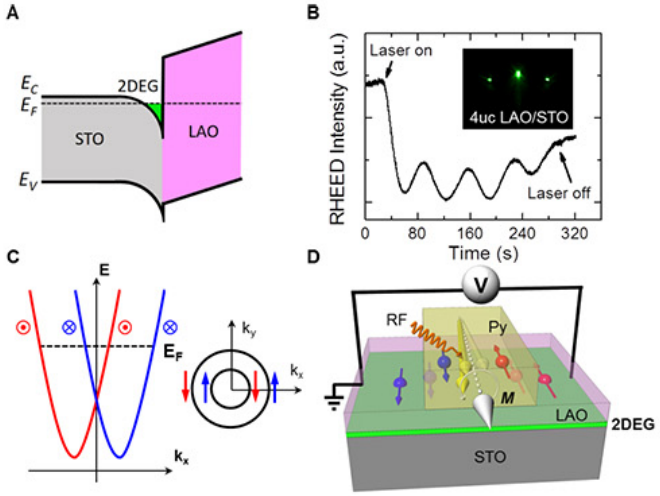

图1. $SrTiO_3$ 与$LaAlO_3$ 界面二维电子液体能带结构、Rashba形式的自旋-轨道耦合以及自旋泵浦示意图。

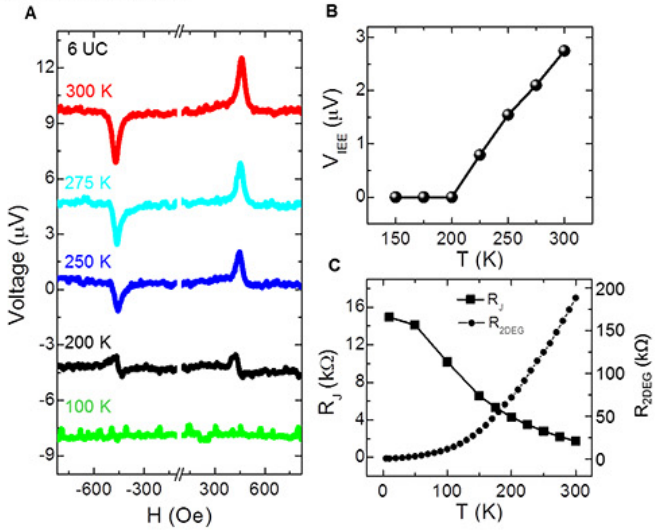

图2. LAO/STO二维电子液体逆Edelstein 效应的温度依赖关系。LAO厚度为6单胞（约2.4nm）。

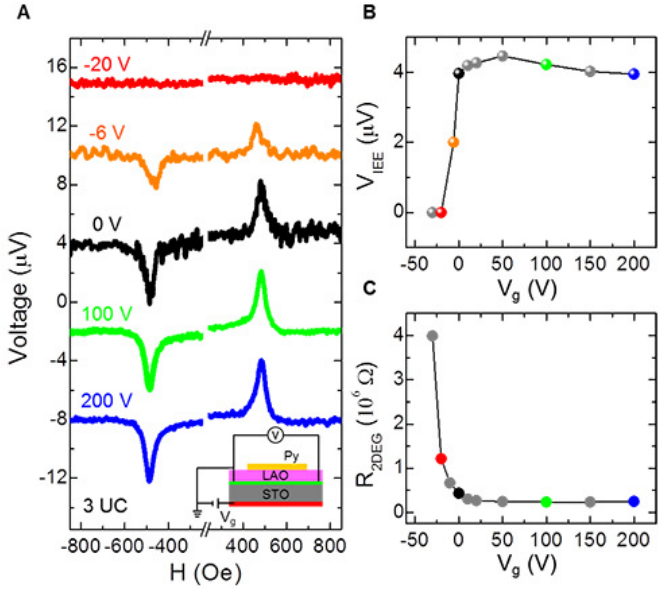

图3. 栅极电压对二维电子液体自旋-电荷转换效应的调制。LAO 厚度3 个单胞（约1.2nm）

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/107079.html