

公开发布日期: 2009年09月17日

[[打印文章](#) | [用电子邮件传送文章](#) | [关闭窗口](#)][[中文 \(Chinese\)](#) | [英文 \(English\)](#)]

联系人: 夏建白

xiajb@red.semi.ac.cn

中国科学杂志社

一维量子波导中的Rashba电子输运

在半导体中实现自旋极化电流是近年固体物理研究中的热点问题。最近有科学家提出利用Rashba自旋轨道耦合,可以设计出一系列的自旋干涉器件的设想。这项题为“一维量子波导中的Rashba电子输运”的成果发表在今年9月的《中国科学G辑:物理学 力学 天文学》第9期上。作者是刘端阳、夏建白、张亚中,中科院半导体所的夏建白院士领导了该项研究。

自旋是电子的一种内禀属性,一般情况下与电子的运动情况无关。现在的几乎所有电子器件都是利用电子的电荷运动,即电流而设计的。随着科技的发展,越来越多的科学家们希望设计一类以电子的自旋效应为基础的器件,并因此而形成了一门专门的学科:自旋电子学。

由于在半导体中有强的自旋-轨道耦合,外加电场或者内禀电场下能产生Rashba自旋分裂,从而能够通过外场操控电子的自旋取向;而电子的自旋极化则比较容易让电子通过铁磁体或稀磁半导体中实现。因此,半导体自旋电子器件的三个重要问题分别为自旋极化电流注入,半导体中自旋的操控,以及自旋的测量。Datta提出的自旋场效应晶体管是这方面代表性的概念器件,近20年来在实验和理论上关于自旋电子器件都不断有新的问题和理论被提出,并成为自旋电子学发展的动力之一。

夏建白小组和台湾中央研究院张亚中教授合作,提出了Rashba弹道电子在平面内一维自旋器件结构中的输运理论。根据这一理论,能量为 E 的电子波,将分裂成2个不同波矢的波,其自旋取向与波导的夹角分别为 $+\pi/2$ 与 $-\pi/2$ 。与不考虑自旋的情况不同的是,Rashba电子波函数的相位与波导在平面内的取向角度 θ 有关。在波导各支路结点处,由波函数的连续性和流密度守恒条件,得到了Rashba电子波函数所必须满足的边界条件。利用这些边界条件,我们研究了Rashba电子在一些结构中的透射和反射性质。结果表明,在可以忽略散射的10 nm级Rashba电子器件中,自旋流转向时无反射损失。并且极化电子的自旋可以在器件中被Rashba效应强度完全调制,其出射波的强度还可以受到栅极长度的调制。这些结果表明,若能实现上述器件,将能够很好的实现半导体自旋的操控。而基于弹道输运的转向无反射,则可能为实现更低耗的自旋器件提供更为便捷的方法。

此外,研究人员提出了多分支结构中一维Rashba电子的输运的更为系统的理论,这一理论可以用较低维的矩阵运算支持多支路、多结点的体系的计算。在此基础上,重新计算了一些体系中电子的反射透射性质,并计算了一些不便于直接应用传输矩阵方法的器件。所有的结果与前一部分结果都是一致的。

这项研究由国家重大科学研究计划(编号:069c031001)和国家自然科学基金创新团队基金(批准号:60521001)资助,它提出了一维Rashba电子输运的一般性理论和折线型自旋过滤器件的设想,并且得到了一系列可用于操控自旋和自旋流强度的器件和方法,希望能够为未来自旋电子器件的设计提供一种理论支持。

###

[[打印文章](#) | [用电子邮件传送文章](#) | [关闭窗口](#)]

[[中文 \(Chinese\)](#) | [英文 \(English\)](#)]

