

中国科学院
CHINESE ACADEMY OF SCIENCES

希望中国科学院不断出创新成果、出创新人才、出创新思想，率先实现科学技术跨越发展，率先建成国家创新人才高地，率先建成国家高水平科技智库，率先建设国际一流科研机构。

——习近平总书记2013年7月17日在中国科学院考察工作时的讲话



高级

首页 新闻 机构 科研 院士 人才 教育 合作交流 科学普及 出版 信息公开 专题 访谈 视频 会议 党建 文化



您现在的位置： 首页 > 科研 > 科研进展

物理所拓扑化合物研究取得新进展

文章来源：物理研究所

发布时间：2011-02-28

【字号：小 中 大】

最近，中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）靳常青研究组和方忠研究组密切合作，在拓扑化合物研究中取得新进展。相关工作发表在美国《国家科学院院刊》上【*Proc. Natl Acad. Sci. (PNAS)* 108, 24 (2011);doi: 10.1073/pnas.1014085108】。

自然界中物质按照导电性可分为金属、绝缘体、半导体等。拓扑绝缘体指一类新的物质状态，它的体态为绝缘体而表（界）面态为金属。这种表（界）面金属态受时间反演不变的拓扑性质保护，为材料内禀特性而和具体结构无关，所以拓扑绝缘体的表面金属态对（磁）杂质、形变等扰动非常稳定。作为一种新的物质状态，拓扑化合物在近几年得到越来越多物理学家的重视。理论预言了拓扑材料许多奇异物性，其中拓扑超导电性尤其引人注目。与拓扑绝缘体类似，这类超导体块材具有配对能隙，但在表面上可能存在一类新的准粒子Majorana费米子（相当于Dirac费米子的“一半”，它的反粒子即它本身）。与通常的玻色、费米子不同，Majorana费米子具有非阿贝尔属性，即对称操作的结果与操作顺序有关，为设计新概念的拓扑量子计算机提供了重要途径。此前，物理所的研究人员已在拓扑绝缘体的研究方面取得若干重大进展，但拓扑超导电性的观察仍是一个巨大挑战。

在本项工作中，靳常青研究组和方忠研究组运用基于金刚石压砧的高压低温综合实验技术，在三维拓扑化合物 Bi_2Te_3 中成功地观察到压力诱导的超导转变。他们生长了高质量的P型 Bi_2Te_3 单晶，在3~6GPa压力范围发现了 $T_c \approx 3\text{K}$ 的超导转变。进一步研究表明，这种转变（电阻陡降）的温度随外加磁场向低温端移动，表明转变的超导属性。结构实验表明，在上述压力区间 Bi_2Te_3 依然保持常压相构型，基于实验测量的结构数据，第一性原理计算证实母体相依然具有拓扑属性。即在呈现超导转变的压力区间， Bi_2Te_3 的表面态依然具有Dirac锥的特征，所以形成体材料超导的p-型载流子费米面与 Γ -点附近的Dirac表面态相对独立。

在 Bi_2Te_3 中观察到的超导属性的可能物理图像为：通过适当掺杂（载流子浓度 $10^{18}/\text{cm}^3$ ），首先在体内产生超导。进一步，通过近邻(proximity)效应，体态超导将表面态诱变为超导态。而具有Dirac锥的表面态的超导应为拓扑超导态，超导波函数可能具有 $P_x + ip_y$ 对称。他们和斯坦福大学张首晟教授合作，类比He3的Balian-Werthamer相，进一步探讨了在 Bi_2Te_3 实现具有自旋三重态的体态拓扑超导的可能。

本工作得到科技部重大科学研究计划、基金委重大国际合作和重大研究计划的资助。

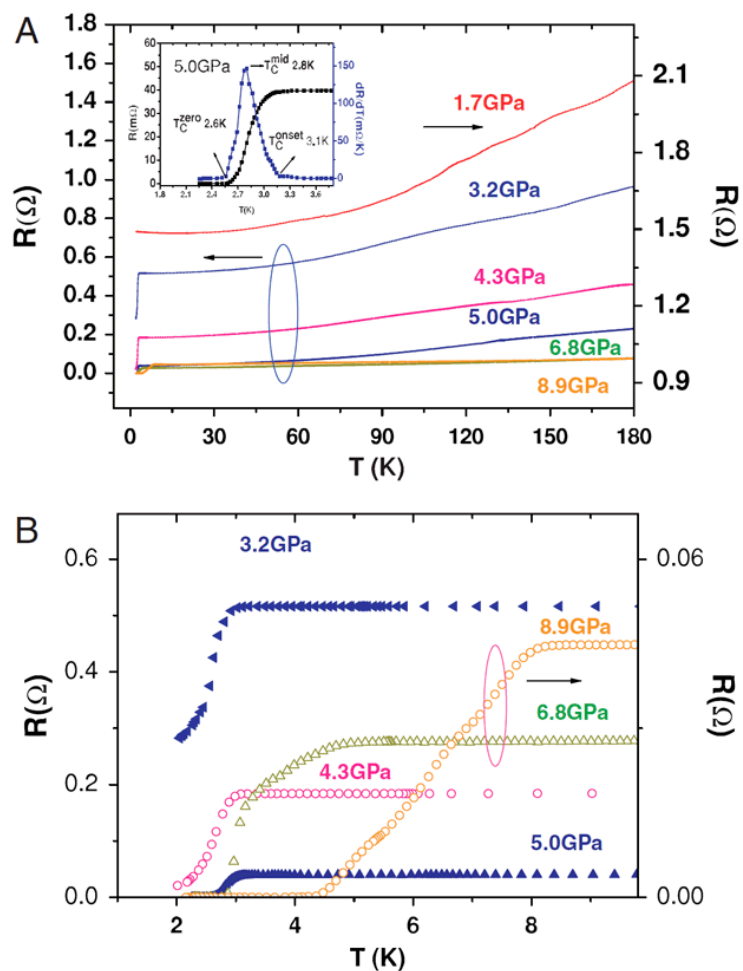


图1 A: Bi_2Te_3 单晶的电导随温度的变化, 在3.2GPa以上呈现超导转变, 超导转变温度 $\sim 3\text{K}$ 。插图给出了超导转变温度处电阻随温度变化的微分, 呈现峰值变化, 由此定义了超导起始(T_{conset})、中间(T_{cmid})、和零电阻(T_{czero})温度。B: 放大的低温超导转变部分, 在低压区间超导转变温度(3K)几乎不随压力变化, 而在高压出现高于8K的超导转变。我们的高压结构实验表明, 低压区间样品依然保持常压相构型, 而在高压区间则产生晶体结构相变形成新相, 本文研究集中在具有常压相的低压区间。

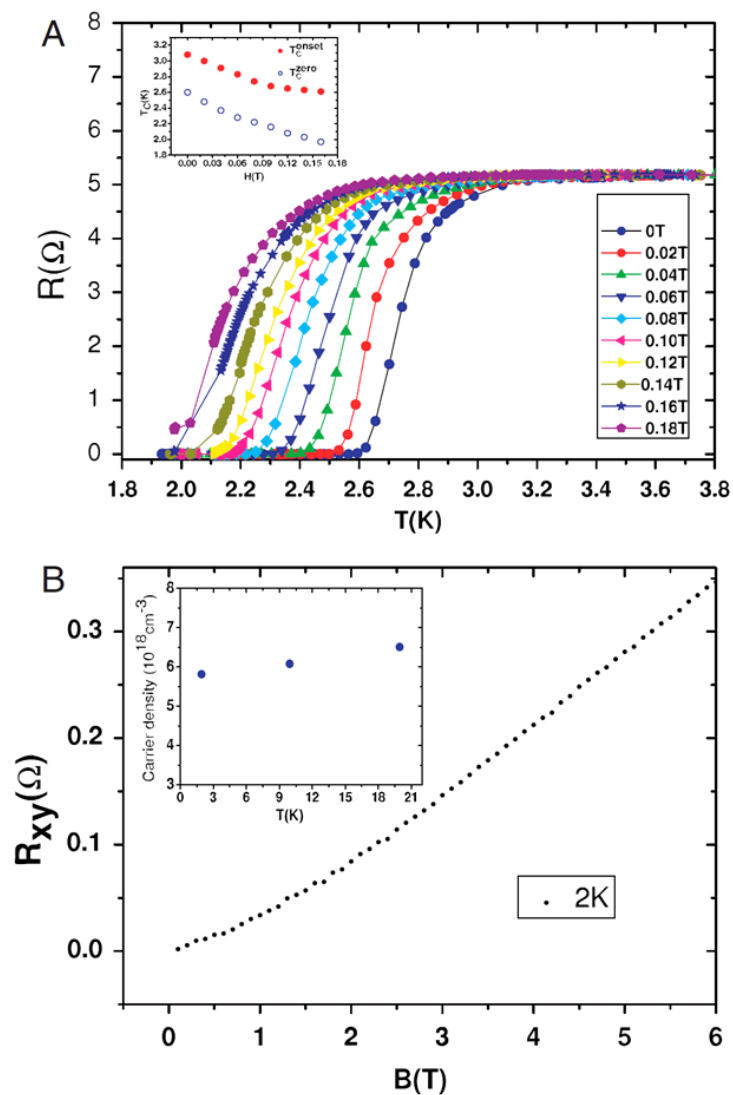


图2 A: Bi_2Te_3 单晶在6.1GPa压力的超导转变温度随外加磁场的变化, T_c 随场向低温移动(如插图), 磁场和C轴平行。B: Hall系数测量表明样品的载流子为p型, 浓度约为 $10^{18}/\text{cm}^3$ 量级, 在低压区载流子随加压浓度略有增加。

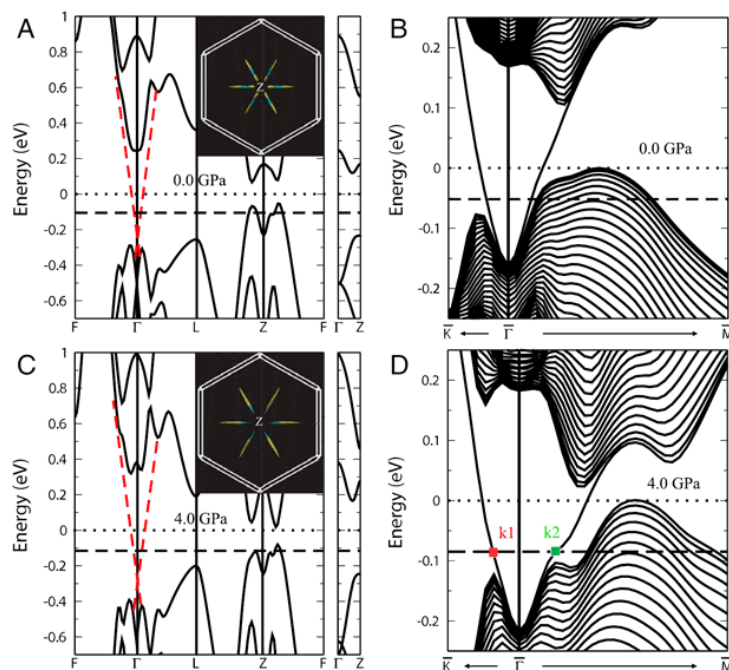


图3: 基于第一性原理计算的 Bi_2Te_3 常压相在不同压力(常压和4GPa)的电子结构(左)和表面态(右)的演化, 根据实验测定的载流子浓度对化学势进行了相应移动进入价带顶部, 插图为相应的Fermi面结构。

附件:

[Pressure-induced superconductivity in topological parent compound Bi₂Te₃
pnas.1014085108_SI.pdf](#)

打印本页

关闭本页