



[首页](#) | [所况简介](#) | [机构设置](#) | [科研成果](#) | [人才队伍](#) | [人才招聘](#) | [合作交流](#) | [研究生教育](#) | [党群园地](#) | [创新文化](#) | [科普](#) | [期刊](#) | [安全专题](#)

新闻动态

现在位置: [首页](#) > [新闻动态](#) > [科研动态](#)

- 所内新闻
- 科研动态
- 综合新闻
- 项目通知
- 通知公告
- 图片新闻

中国科学院物理研究所
北京凝聚态物理国家实验室

EX5组供稿

第6期

2011年02月28日

拓扑化合物研究取得进展

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称能隙，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）。和通常的玻色、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。拓扑绝缘体的研究已取得重大进展，中科院物理所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）的研究人员已做出若干杰出贡献（参看研究进展2010年16期、19期、20期、24期、2011年3期），但拓扑超导电性的观察仍是一个巨大挑战。

最近，中科院物理所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）极端条件实验室靳常青研究组和理论室方忠研究组密切合作，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Stanford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。

以上工作发表在美国科学院院刊上(Proc. Natl Acad. Sci. (PNAS) 108, 24 (2011); doi:

10.1073/pnas.1014085108)。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。

相关参考文献:

J. L. Zhang, S. J. Zhang, H. M. Weng, W. Zhang, L. X. Yang, Q. Q. Liu, S. M. Feng, X. C. Wang, R. C. Yu, L. Z. Cao, L. Wang, W. G. Yang, H. Z. Liu, W. Y. Zhao, S. C. Zhang, X. Dai, Z. Fang, C. Q. Jin, "Pressure-induced superconductivity in topological parent compound Bi_2Te_3 ", Proc. Natl Acad. Sci. (PNAS) 108, 24 (2010) & its supporting information

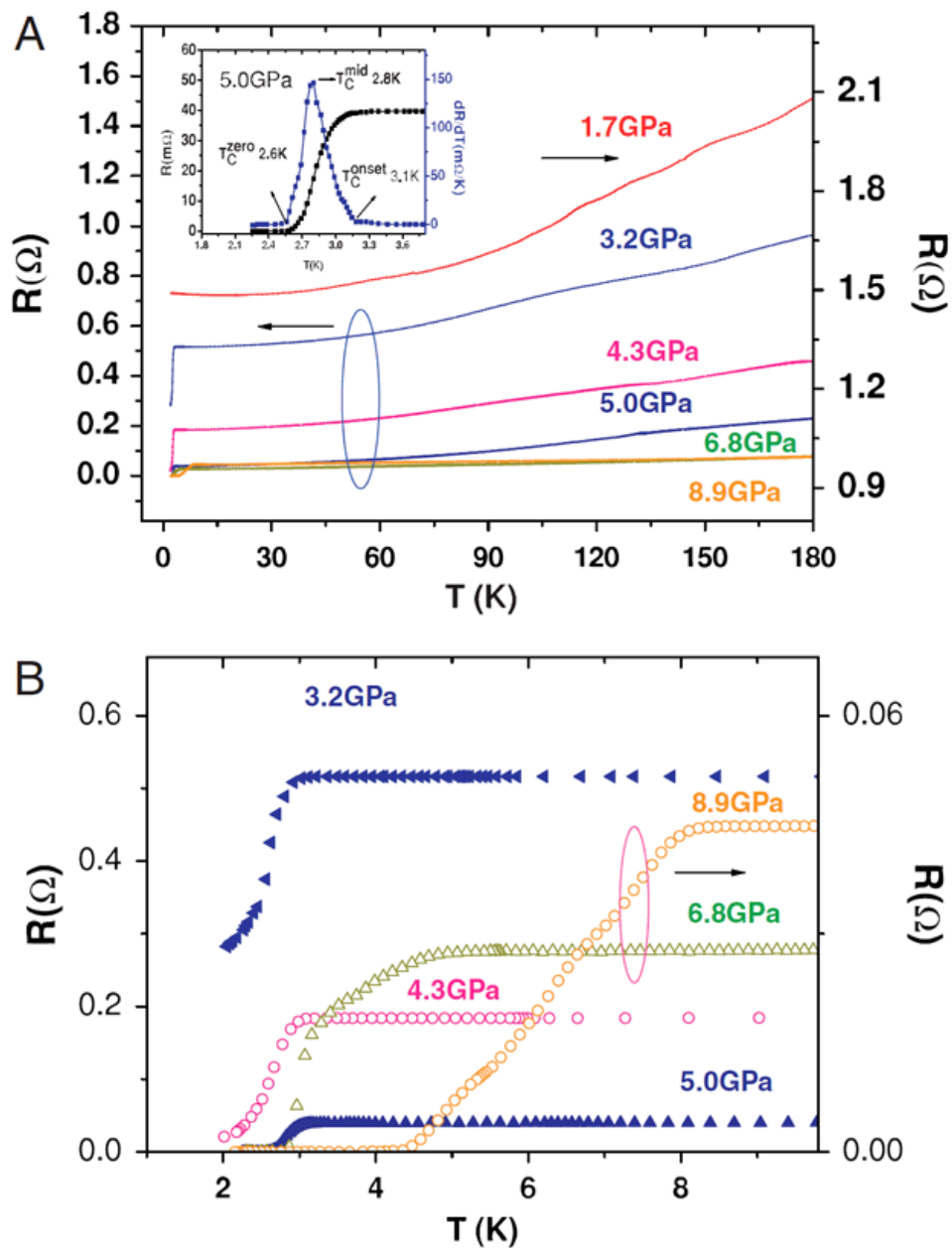


图1 A: Bi_2Te_3 单晶的电导随温度的变化, 在3.2GPa以上呈现超导转变, 超导转变温度 $\sim 3\text{K}$ 。插图给出了超导转变温度处电阻随温度变化的微分, 呈现峰值变化, 由此定义了超导起始($T_{\text{c}}^{\text{onset}}$)、中间($T_{\text{c}}^{\text{mid}}$)、和零电阻($T_{\text{c}}^{\text{zero}}$)温度。
 B: 放大的低温超导转变部分, 在低压区间超导转变温度(3K)几乎不随压力变化, 而在高压出现高于8K的超导转变。我们的高压结构实验表明, 低压区间样品依然保持常压相构型, 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。

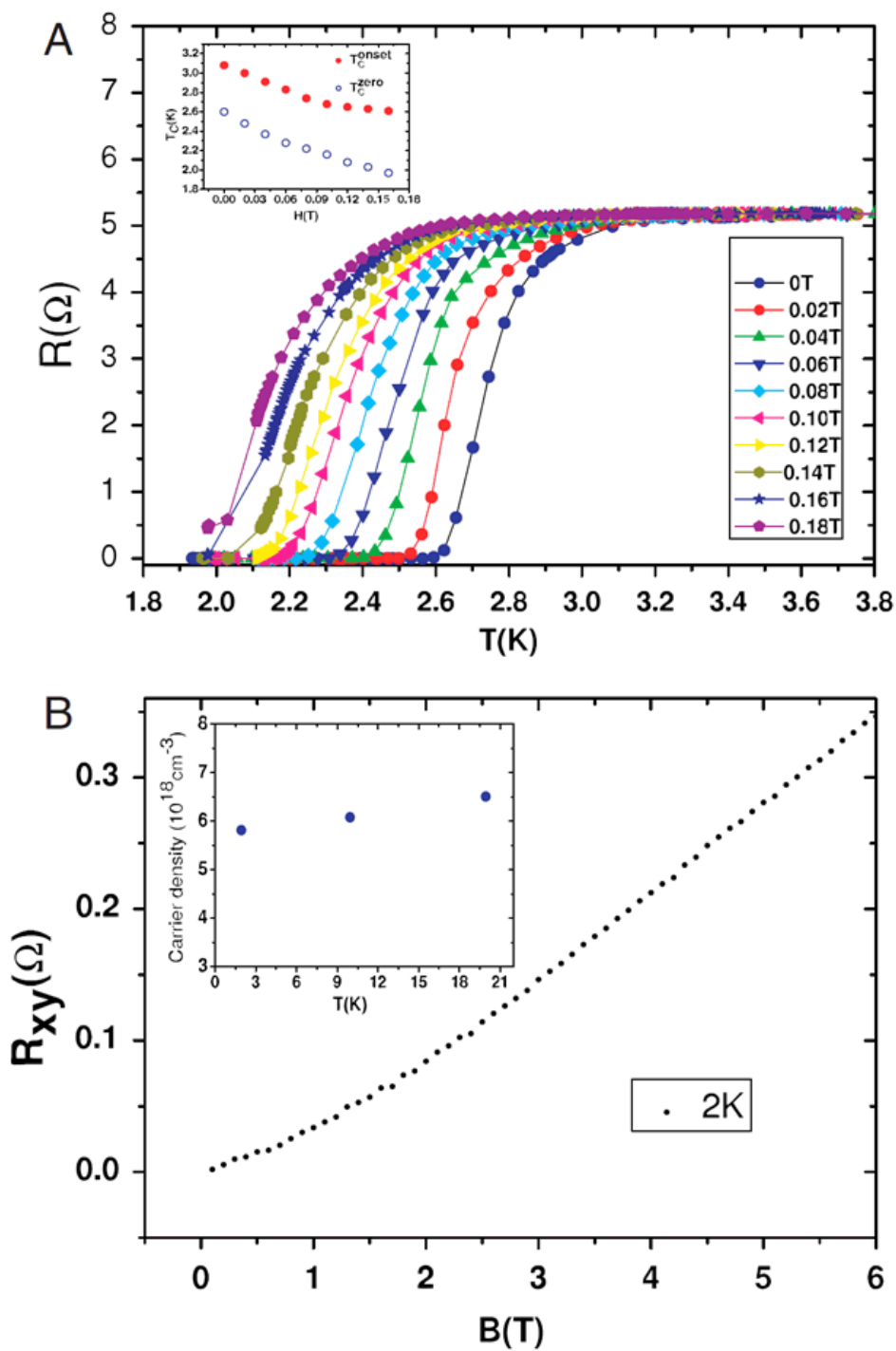


图2 A: Bi_2Te_3 单晶在6.1GPa压力的超导转变温度随外加磁场的变化, T_c 随场向低温移动(如插图), 磁场和C轴平行。

B: Hall系数测量表明样品的载流子为p型, 浓度约为 $10^{18}/cm^3$ 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。

» 附件列表:

[下载附件](#)>> Pressure-induced superconductivity in topological parent compound Bi_2Te_3

[下载附件](#)>> pnas.1014085108 SI.pdf