

- 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

回 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 SC7组供稿 第8期 2012年03月19日  
北京凝聚态物理国家实验室

## 拓扑绝缘体在常温常压条件下表面态行为的研究取得进展

不同于传统意义上的“金属”或“绝缘体”，拓扑绝缘体代表一种全新的量子物态：它的体态是有能隙的半导体 / 绝缘体，表面则表现为没有能隙的金属态。这种完全由材料体态电子结构的拓扑性质所决定的表面态，由于受到对称性的保护，基本不受杂质或无序的影响，因此非常稳定。拓扑绝缘体的研究，对探索和发现新的量子现象，以及它在自旋电子学和量子计算等领域的潜在应用都具有重要意义。

角分辨光电子能谱是直接探测拓扑绝缘体表面态的主要实验手段，扫描隧道显微镜也在拓扑绝缘体表面态的研究中发挥了重要作用。但这些实验手段都是在超高真空条件下实现的，对新鲜清洁样品表面的测量。另一方面，对表面态输运性质的测量以及光学性质的测量，样品表面一般是一直暴露在空气中或曾在空气中暴露过。对拓扑绝缘体的应用而言，也必须考虑暴露空气的影响。对于空气中暴露过的拓扑绝缘体，它的表面态还存在吗？空气对表面态有什么样的影响呢？

中国科学院物理研究所 / 北京凝聚态物理国家实验室(筹)超导国家重点实验室SC7周兴江研究组博士生陈朝宇与凝聚态理论与材料计算实验室方忠、戴希研究组翁红明博士等合作，利用自主研发的真空紫外激光角分辨光电子能谱系统，对典型的三维拓扑绝缘体 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ 和 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 在暴露空气后的表面态电子结构进行了研究，对以上问题给出了明确答案。

周兴江研究组首先生长出了一系列高质量的 $\text{Bi}_2(\text{Te, Se})_3$ 拓扑绝缘体单晶样品，实现了样品体态载流子从电子型到空穴型的演变。对真空解理样品的光电子能谱研究中，他们发现Se掺杂量的不同会引起材料体态和表面态能带结构及载流子浓度的显著变化(图1)。随后，他们对在空气中或氮气中暴露过的拓扑绝缘体表面态进行测量(图2, 3, 4)。首先，他们发现暴露空气之后的拓扑绝缘体的拓扑表面态依然存在，直接证明了空气环境中拓扑序的稳定性；其次，暴露空气之后材料的表面态电子结构发生了显著的变化，表现出明显的电子掺杂，导致表面态能带整体向结合能更大的方向移动，费米面也相应地产生了显著变化；最后，非常有趣的是，在拓扑绝缘体的表面，产生了与表面态共存的额外的量子阱态。他们发现，通常的能带弯曲模型不能解释量子阱态既在价带，又在导带出现的情形，并提出一种新的理解量子阱态形成的图像。

拓扑绝缘体表面态在暴露空气之后表现出的这些行为，对于拓扑绝缘体相关的基础研究和最终应用有着重要的意义。相关的工作发表在美国科学院院刊上[Chen Chaoyu et al. Proceedings of the National Academy of Sciences 109 (2012) 3694]。

此项工作得到了国家自然科学基金和科技部973计划的支持。

相关工作链接: <http://www.pnas.org/content/109/10/3694.full.pdf+html>

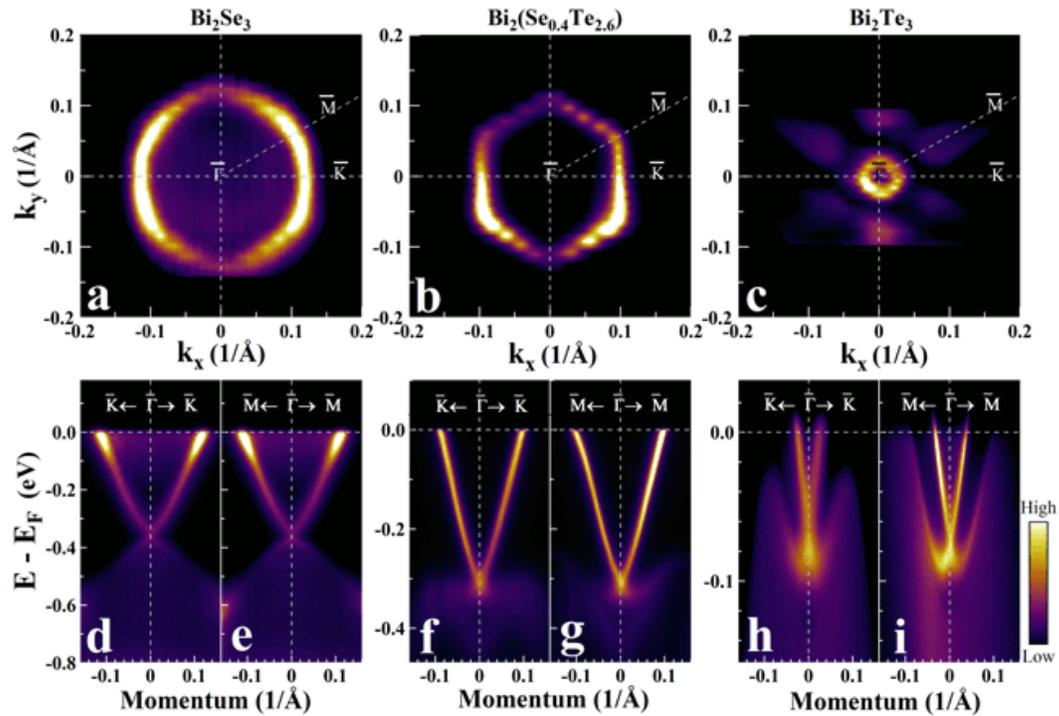


图1. 真空解理的拓扑绝缘体费米面与能带。

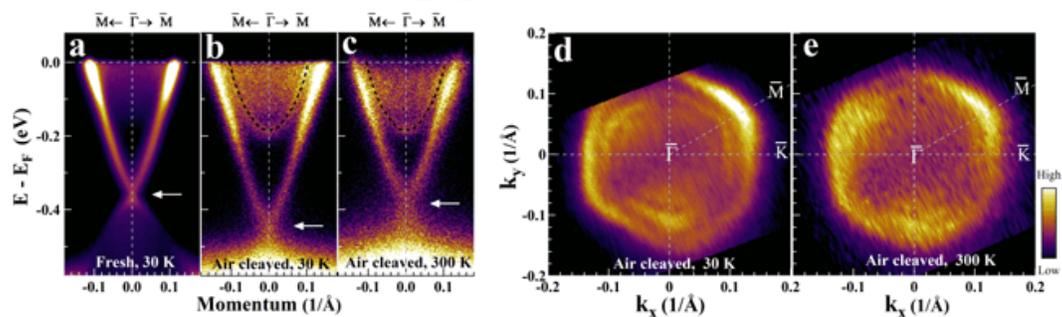


图2. 空气解理的拓扑绝缘体 $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ 能带与费米面

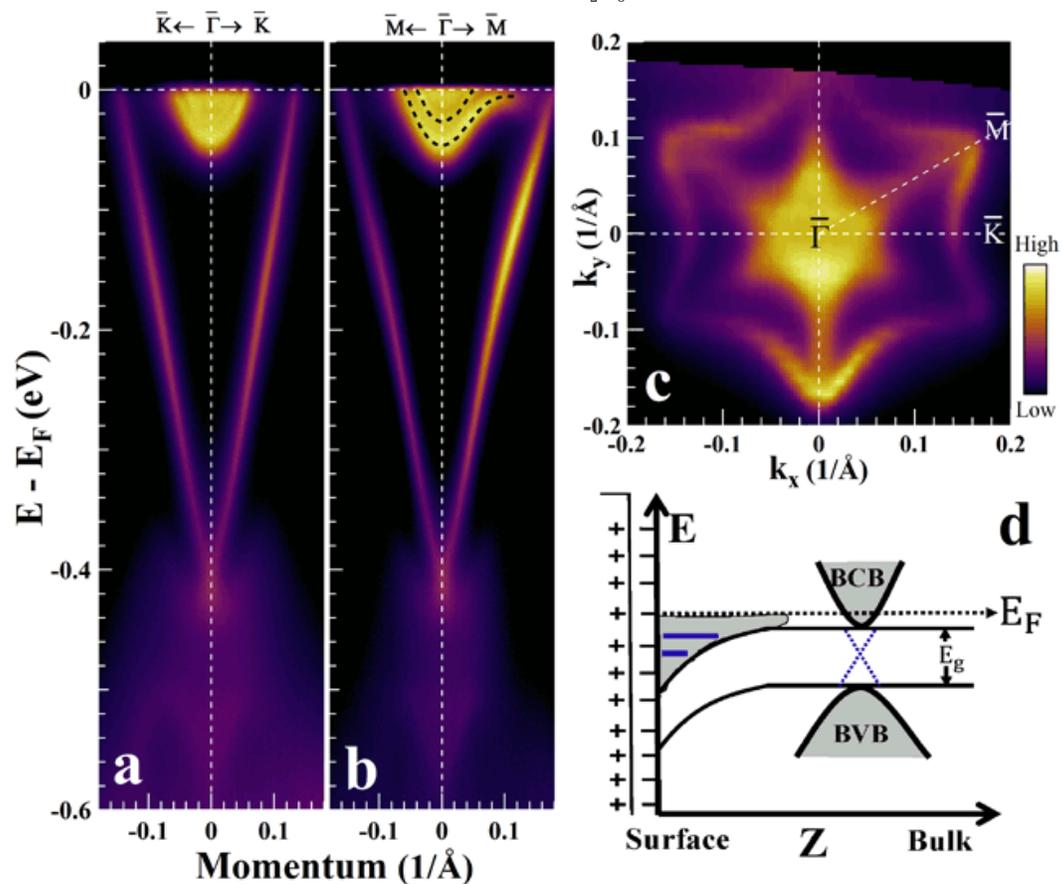


图3. 空气解理的拓扑绝缘体 $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.6}\text{Se}_{0.4}$ 的能带与费米面。图3d为能带弯曲图像解释量子阱形成机理的示意图

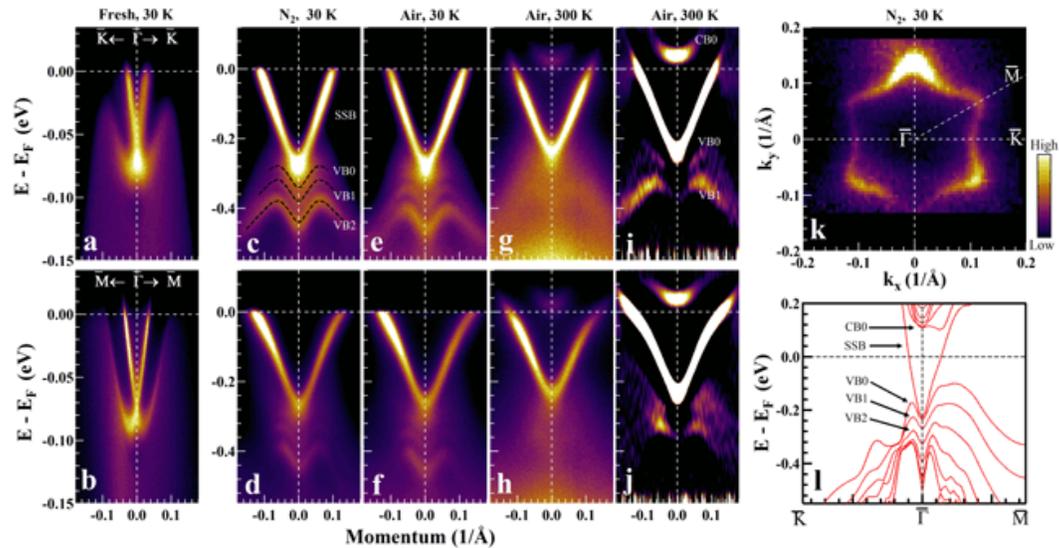


图4. 空气解理及暴露氮气后的拓扑绝缘体 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 的能带与费米面。图4a和b为真空解理样品的能带。图4l为理论计算七层 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 薄膜的能带。

[下载附件](#)>> Robustness of topological order and formation of quantum well states in topological insulators exposed to ambient environment