



## 复旦大学晏湖根课题组首次揭示 少层黑磷的红外光学特性并实现能带调控

来源：物理学系 发布时间：2017-01-06

中文字体

近日，复旦大学物理学系教授晏湖根课题组采用改进的机械剥离法制备出面积相对较大（400 - 10000平方微米）的少层黑磷，并对其进行红外光谱学表征，系统、深入地研究了2 - 15层（厚度1到8纳米）黑磷的能带结构随着层数的演化规律（图1(b)），并且成功实现能带的应力调控。这项工作在国际上首次对少层黑磷的红外光谱表征。1月6日，相关论文“*Infrared Fingerprints of Few-Layer Black Phosphorus*”发表于《自然通讯》(Nature Communications)。复旦大学物理学系博士后张国伟、博士生黄申洋分别为第一和第二作者，晏湖根为通讯作者。

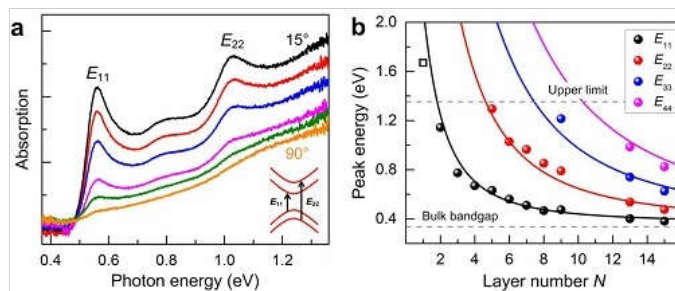


图1: (a) 6层黑磷的吸收光谱，入射光的偏振角度分别为15°，30°，45°，60°，75°和90°。插图为光学跃迁示意图。(b) 黑磷的能带结构随着层数的演化规律。

二维原子晶体材料之所以有吸引力，是由于它的性质往往跟三维体材料有很大不同，并且具有较好的可调控性。一般来说，这种从三维到二维性质的变化可以分为质变和量变两种。比如，单层石墨烯中有相对论性狄拉克费米子，而石墨中没有，这是物理性质的质变。NbSe2在二维状态下的电荷密度波转变温度大大提高，这是物理性质的量变。

黑磷是近年来关注的新型二维材料，它的性质从三维体材料到二维薄层会有很大的量变。黑磷具有独特的晶体结构和优异的物理性能，比如带隙高度可调，面内各向异性和较高的载流子迁移率等。理论计算表明，不论多少层黑磷，都是直接带隙半导体，而且随着层数的变化，黑磷的带隙可以在很宽的范围内进行调节。当黑磷从体材料减薄至单层时，带隙从0.3 eV一直增大到1.7 eV，覆盖了从可见光到中红外的光谱区域，正好填补了石墨烯（零带隙）和过渡金属硫化物（可见光/近红外带隙）之间的空白。尤其是三个原子层厚度的黑磷，带隙约为0.8 eV，恰好与光通讯波段（1550 nm）相匹配，预示着在未来的红外光电子领域，黑磷是极具竞争力的候选材料。

由于层与层之间的相互作用及垂直于面内的量子束缚效应，在少层黑磷中，价带和导带发生劈裂，产生一系列子能带，光谱学表征结果可以很好地反映这一量子化的现象。图1(a)中，除了最低能级之间的跃迁(E11)，还可以清楚地观察到高能级之间的跃迁(E22)，甚至在10层以上的黑磷中可以观察到更高能级之间的跃迁(E33, E44)。随着层数的增加，吸收峰的位置向低能方向移动，而且子能级之间的间隔越来越小，在体材料中演化为准连续的能带。黑磷对光的吸收也表现出强烈的偏振依赖特性。研究表明，红外光谱可以通过非破坏的测量方式，准确、方便地确定黑磷的层数和晶体方向。此外，晏湖根课题组通过施加单轴应力来调控黑磷的能带结构。以6层黑磷为例，1%的单轴应力可以使其带隙变化~23%，这一结果预示着黑磷在应力传感领域有着广阔的应用前景。最后，这项研究还观测到了少层黑磷在理论上禁止的红外跃迁，这些跃迁虽然较弱，但仍然能够给大家提供很多关于能带结构的重要信息，比如导带和价带的非对称性和载流子的属性等。

这项工作为少层黑磷在红外探测器、调制器以及应力传感器方面的应用奠定了基础，揭示了黑

[推荐](#) [收藏](#) [打印](#) [关闭](#)

[本周新闻排行](#)

[相关链接](#)

磷在中、长波红外探测器产业的巨大潜力, 可为红外夜视、卫星遥感等国防工业领域添砖加瓦。

晏湖根长期从事二维材料光谱学, 于2010年在哥伦比亚大学获得博士学位, 随后在IBM公司工作4年。2015年初加入复旦大学物理系后, 就着手少层黑磷及其它材料的光谱研究, 目前已取得多项进展。相关工作得到了“青年千人”计划、科技部重点研发计划、“上海千人”计划及“东方学者”项目的资助。

(封面制图 冯宇嘉)

#### 相关文章

已有0位网友发表了看法

[查看评论](#)

我也来说两句!

验证码:

[发表评论](#)

[网站导航](#)

[投稿须知](#)

[投稿系统](#)

[新闻热线](#)

[投稿排行](#)

[联系我们](#)

复旦大学党委宣传部(新闻中心)版权所有, 复旦大学党委宣传部网络宣传办公室维护  
Copyright©2010 news.fudan.edu.cn All rights reserved.