

新型碳蜂窝结构存储大量氢气——助力燃料电池

(中国科学院理化技术研究所 戴 闻 编译自 Tamela Maciel. *Physics*, February 5, 2016)

碳可以形成金刚石、碳纳米管、纳米微球或叫巴基球(buckyballs), 以及其他一些结构。现在, 一个团队已经制备了他们所谓的碳蜂窝, 这一结构显现出巨大的气体储存能力。通过稍微改变其常规的制备方法, 研究者们创造出了一种三维蜂窝结构, 它是由碳片(即石墨烯)构成。这种结构可以作为一种轻型、高能效的燃料储存介质使用, 用于氢燃料电池。

将氢气作为一种可再生燃料源, 有效地存储和转运仍然是一个关键的障碍。因此, 美国能源部已经向科学家们提出了挑战, 到2020年, 开发出一个储氢系统, 储氢量占总质量的5.5%以上。目前, 极高压下氢气存储钢瓶和极低温下的液态氢储存罐是最好的商业选择, 但为达到存储条件, 二者均需消耗大量的能源。因此, 许多研究人员都着眼于开发多孔材料, 既能捕获和释放氢气, 同时消耗少得多的能量。理论上, 碳纳米管和其他纳米结构, 其表面面积非常大, 都是很好的候选材料; 但在实践中, 这些

结构中通往气体存储空间的路往往被阻塞。一些研究人员已经提出了一种新的泡沫状的碳结构, 具有较高的气体存储容量, 但它尚未制备成功。

为开发更好的储氢系统, 乌克兰科学院的 Nina Krainyukova 和乌克兰国立技术大学的 Evgeniy Zubarev, 尝试用各种方式制备新型碳结构。他们最成功的技术是类似于“电弧放电”的方法, 碳碎片在一对带电碳电极之间飞行, 在附近的表面形成纳米结构。但是, 这个团队不使用双电极, 而是用电流来加热单一的碳棒。碳棒被加热至升华点, 产生的蒸汽中可凝出更小的碳片(与电弧放电方法相比)。这些碳片随后在附近的表面形成一片薄膜, 这薄膜被证明是一种良好的气体吸收剂。

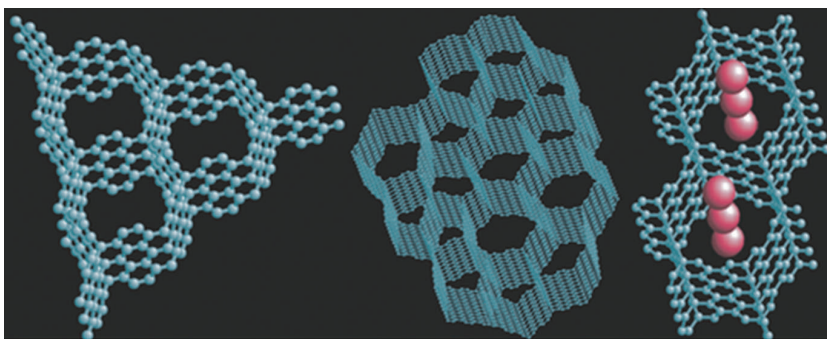
为了识别结构, Krainyukova 和 Zubarev 对他们的薄膜进行了一连串测试。电子显微镜图像显示一个中空通道网络, 通道垂直于膜的表面。这表明, 该材料具有类晶格结构。从电子衍射测量和计算机模

拟, 研究人员确定, 键联满足 120° 角。这个角度是石墨烯片的特征, 也是一种海绵状碳碎片(所谓 schwarzites)的结构特征。但测得的膜的碳密度太高, 以至于不能认定是由 schwarzites 海绵状碳碎片构成。最后, 团队再次测试薄膜的气容量, 分别使用二氧化碳、氮和氩气体。他们发现对每种气体都有高水平的吸收。这一结果消除了先前的疑似碳纳米管的猜测, 因为碳纳米管与新碳膜材料相比, 前者吸氧量仅为后者一半。

最后的结论是, 他们的碳膜不同于任何已知的结构。他们设计了一系列的可能结构, 直到找到一个与他们的所有观察结果相匹配的新结构。这个成功的结构具有重复的平板石墨烯图案, 六边形的边缘对齐形成一个“碳蜂窝”。蜂巢开放的六边形通道是高吸收能力的关键。团队表示, 这些通道的尺寸可适应多种不同的原子或分子, 包括氢分子, 估计能吸收8%总质量的氢气。

专家评论说, 这项工作是一个令人兴奋的发现; 人们期待更高分辨率的图像被确认, 蜂窝结构对于碳纳米结构家族, 将是一个“地位显赫”的新成员。此外, 明显的应用是, 气体储存和可能的分子筛。在未来, 还会有更多的用途, 超出今天的研究人员所能想象的。

更多内容详见: Nina V.Krainyukova, Evgeniy N. Zubarev. *Phys. Rev. Lett.*, 2016, 116: 055501。



一个新的碳纳米结构——由石墨烯片构建的三维蜂窝结构, 它们或者是周期形式(左), 或者是随机形式(中)。该结构可以吸收大量的气体原子和分子(右)