

神奇的布基球世界—— C_{60} 研究中的新发现

布基球(即球状碳分子)充满了许多神秘色彩。自1985年9月美国化学家发现这种由60个碳原子组成的分子后,在世界上吸引了许多科学家。天文物理学家也对 C_{60} 发生了浓厚兴趣,认为在星际空间可能寻找到 C_{60} 。

尽管天文学家的预测尚未实现,但地质学家却找到了 C_{60} 新的足迹。

1992年,美国坦普尔亚利桑那州立大学的彼得·布塞克(Peter Buseck)和他领导的研究小组报道了他们在俄罗斯卡雷利的一种类似煤的岩石中发现了 C_{60} 分子。1993年,他们又在几年前于科罗拉多的希普山收集的一种闪电熔岩标本中发现了 C_{60} 和 C_{70} 。这种闪电熔岩的含碳量其实非常低。布塞克认为,其中的 C_{60} 和 C_{70} 来自松树的针叶,松针在山腰发生快速放电的闪电过程中被碳化。因为闪电时温度达到接近2000℃,足以使岩石熔化成一种坚硬的黑色玻璃质团块,包住碳化的松针。这一发现证明,自然界存在天然的 C_{60} 分子。

另一组研究人员,即耶鲁大学的马丁·桑德斯(Martin Saunders)和詹姆斯·克罗斯(James Cross)及纽约罗切斯特大学的罗伯特·波雷达(Robert Poreda),在制造 C_{60} 分子时,为防止碳的氧化,用惰性气体氮作保护气氛,结果发现,在制出的 C_{60} 分子中,每100万个 C_{60} 分子中约有一个 C_{60} 分子中含有一个氮原子。这种含氮的 C_{60} 分子是第一次制成的氮的稳定化合物。他们把这种化合物的分子式写成: $He@C_{60}$,分子式中的@表示氮原子是以非键合的形式和 C_{60} 结合的。这一研究结果最早发表在英国的《Science》杂志第259卷第1428页上。

通常认为,氮是一种不和任何元素起化学反应的惰性气体。 $He@C_{60}$ 的首次制成打破了这一传统的概念,因而引起的许多科学家的极大兴趣。

氮原子是所有气体中最小的原子,在理论上可以轻易地在布基球笼形分子中进出。但克罗斯认为,要使氮从 $He@C_{60}$ 分子中释放出来,应加热到700℃以上,因为在笼形结构出现一个“窗口”前,即在一个碳—碳链破坏之前,氮不会从笼形结构中逃逸,因此必须加热,即用足够的能量来破坏这样的碳—碳链,使氮原子逃逸出来。

为了证实他的分析,克罗斯的研究小组又把纯 C_{60} 试样放进纯氮及纯氦这些惰性气体中,加热到同样的温度(700℃以上)。结果产生了 $He@C_{60}$ 和 $Ne@C_{60}$ 这两种惰性气体的化合物。通过再次加热 C_{60} ,再释放已捕获的这些惰性气体,发现在约800万个布基球笼形结构中只剩一个 C_{60} 分子中含有捕获到的氮原子,即大部分氮原子已从 $Ne@C_{60}$ 中逃逸。

惰性气体氮和氦能和 C_{60} 形成化合物,这是化学反应中的罕见现象。因为到目前为止,惰性气体还没有其它形式的化合物。

此外,还有一些科学家,用 C_{60} 吸收氢,制成了第一个布基球碳氢化合物。1993年,保罗·卡希尔和克雷格·亨德森(Paul Cahill & Craig Henderson)在著名杂志

《Science》第259卷上报道了他们制出的第一个布基球碳氢化合物。为了使 C_{60} 和必要的氢原子连结,他们设法破坏 C_{60} 母分子中的碳—碳链,因为 C_{60} 分子的碳—碳链连接得很牢固。后来,他们用有机硼化氢触媒制出了 $C_{60}H_2$ 化合物。然后又分析了这种化合物,以判明其中的两个氢原子在整个分子中的位置。

1993年,英国曼彻斯特大学科学技术学院的化学家戴维·利(David Leigh)领导的一个科研小组把布基球放在一种多孔材料(VP1-5)中并用激光照射,结果使含布基球的多孔材料发出了接近于霓虹般的彩色。这种复合材料(多孔材料+ C_{60})有可能用于制造发射各种频率的激光器和平面投影显示屏。

目前,戴维·利的工作是研究光致发光材料,但他们的最终目标是生产电致发光材料,因为电致发光材料才具有更大的商业价值。

为了改变 C_{60} 分子的光学性能,目前戴维·利正在研究将 C_{60} 分子限制在很小尺度范围内(例如薄膜内)的方法。因为现在知道,半导体的光学性能就取决于它们的尺度。例如,块状的多孔硅可以制出发近红外光的器件,而片状的多孔硅可以发绿光,一维的带材发蓝—绿光,而所谓零维的量子点则发蓝光。戴维·利认为,如果 C_{60} 分子被密封在沸石(一种多孔矿物)的一维道孔内,它们就可能像多孔硅一样改变光学性质,也会发出不同色彩的光束。但是,沸石的微孔尺度太小,不足以容纳一个布基球,布基球的直径大约为1纳米,因此,他决定用另一种微孔直径约为1.25纳米的微孔材料VP1-5代替沸石,用它捕获布基球分子。其方法如下:先将纯布基球分子溶解在苯(C_6H_6)中,然后在50℃的温度将多孔材料VP1-5放入其中,搅拌一整夜之后,使溶解在苯中的 C_{60} 分子渗入到VP1-5多孔材料的微孔中,最后再用苯洗涤已渗入 C_{60} 的VP1-5材料,以保证在VP1-5的表面没有粘附的 C_{60} 。为了彻底清除表面残存的 C_{60} 分子,可把VP1-5在空气中加热到130℃,进一步去掉表面的 C_{60} 分子。然后开始作发光试验。每次试验都用458纳米的蓝色激光照射,结果发现,除纯粹的VP1-5多孔材料不发光外,凡渗入有 C_{60} 分子的VP1-5试样都能发光,而且可发出很强的光,即使用功率微弱的激光照射,在并不黑暗的房间内也能看到这种光亮。

此外,他们还在室温下测量了渗进了 C_{60} 分子的多孔材料VP1-5所发射的光谱,结果发现,这种复合材料的光谱和 C_{60} 单独发出的较弱的光谱大不相同。含 C_{60} 的多孔复合材料的光谱几乎完全是可见光谱。为此,他们申请了专利,专利名称为:富勒氏分子(即布基球)——一种光源材料,专利申请号为UK9225831。

制造 C_{60} 发光材料的研究仅仅是开始,要得到不同色彩的发光材料还有许多工作要做,尤其是制造出电致发光的彩色发光材料要走更长的路。但一旦研究有所突破,其意义是重大的。

(刘先曙 编译)