

无定形碳的激光等离子体质谱*

黄荣彬 庄马展 李文莹 丁少平 郑兰荪

(厦门大学化学系, 厦门 361005)

关键词 无定形碳、碳原子簇、飞行时间质谱

自 Smalley 等人发现 C_{60} , 并根据质谱研究, 认为它具有足球形的完美空心结构以来^[1], 碳原子簇的激光产生与研究已成为化学界一个十分热门的研究课题。我们在自建的脉冲激光离子源飞行时间质谱计上, 观察到碳原子簇正负离子的质谱, 而且也发现 C_n^+ 在原子簇正离子中具有突出的信号强度^[2]。然而以上研究都以石墨为样品, 而石墨本身就具有十分有序的六边形层状结构。因而, 由激光作用于石墨产生的碳原子簇, 可能主要是石墨的碎片。为了更深入地了解碳原子簇的生成情形并探索其结构, 我们选择无定形碳为样品, 观察其由激光蒸发和电离而产生的碳原子簇的正负离子质谱。

实验在自制的脉冲激光离子源飞行时间质谱计上进行。该装置完全以微机控制, 所用激光是 $Nd^{3+}:YAG$ 激光器的调 Q 基频输出, 功率密度 $10^8 W/cm^2$ 。激光蒸发样品产生的等离子体沿与加速电场垂直的方向飞行 8cm 后进入质谱计的第一加速区, 以 1000V 的脉冲电场加速后, 在无场区中漂移了 1.15m 至离子探测器, 所得信号经一取样频率为 10MHz 的瞬态记录仪处理, 输入微机即得到飞行时间质谱图。

实验所用的无定形碳是精馏处理后的木炭。无定形碳实际上是各种石墨微晶的集合体, 由此想像所生成的各种大小的碳原子簇应当有比较均匀分布。然而如图 1 所示, 实验中观察到的正离子只有 C_2O^+ 、 $C_{25}O^+$ 两种氧化物与少量量的 C_{18}^+ 和 C_{24}^+ 。负离子的情形则很不同, 当 $n < 40$, 各种大小的 C_n^- 都曾观察到。图 2 所示的是一幅比较典型的负离子质谱图, 其中 C_{13}^- 的信号强度显得十分突出; 在 $6 \leq n \leq 12$ 时, 含有偶数个碳原子的簇负离子的信号显得略强一些。图 2 中 C_6^- 右边的小峰是 $C_6H_5^-$, C_{14}^- 左边的谱峰 ($m = 164$) 在对葱的激光质谱测试中是最主要的负离子峰, 它们是由木炭中所含的芳香烃杂质引起的。实验中有时还出现了一些较高核的碳原子簇负离子, 如 C_{170}^- 、 C_{178}^- 、 C_{184}^- 、 C_{225}^- 、 C_{259}^- 、 C_{364}^- 等的信号强度较突出。

由于木炭具有很强的吸附能力, 纯度又不很高, 因而在激光作用下产生的正离子主要是碳的氧化物。尽管各种大小的簇氧化物应当都有可能产生, 而实验中所记录到的几乎都是 C_2O^+ 及少量的 $C_{25}O^+$ 。在我们对石墨样品的类似研究中, 除了各种大小的原子簇外, C_2O^+ 也经常出现在质谱中出现, 而且是所检测到的唯一氧化物离子^[2]。由此可以认为, 在碳原子簇氧化物中, 氧原子均插入碳原子之间形成 $-C-O-C-$ 键, 而与氧原子相连的碳原子的 $C-C$ 键均较

本文 1989 年 12 月 21 日收到, 1990 年 3 月 20 日收到修改稿。

* 国家教委优秀青年教师基金资助项目。

1) 研究结果将在《化学通报》上发表。

2) 结果已寄《化学物理学报》。

