

a - C : H 膜与宁强陨石有序度的比较研究*

陶衍侠 彭少麒

(中山大学物理学系, 广州 510275)

摘 要 利用 Raman 谱与退火关系研究 a - C : H 与宁强陨石的有序度. 非晶碳是宁强陨石的主要组成结构; 陨石与非晶碳样品的有序度随退火温度的变化规律类似, 只是出现的温度范围不同, 并且陨石与 $T_s=100^\circ\text{C}$ 的 a - C : H 在经过 450°C 退火后 Raman 谱形状类似.

关键词 a - C : H, 宁强陨石, 有序度

分类号 O433.4

依据陨石矿物组成的研究, 自 60 年代起, 用化学热力学和等离子体物理学方法研究太阳成份气体的凝聚过程, 相继提出了三个代表性的星云凝聚模型: ①热凝聚模型; ②冷凝聚模型; ③等离子体凝聚模型. 这三个模型都还不够完善, 有待实验的检验和修正. 本工作就是通过用等离子体淀积的氢化非晶碳 (a - C : H) 与宁强陨石的 Raman 谱随退火温度变化规律的对比研究, 来探讨宁强陨石的主要成分及陨石碳质有序度的变化.

1 基本原理与实验方法

用碳质有序度研究陨石和太阳系的形成环境和演化历史的意义和潜力的主要依据是: (1) 碳元素有 sp^3 , sp^2 , 和 sp^1 三种键合方式, sp^3 键合 sp^2 键合是碳的两种主要键合方式, 并由此形成碳的两种晶格结构, 即 sp^3 构型的金刚石和 sp^2 构型的石墨, 由于氢的引入还可在碳中形成碳氢聚合物, 因此在金刚石和石墨之间可形成一系列 sp^3/sp^2 键合比例不同, 局域结构和有序度也不同的非晶态碳. 碳质有序度 (固体中原子排列的情况) 已知有短程有序, 中程有序和长程有序三类. 碳晶体两种基本形态分别如上述具有石墨与金刚石两种长程有序结构, 非晶碳只有短程和中程有序, 碳质陨石的有序度是 Raman 谱中 G 线和 D 线的相对强度比 I_G/I_D 来定义的. I_G/I_D 值越大, 有序度越高. 碳质陨石有序度是有关形成环境, 氢含量和热历史的一个重要方法和指标. 而近年 a - C : H (类金刚石薄膜) 的研究方法和实验结果为开展碳质陨石有序度研究提供了实验和理论基础.

a - C : H 采用射频辉光放电分解苯蒸气的方法, 在相同的等离子体条件下分别在室温、100, 150, 200, 305 $^\circ\text{C}$ 衬底温度下制备, 然后在同一真空度下对 a - C : H 和宁强陨石进行不同温度的退火, 退火温度范围是 150~500 $^\circ\text{C}$, 退火时间为 30 min, 对退火前后

* 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1994-12-14 陶衍侠, 女, 24 岁, 硕士研究生, 现在广州华声通信股份有限公司工作

的样品均进行了 Raman 谱的测量.

2 结果与讨论

2.1 a-C:H 的 Raman 谱 经过 350,450,500°C 退火后的不同衬底温度的 a-C:H Raman 谱具有如图 1 所示的变化规律. 对于未退火或退火温度较低 ($T_a < 350^\circ\text{C}$) 的 a-C:H 样品, Raman 谱的基线是一条斜线, 随波数升高而上升是由 a-C:H 膜的光致发效应引起的^[1], 但当 $T_a \geq 350^\circ\text{C}$ 时, 出现非晶碳的两个特征峰, D 峰 ($\sim 1350\text{ cm}^{-1}$) 和 G 峰 ($\sim 1600\text{ cm}^{-1}$), 按陨石碳质有序度的定义 (I_G/I_D) 五个样品的 I_G/I_D 随退火温度变化分别表示于图 2 中.

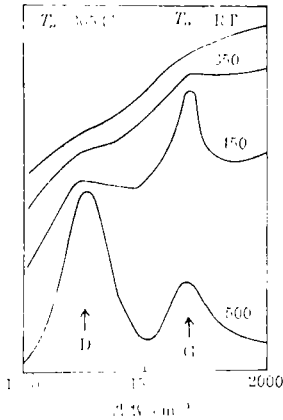


图 1 不同退火温度下的 a-C:H Raman 谱

Fig.1 Annealing temperature dependent Raman spectrum of a-C:H

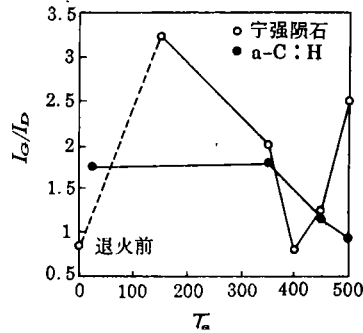


图 2 不同退火温度下的 I_G/I_D

Fig.2 Annealing temperature dependent I_G/I_D

2.2 陨石 Raman 谱 图 3 为陨石的 Raman 谱, 分别在 1350 cm^{-1} 和 1600 cm^{-1} 附近出现非晶碳的两个典型特征峰 (D 和 G 峰), 说明陨石的主要成分为非晶碳, G 峰对应于石墨峰, D 峰对应于小石墨晶粒引起的无序峰, 而不是由于 sp^3 键, 因为金刚石的 Raman 效率很低^[1], 随着退火温度的升高, 两个峰的相对强弱发生变化, 有序度先增后减然后再增加的变化趋势, 并不象 a-C:H 在此退火温度范围有序度变化趋势. 限于实验条件, 我们没有在低于室温的衬底上生长 a-C:H, 也没有在高于 500°C 下进行退火. 但由 Dillon 等的结果, 在 $200\sim 800^\circ\text{C}$ 的范围内, 随着退火温度的升高, D 峰的相对强度增加, 这可能对应于短程序的增加, 当 $T_a \geq 1000^\circ\text{C}$, D 峰的降低是由于微晶尺寸的增长而变得石墨化^[2], 此时类似于陨石在较低退火温度 ($150\sim 500^\circ\text{C}$) 时的 I_G/I_D 变化趋势.

根据上述分析, 可得下列实验结果:

(1) 由 Raman 谱的特证, 可认为宁强陨石的主要组成结构是非晶碳.

(2) 随着退火温度的升高, 陨石与非晶碳样品的有序度均出现先增加后下降再增加的变化规律, 而出现再增加的温度范围则各不相同. 这可能是两者的形成条件与演化历史的差异所致.

(3) $T_s = 100^\circ\text{C}$ 时的 a-C:H 经过 450°C 退火后的 Raman 谱与陨石 450°C 退火后的

Raman 谱形状极为类似, 并有相同的有序度 (I_G/I_D), 如图 4.

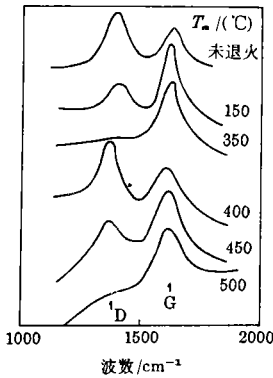


图 3 不同退火温度下的宁强陨石的 Raman 谱

Fig. 3 Annealing temperature dependent Raman spectrum of Ningqiang meteorite

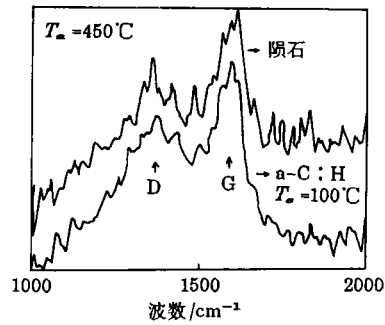


图 4 宁强陨石和 a-C:H 的 Raman 谱

Fig. 4 The Raman spectrum of Ningqiang meteorite and a-C:H

致谢: 中国科学院地质新技术研究所李肇辉研究员提供宁强陨石标本, 并在研究中提出宝贵的意见.

参 考 文 献

- 1 Robertson J. Amorphous carbon. *Advances in Physics*, 1986, 35 (4): 332
- 2 Dillon R O, Woollam J A, Katdanant V. *Phys Rev B*, 1984, 29: 3482

A Comparison Study on the Ordering Degree of Hydrogenated Amorphous Carbon and Ningqiang Meteorite

Tao Yanxia* Peng Shaoqi

Abstract The ordering degrees of hydrogenated amorphous carbon (a-C:H) and of Ningqiang meteorite are investigated through their Raman spectra at different annealing temperatures. It is found that the structure of Ningqiang meteorite is amorphous carbon. The variation of the ordering degree of Ningqiang meteorite with different annealing temperature is similar to that of a-C:H at higher annealing temperature. It is expected that the growth temperature of meteorite is low. It is also shown that, at $T_a = 450^\circ\text{C}$, Raman spectrum of a-C:H at $T_a = 100^\circ\text{C}$ is analogous to that of Ningqiang meteorites.

Keywords a-C:H, Ningqiang meteorite, ordering degree

* Department of Physics, Zhongshan University, Guangzhou 510275