

文章编号: 1007-882X(2004)04-0319-01



新金刚石

(New diamond)

中图分类号: O 613.71

文献标识码: A

新金刚石是具有面心立方(Fcc)结构的金属性碳,其空间群为Fm-3m,晶格常数为0.3594 nm。尽管新金刚石和金刚石的结构不同,但其某些晶面衍射峰与金刚石一致,1991年被日本科学家 Hirai 命名为新金刚石(New-Diamond, N-diamond)。2001年 Konyashin 用实验证实新金刚石为面心立方结构的碳。在此以前,新金刚石在许多的实验过程中也曾获得过。

1989年 Amaratunga 以 CH_4 为碳源气体、氩气为稀释气体,在 n 型硅衬底上负压沉积制备出了新金刚石薄膜。Amaratunga 对射频等离子体 CVD 法沉积出的薄膜进行 TEM 分析时,观察到了新金刚石(200)晶面的衍射峰,但他并没有认为(200)晶面是新金刚石的晶面,而认为是由于金刚石(111)晶面多重衍射的结果。

1991年 Hirai 用速度为 2.5 km/s 的铜飞片冲击用铜薄片间隔的石墨薄片(石墨薄片厚度小于 100 μm),通过数值计算,石墨薄片的最高温度为 3700 K,最大压力为 65 GPa,最大冷却速度为 10^{10} K/s ~ 10^6 K/s, Hirai 在对产物进行 TEM 分析时注意到了新金刚石的(200)晶面的衍射峰,他认为是新金刚石的晶面所产生的,并将该新产物命名为新金刚石,但是他并没有明确新金刚石为面心立方结构的碳。

1992年 Yoo 首先将 C_{60} 在 450 $^{\circ}C$ 下升华并冷凝在直径为 10 mm、厚度为 3 mm 的光滑铜基体上,在铜基体的表面形成 2.5 μm 的 C_{60} 薄膜,然后再在薄膜上溅射形成厚度为 5 μm 的铜薄膜,最后在其上面加一层厚度为 0.5 mm 的铜片,并用速度为 2.6 km/s 的铜飞片冲击。 C_{60} 薄膜被冲击后转变为透明的压稳态的碳产物,通过进一步的 TEM 检测,结果表明,产物中有新金刚石存在。

1994年 Endo 分别在 14 GPa、1200 $^{\circ}C$ 和 40 GPa、室温条件下处理多晶石墨,获得了少量的新金刚石,虽然在 XRD 分析中没有新金刚石的衍射峰,但是在 TEM 分析中获得了新金刚石的电子衍射图谱。

1997年 Jarkov 等人在氦气流吹动下的炭电极等离子体的沉积产物中也获得了新金刚石。在内、外石墨电极间施加频率为 66 kHz、220 A 的电流,使内、外石墨电极间产生等离子体电弧,该电弧在氦气流的吹动下形成了等离子体射流,

随后在容器内壁上沉积出了富勒烯等产物,在用 TEM 分析该产物时发现含有少量的大小为 20 nm 左右的新金刚石。

2001年 Konyashin 等人将 CVD 法制备的金刚石用氢等离子体退火,其退火温度为 800 $^{\circ}C$ 、退火时间为 4 h,然后将退火后金刚石的表面物质收集并进行了 TEM 分析,分析结果表明金刚石在氢等离子体作用下转变成了新金刚石。

2001年 Orwa 等人在室温下将 1 MeV 的碳离子注入到硅片表层,然后将该硅片在氢气和氩气的混合气体作用下退火,退火温度 1100 $^{\circ}C$,退火时间 1 h,当注入硅表层的碳离子浓度为 2×10^{17} / cm^2 时,用 TEM 分析退火后的碳原子团簇,发现该碳原子团簇为新金刚石。

2003年,我们课题组将炭黑与 $Fe(OH)_3$ 胶体混合物置于一开口的不锈钢容器中,在 300 $^{\circ}C$ 下加热 100 min,然后将不锈钢容器密封,置于一有 10 T 直流恒温强磁场的加热炉中,在 1100 $^{\circ}C$ 下保温 100 min 后,关闭磁场和加热电源,使其随炉冷却至室温,经进一步的分析,最后的粉末样品中有新金刚石。

由于新金刚石的产量比较低,对新金刚石性能的实验研究几乎是空白。2003年,我们课题组采用强磁场炭黑催化法成功地大量制备了新金刚石,为新金刚石性能的实验研究奠定了基础。同时,我们对新金刚石的稳定性能进行了初步的实验研究,结果表明,新金刚石是一种亚稳相,在常温下能够缓慢分解。当加热到 150 $^{\circ}C$ 时开始分解,并在 400 $^{\circ}C$ 分解结束,而且该分解反应为放热反应。2001年新金刚石被 Konyashin 通过实验证实为面心立方结构的碳后,对新金刚石的导电性进行了分子动力学计算,结果表明新金刚石是一种可导电的金属性的碳。

尽管新金刚石的制备方法有很多,但许多制备方法产量都很低,制约了对新金刚石的研究,强磁场炭黑催化法能够大量制备新金刚石,为新金刚石的性能研究和应用研究提供了可能,但对新金刚石的性能研究和应用研究仅处于起步阶段。

(温斌,李廷举,董闯,金俊泽 供稿)

收稿日期 2004-10-10; 修回日期 2004-11-15

作者简介 温斌(1976-)男,山西岚县人,大连理工大学材料工程系讲师,主要从事炭黑催化法制备新金刚石的研究。

E-mail: wenbin@dlut.edu.cn