

等离子体法合成超细粉末技术

杨世才

(重庆建筑工程学院应用物理研究室)

摘要

本文给出了超细粉末的有关概念,叙述了超细粉末在陶瓷材料、磁记录材料和催化剂材料方面的应用。介绍了用无极放电产生无污染的等离子体,用等离子体作为高效率的工作物质来合成超细粉末的方法。简要地解释了用等离子体法合成超细粉末的有关机理。

六十年代以来,超细粉末材料在制备各种恶劣环境下使用的高功能元件方面发挥了重要的作用。它的迅速发展和广泛应用推动了人们努力寻求制备高质量超细粉末的经济办法。采用等离子体法合成超细粉末,有助于克服气相反应过程的能障,从而可以获得物料纯净、粒度均匀、质量较高的粉末材料。

一、超细粉末的应用

高质量的超细粉末是由平均直径小于 $0.1\mu\text{m}$ 、粒度均匀、纯度极高的物质微粒组成的材料。高纯度和超精细结构的粉末材料具有许多特殊的功能,故在宇航、能源、化工、电子技术、光技术和计算机工程等方面得到广泛应用。

超细粉末材料的应用可用图1来说明^[1]。下面介绍它的几个主要方面的应用。

1. 高强度陶瓷成形方面的应用

陶瓷的成形要求利用平均直径小、粒度均匀、物料纯净的微粒材料。这样的材料可烧结成高密度、高强度的陶瓷器件。这样的陶瓷器件强度高、化学性能稳定、在高温环境中不改变特性,可作为发动机气缸和核反应堆的工程材料,耐高温和高压的光学窗口材料,以及作为超硬材料制备各种切割刀具等。

2. 高性能磁记录材料方面的应用

现代计算机的发展,要求使用高稳定性、高分辨率、大容量的记录元件。磁性超细粉末是满足这种元件要求的极好的材料。文献[2]指

物理

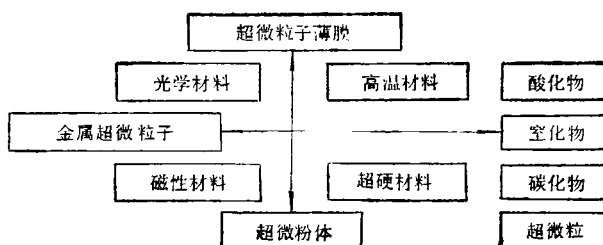


图1 超细粉末应用

出,磁性粉末在平均直径 220\AA 左右时具有最大的保磁力。只有直径较小、粒度均匀的磁性粉末才能制成稳定性好、分辨率高、容量大、记录速度快的磁盘和磁带。

3. 催化剂材料方面的应用

催化历来是化学工业中一个极为重要的问题。长期以来,人们都努力寻求多种渠道来研究如何制备高效率的催化剂。从催化剂的制备考虑,比表面积高的微粒具有很高的活性。文献[3]指出,微粒直径在 $0.1\mu\text{m}$ 以下时,比表面积随微粒直径的减小而迅速增大。如能用较为经济的办法得到超细粉末组成的催化剂,则对化学工业的发展将产生重大的影响。

二、等离子体法合成超细粉末

在超细粉末合成的工艺中,高温过程的应用被认为是很有希望的合成方向。利用放电产生等离子体,可作为一种获得高温过程的经济方法。

等离子体是物质存在的第四态。它由电离

的导电气体组成,其中包括六种类型的粒子,即电子、正离子(原子或分子)、负离子(原子或分子)、激发态的原子或分子、基态的原子或分子、以及光子。处于此状态中的物质微粒通过相互作用可很快地获得高温、高焓。这些微粒具有很强的化学活性,在一定条件下可获得比较完全的反应产物。

产生等离子体的办法很多,利用高频电源电感耦合或电容耦合可产生无极放电(图2),得到的无污染等离子体可作为高纯度化学合成的工作物质。

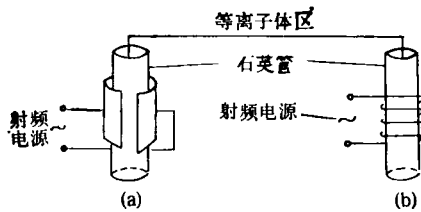
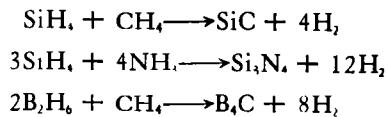


图2 无极放电产生等离子体简图
(a) 电容耦合; (b) 电感耦合

文献[4]利用等离子体法合成碳化硅(SiC)、氮化硅(Si₃N₄)、碳化硼(B₄C)超细粉末的装置见图3。

G. J. Vogt 等人利用图3装置,用500—700kHz 射频电源产生氩等离子体。将反应物SiH₄和CH₄注入等离子体尾焰中,在收集器中得到平均直径为100Å的碳化硅粉末。同样,将反应物SiH₄和NH₃注入等离子体尾焰中,可得到氮化硅粉末;将反应物B₂H₆和CH₄注入等离子体尾焰中,可得到碳化硼粉末。其反应过程为



其它有关等离子体法合成超细粉末工作的装置与图3所示的基本相同。例如文献[5]中, M. S. J. Ganl 等人将反应物注入氧氩混合等离子体尾焰中,得到平均直径为0.1μm的Al₂O₃和SnO₂粉末。文献[6]中, K. Tanaka 等人用弧等离子体方法得到平均直径为30nm

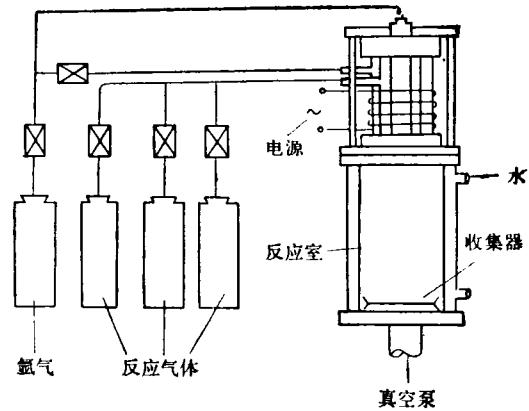


图3 射频等离子体合成超细粉末装置

的硅超细粉末,其化学元素的百分含量如下: Si为98.1, C为0.09, P为0.05, S为0.07, Fe为0.62, Al为0.92, Ca为0.15。这些工作的共同之处都是利用等离子体作为高效率的工作物质。

三、等离子体法合成超细粉末的机理

等离子体法合成超细粉末的机理如下:

等离子体中存在大量的高活性物质微粒,这样的微粒与反应物微粒迅速交换电荷和能量,有助于反应的正向进行。此外,等离子体尾焰区的温度较高,离开尾焰区的温度急剧下降。反应物微粒在尾焰区处于动态平衡的饱和态,该态中的反应物迅速离解并成核结晶。脱离尾焰后,温度骤然下降而处于过饱和态,成核结晶同时猝灭而形成超细粉末。

总的说来,等离子体法合成超细粉末是一种较为实用和可行的办法。这种方法的研究将对材料科学的应用产生重要的影响。

感谢等离子体研究会对本工作的指导。

- [1] A. Abe, *J. Mater. Sci. Soc. Jap.*, 23-4 (1987), 198.
- [2] M. Oda, *J. Mater. Sci. Soc. Jap.*, 23-4 (1987), 174.
- [3] T. Ido, *J. Mater. Sci. Soc. Jap.*, 23-4 (1987), 180.
- [4] G. J. Vogt et al., *Mater. Res. Soc. Symp. Proceedings*, 30(1984), 283.
- [5] M. S. J. Ganl and R. M. Pherson, *J. Mater. Sci. Lett.*, 6-6 (1987), 681.
- [6] K. Tanaka et al., *J. Mater. Sci.*, 22-6 (1987), 2192.