

探究电子封装中的金刚石薄膜

曹玮

(河北盛淼安全技术工程有限公司 河北 石家庄 050000)

[摘要] 金刚石是由碳原子组成的一种结晶状态,天然金刚石在地球上的存量很少,金刚石薄膜作为一种人造金刚石,具有优异的物理化学性质,在机械涂层、生物医学、传感器、电子封装等诸多领域有着广阔的应用前景。本文主要针对金刚石薄膜的最新进展,综述了金刚石薄膜的多种制备方法及其优缺点,并介绍了金刚石薄膜在电子封装中的应用,同时指出了目前研究存在的问题,为该领域的研究人员提供参考。

[关键字] 金刚石;薄膜;制备方法;电子封装;研究进展

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2019.12.1051

1 金刚石薄膜的制备

沉积金刚石薄膜的方法主要有物理气相沉积与化学气相沉积两种。其中物理气相沉积又包括离子束沉积、溅射沉积、脉冲激光沉积法等。而化学气相沉积又包括热丝辅助化学气相沉积、微波等离子体化学气相沉积、直流等离子体化学气相沉积和燃烧火焰化学气相沉积。^[4]

1.1 物理气相沉积

物理气相沉积(PVD)是一种利用物理作用的工艺方法,一般包括真空蒸镀、离子镀及溅射镀膜等,是一种重要而又实用的现代表面工程技术。^[5]

最早用于制备金刚石薄膜的方法就是离子束沉积法,该方法采用各种离子源形成高密度的碳原子(或离子),并通过引出及加速电极将具有一定能量的碳离子束引入沉积室,在基体表面形成金刚石膜。离子束增强沉积是离子束沉积的改进型,它是在碳原子(或离子)在基体表面成膜的同时,用另一离子束轰击正在生长中的金刚石膜,通过这种方法获得的金刚石膜在综合性能方面有很大的提高。

1.2 化学气相沉积

从对金刚石的认识到其发展应用,时间跨度较大。1792年,英国化学家Tennant把金刚石封闭在一个充满氧气的金属容器中,燃烧产生的CO₂的碳含量恰好是被烧掉的金刚石的重量,证明了金刚石是碳的一种形式。实验表明,金刚石薄膜的化学气相沉积必须要有含碳的活性基团以及对碳的非金刚石起刻蚀作用的活性氢原子。

热丝化学气相沉积法是成功制备金刚石薄膜的最早方法之一。与其他方法相比,该沉积技术具有设备简单、成膜速率快、操作方便、成本低等优点,是当前国内外制备金刚石刀具薄膜涂层的主要方法。该法是将甲烷(CH₄)、乙炔等碳氢化合物与氢气(H₂)通入到反应室中,反应室中的灯丝温度在2000℃以上,混合气体在高温下被分解,在基体表面形成金刚石薄膜。然而,热丝化学气相沉积法也面临一些严重问题。如热丝对氧化性和腐蚀性气体极为敏感,这样限制了可用来参与反应的气体的种类;又因为热丝是金属(通常为钨和钽)材料,不可避免会污染金刚石薄膜。

2 金刚石薄膜在电子封装中的应用

电子封装材料主要用于芯片的散热、环境保护和机械支撑,以避免杂质、水汽及各种化学气氛的侵蚀和污染,使芯片可以稳定地发挥正常的电气功能,对器件的热性能和可靠性起着举足轻重的作用。金刚石薄膜则拥有高的机械强度、良好的耐腐蚀性能、低的摩擦系数,良好的导热性能以及低的表面能,这些独特的综合性质使它成为电子封装中最吸引人的材料。

2.1 作为表面材料的应用

微电子机械系统(MEMS)是集微型机构、微传感器、微执行器以及信号处理和电路,直至集接口、通信与电源于一体的微机电系统,它可以将物理信号转换为电学信号或将电学信号转换为物理信号,实现从信号取样、处理到执行的整体集成。

作为MEMS的表面材料的应用随着装置零件尺寸下降,表面现象变得越来越重要。伴随着表面现象的范德华力,毛细管

吸附作用以及由黏性引起的局部剪切力在微观条件下变得至关重要。MEMS的典型装置拥有尺寸范围从几十微米到几毫米的元件,并且一个单独元件部分的尺寸(取决于磨损牺牲层的厚度)更是在亚微米到几微米之间。表面附着力和摩擦力很大程度上决定着MEMS装置的性能。附着力低会引起产品合格率降低并在装配过程中会出现产品品质参差不齐的问题,高的摩擦磨损则会使产品提前损坏并降低产品的使用寿命。金刚石拥有低表面能和大的接触角,这会降低独立元器件黏附到基体上的倾向,显著提高产品合格率、可靠性和使用寿命。微型机械驱动器具有运动的部分,如微型发动机、齿轮、轴承,在运行过程中会经历表面的紧密接合。在微尺度下,黏性剪切力特别高,所以液态润滑剂不再是降低摩擦的有效途径。以Si为基础的微型电动机、微型发动机仅能正常运行几分钟接着就会因为摩擦而导致崩溃。金刚石薄膜拥有非常低的摩擦系数并且磨耗率(每单位滑动距离的磨耗量)非常低,使它们成为MEMS设备非常理想的固态润滑剂。实验阶段的线性电动机,滑动件表面覆盖了5-15nm厚的金刚石薄膜,延长了部件的使用寿命至(15-80)×10⁶个周期。尽管大多数的MEMS马达并不应用于腐蚀性的空气环境中,但它们还是会通过物理吸附作用来接触到外界腐蚀环境,这个过程则会使材料的摩擦耐磨性能产生巨大的波动。四面体非晶碳膜在这方面的表现比含氢非晶碳膜优越,它们的摩擦系数在真空及干燥环境下较高,但在相当的范围内表现得非常稳定,即使在湿度增加的环境中也没有显著增加。

2.2 作为散热材料的应用

高度集成的电子设备会产生大量的热量,能够达到几百瓦每平方厘米,并且随着芯片尺寸的缩小,这种热量产生的速率在加剧。散热成为电子工业发展所面临的巨大挑战。早在六十年代,就已经开始了用金刚石作散热材料的尝试。这些尝试都取得了较好成效,但由于这些应用采用自然金刚石或高温高压合成金刚石,它们的成本都很高,而且尺寸也受限制,电子工业现在正寻求开发一些可替代的散热材料。封装用材料要具有高的热传导性才能快速散热,同时也能把由局部热应力引起的问题降到最小。金刚石薄膜有着优越的热传导性、化学稳定性并且直到600℃仍保持着这种稳定的性能。金刚石薄膜在封装领域的应用在逐渐增加。

3 结语

金刚石薄膜具有优良的力、热、光、电和化学性能,是一种很有发展前途的材料,经过近40年的发展,金刚石薄膜制备技术和设备都日趋成熟,与国外研究相比,国内的制备技术和机理研究还存在一定的差距,尤其是应用方面,国内大多还仅仅停留在实验室水平。电子封装是金刚石薄膜最大的应用领域之一,但仍有一些技术问题待攻克,目前我们还无法生存制备大面积的单晶金刚石薄膜,这极大地限制了其应用的发展。

参考文献

- [1]张敏,程发良,表面技术姚J.类金刚石膜的性质和制备及应用[J].2006,35(2):4-6.
- [2]匡同春,成晓玲,白晓军,et al.CVD金刚石涂层硬质合金刀片的基体预处理方法进展[J].2001,18(1):50-4.