

引线框架用 Cu- Al₂O₃ 复合材料的研究进展

杜 焰, 周晓龙, 陈敬超, 甘国友, 张剑平, 于 杰

(昆明理工大学 材料与冶金工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 简单概述了引线框架材料的发展趋势, 指出随着集成电路的发展, 对引线框架材料的使用性能提出了新的要求. 描述了 Cu- Al₂O₃ 复合材料的各种制备方法和特点, 以及这些方法对制备 Cu- Al₂O₃ 复合材料所存在的问题进行了分析. 提出采用反应合成法制备 Cu- Al₂O₃ 复合材料的新思路. 并对 Cu- Al₂O₃ 复合材料的发展作了阐述.

关键词: 引线框架; Cu- Al₂O₃; 复合材料

中图分类号: TG 146. 1⁺ 1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007- 855X(2003) 04- 0020- 03

Development of Researches on Cu- Al₂O₃ Composites for Lead Frame

DU Yan, ZHOU Xiao-long, CHEN Jin-chao, GAN Guo-you, ZHANG Jian-ping, YU Jie

(Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The developing tendency of the lead frame is briefly summarized. It is indicated that the new demand for the capacity of the lead frame materials is presented with the development of integrate circuit. All kinds of methods and traits fabricated Cu- Al₂O₃ composites are described, and the problems existing in Cu- Al₂O₃ composites fabricated by these methods are analyzed. A new method of using reactive synthesis to fabricate Cu- Al₂O₃ composites is introduced, and the prospect for the development of Cu- Al₂O₃ composites is made.

Key words: lead frame; Cu- Al₂O₃; composites;

0 引言

引线框架材料是半导体集成电路元件封装的主要材料之一. 随着国际上集成电路向大规模和超大规模的迅速推进, 以及半导体器件不断向高集成、高密度方向发展, 都对集成电路封装用引线框架材料提出了新的要求: 不仅要求引线框架材料向短、小、轻、薄方向发展^[1]; 而且要具有好的加工性、散热性和使用性能(要求材料的抗拉强度 ≥ 600 MPa, 导电率 $\geq 80\%$ IACS, 抗软化温度 ≥ 800 K^[2,3], 较高的导热率). 由于铜及铜合金良好的导电、导热性, 从 20 世纪 60 年代末以来成为世界上的主导框架材料^[4]; 特别是 Cu- Al₂O₃ 复合材料由于同时具有了高强、高导性和优于其他铜合金的耐热性, 成为用于引线框架材料最有希望的颗粒增强金属基复合材料. 20 世纪 80 年代初美国 SCM 公司开发了 Glidcop 系列 Cu- Al₂O₃ 复合材料以后, 该类材料在美国、日本的研究与开发异常活跃^[5,6], 不仅达到实用化阶段, 而且将该类材料用作导电弹性材料等方面^[7]. 我国对该类材料的研究是在 20 世纪 90 年代才开始, 到目前仍然处于初步实验阶段. 本文主要概述了 Cu- Al₂O₃ 复合材料的制备方法和特点, 并对其研究的发展进行了展望.

1 Cu- Al₂O₃ 复合材料的制备方法及其特点

由于金属 Cu 和陶瓷颗粒 Al₂O₃ 的润湿性较差, 采用低成本、简单易行的制备工艺最终获得增强颗粒均匀弥散分布的复合材料是 Cu- Al₂O₃ 复合材料研究的重点. 国内外制备该类材料采用的方法主要有粉末冶金法、机械合金化法、搅拌铸造法、复合电沉积法、内氧化法、热还原生成法、原位反应法等, 下面主要介绍上述几种制备 Cu- Al₂O₃ 复合材料的方法及特点.

收稿日期: 2002- 11- 13.

第一作者简介: 杜 焰(1963~), 男, 在职硕士研究生; 主要研究方向: 金属复合材料. E-mail: Duyan@ kmust. edu. cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.1 粉末冶金法

粉末冶金法的主要工艺流程为: (1) 制取混合较均匀的复合粉末; (2) 复合粉末的压制成型; (3) 烧结. 这种方法工艺成熟, 材料性能较好, 但有生产工艺复杂、生产效率低、成本高等不足; 同时在制备过程中复合材料的界面易被污染, 界面反应严重等缺点.

1.2 机械合金化法^[8]

机械合金化法是将金属粉末(Cu)和增强相(Al₂O₃)的细小粒子同时放入高能球磨机中长时间研磨混合, 使混合粉末变形并形成合金固溶体, 然后压制成型和烧结来获得 Cu- Al₂O₃ 复合材料. 但该方法生产工艺难控制, 制备的 Cu- Al₂O₃ 复合材料颗粒较粗大, 易形成增强相颗粒的偏聚与长大, 从而影响了材料的综合性能.

1.3 搅拌铸造法^[9]

搅拌铸造法是将 Cu 熔化后, 将细小的 Al₂O₃ 颗粒加入 Cu 液中; 并用机械或超声波搅拌, 使 Al₂O₃ 颗粒均匀的分布在 Cu 液, 然后直接浇注成型制得 Cu- Al₂O₃ 复合材料. 这种方法所需的设备及工艺相对简单, 易于操作. 但是容易在复合材料中形成大量气孔、夹杂, 以及增强相 Al₂O₃ 分布不均匀等缺陷, 造成材料的性能不良.

1.4 复合电沉积法

复合电沉积法是将经过预处理的 Al₂O₃ 颗粒加入镀液中, 使得 Cu 与 Al₂O₃ 共同沉积到阴极表面形成复合镀层, 最后经过真空热压烧结制得 Cu- Al₂O₃ 复合材料. 该方法制备工艺简单、成本低、成分较易控制. 但颗粒在镀液中均匀悬浮不易控制, 且最终的废液处理困难, 污染环境.

1.5 共沉淀法

该方法是采用硝酸铜和硫酸铝为原料, 配置成含一定体积分数 Al₂O₃ 水溶液, 在室温下搅拌, 并向水溶液中添加一定体积摩尔浓度的铵溶液, 经过沉淀过滤洗涤后, 在 383 K 下烘干并引燃, 使得成氧化物, 最后进行选择处理. 此法制备的 Cu- Al₂O₃ 复合材料性能较低, 且污染环境.

1.6 内氧化法^[9-14]

内氧化法是利用化学上的热还原反应机理, 将不稳定的化合物粉末加入到合金粉末中, 使合金中的组元与加入的化合物发生热还原反应生成所需的更加稳定的陶瓷增强颗粒, 并使增强颗粒镶嵌在合金粉中; 然后将混合粉末压制成型和烧结, 再经过冷热变形制成颗粒增强金属基复合材料. 其工艺流程为: Cu- Al 合金熔化后喷粉制得 CuAl 合金粉, 再使合金粉与氧化剂混合或直接在一定氧分压的加热炉中进行内氧化生成一定体积数量的 Al₂O₃, 然后在还原气氛中还原掉多余的氧化介质, 最后压制成型、烧结制得 Cu- Al₂O₃ 复合材料. 该方法制备的 Cu- Al₂O₃ 复合材料可以得到细小弥散分布的 Al₂O₃ 颗粒、生成的 Al₂O₃ 具有较高的热力学稳定性, 得到复合材料的性能较好. 但对于氧化时间和氧化气氛的控制(氧分压的准确控制和氧化物分解的控制)困难, 造成氧化不完全, 影响了复合材料的性能.

内氧化法有包埋法、气相法和低真空氧化等几种方法. 表 1 为几种内氧化法比较实验的结果(处理温度范围: 1 023~ 1 223 K):

表 1 内氧化工艺方法比较

	内氧化介质	处理时间/h	效 果
包埋法(粉末法)	Cu+ Cu ₂ O+ Al ₂ O ₃	4~ 20	可以取得正常的组织, 但氧分压不可调、成本高, 罐密封要求高.
气相法	Na ₂ CO ₃ + 木炭+ Al ₂ O ₃	4~ 26	氧分压可调节、成本低, 密封要求不高.
	CO ₂ + CO	4~ 60	氧分压可调、内氧化速度可调、组织在一定范围可调.
	N ₂ + O ₂	4~ 60	
低真空氧化	低真空	1	低真空内氧化, 有助于增大内氧化速率、细化颗粒并有助于粒子的弥散分布; 成本低.

1.7 原位反应法^[15~17]

原位反应法是借助合金设计,于一定条件下在基体金属内原位反应形核生成一种或几种热力学稳定的增强相的一种复合方法.该方法的优点如下:

- 1) 增强相在原位形成,界面污染少,界面结合牢固;
- 2) 增强相大小和分布较易控制,并且数量可在大范围内调整,故易形成希望得到的显微结构;
- 3) 在保持材料较好的韧性和高温性能的同时,可较大幅度提高材料的强度和弹性模量;
- 4) 降低原材料成本及实现特殊的显微结构设计,可获得特殊性能的复合材料;
- 5) 制备的材料有很好的热力学稳定性,而不会象采用传统工艺制备材料时可能存在的物理、化学反应使物相失去所设计的性能;
- 6) 工艺简单,成本低,可获得形状复杂、尺寸大的构件.

原位反应法制备铜基复合材料的报道见参考文献^[17],其制备过程是:将 CuO 粉、Al 粉和粉末添加剂按一定比例混合均匀后,压制成块状,经过除气后压入到铜合金熔体中,反应生成所需的增强相颗粒 Al₂O₃,并在电磁搅拌力的作用下使铜合金液体凝固,再放入炉中保温一定时间,然后在 1 423 K 浇注成复合材料铸锭.采用该制备工艺获得的复合材料,增强相分布均匀,体积分数随反应温度和时间的不同,可进行调节.但是该工艺也存在反应过程中由于大量放热,容易引起铜液飞溅,造成材料的浪费及安全隐患以及对所制备的复合材料增强相的弥散均匀分布很难控制,影响了材料的性能.因此,是否能够采用固态原位反应法(反应合成法^[18])来制备 Cu- Al₂O₃ 复合材料,即可以结合了原位制备技术的优点,又可克服上述工艺的缺陷.作者所在课题组目前正在做此方面的工作,并取得了初步的成果.

2 展望

由于 Cu- Al₂O₃ 复合材料具有的高强、高导性和优于其他铜合金的耐热性等好的性能,特别是能够满足集成电路封装用引线框架材料的新要求,从而使其成为近年来研究的热点.虽然制备 Cu- Al₂O₃ 复合材料的方法各有优缺点,但总的来说,内氧化法和原位反应制备技术通过先进设备的利用和新的制备工艺的摸索和优化,可制备综合性能优越的 Cu- Al₂O₃ 复合材料,将使得该复合材料的应用范围更广,更有发展前途.

参考文献:

- [1] 黄伯云.我国新材料技术发展现状及对策[Z].新材料(西部新材料发展研讨会会刊),2002,(8):18.
- [2] 潘允光.IC引线框架用 Cu- Al₂O₃ 合金[J].仪表材料,1987,18(3):174~179.
- [3] 闵文辉.高强度导电铜基复合材料.[J].功能材料,1997,28(4):342~345.
- [4] 王碧文.大规模集成电路引线框架材料发展动向及对策[J].有色金属,1997,49(3):95~99.
- [5] Grant N J. High Conductivity Copper and Aluminum Alloys. Los Angeles: California, Feb26- Mar, 1984:103~106.
- [6] 新见义郎,等.Cu基 ODS 合金的开发动向[J].金属,1992,28:76~81.
- [7] Samal P K et al, Connectors Interconnections, Symp. Proc. 1985:123.
- [8] Morris M A et al, Microstructural Refinement and Associated Strength of Copper Alloys Obtained by Mechanical Alloying, Materials Science and Engineering, 1989, A111:115.
- [9] 徐磊,等.高强度高导电率 Cu- Al₂O₃ 复合材料的制备[J].热加工工艺,2002,(1):39~41.
- [10] 田素贵,等.Cu- Al 粉末烧结合金内氧化后的组织与性能[J].粉末冶金技术,1995,13(4):289~293.
- [11] 石子源,等.Al₂O₃- Cu 基复合材料的制备[J].机械工程材料,1996,20(6):46~47.
- [12] 申玉田,等.高强度高导电率 Cu- Al₂O₃ 复合材料的制备[J].金属学报,1999,35(8):888~892.
- [13] 于艳梅,等.内氧化制备 Cu- Al₂O₃ 复合材料新工艺研究[J].粉末冶金技术,2000,18(4):252~255.
- [14] 郑翼,等.内氧化 Al₂O₃/ Cu- Cr 复合材料工艺与性能的研究[J].材料热处理学报,2001,22(4):48~51.
- [15] 胡锐,等.用热还原生成法制备自生 Al₂O₃/ Cu 基复合材料[J].材料导报,2000,14(1):58~61.
- [16] Claussen N et al, J. Ceram. Jpn., 1995, 103(8):749~752.
- [17] 闵文辉,等.原位反应铜基复合材料制备工艺[J].材料导报,1997,11(4):68~71.
- [18] CHEN Jingchao et al, Silver Tin Oxide Electrical Contact Materials Fabricated by Reactive Synthesis, 21st International Conference on Electrical Contacts[Z]. 9- 12 September 2002. Zurich, Switzerland. 447~451.