



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110643861 B

(45) 授权公告日 2021.07.13

(21) 申请号 201910948708.2

G22C 1/03 (2006.01)

(22) 申请日 2019.10.08

G22C 1/06 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110643861 A

(56) 对比文件

CN 101709414 A, 2010.05.19

SU 1611966 A1, 1990.12.07

(43) 申请公布日 2020.01.03

CN 106967905 A, 2017.07.21

(73) 专利权人 佛山科学技术学院

CN 1651586 A, 2005.08.10

地址 528000 广东省佛山市南海区狮山镇

JP H02129338 A, 1990.05.17

广云路33号

CN 101503773 A, 2009.08.12

(72) 发明人 梅轩朗 聂宝华 陈东初 罗铭强

CN 109487129 A, 2019.03.19

聂德键 李辉

CN 109609813 A, 2019.04.12

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有

审查员 霍亮琴

限公司 44205

代理人 朱继超

(51) Int. Cl.

G22C 21/04 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种导热铝合金及制备工艺

(57) 摘要

本发明实施例提供了一种导热铝合金及制备工艺,该导热铝合金,室温下强度可以达到190MPa,25~300℃的热膨胀系数为 $17.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,25~300℃的热导率为139.8W/(m·K),密度低至 2.6 g/cm^3 ,解决了现有技术中,铝合金难以同时满足低的热膨胀系数($\alpha = 17.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)、良好的导热性能($\lambda \geq 100 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)以及低密度($\rho < 3 \text{ g/cm}^3$)的要求的问题。本发明实施例提供的导热铝合金的制备工艺,步骤精简,设备要求低,生产过程易于控制。

1. 一种导热铝合金,其特征在于,由以下质量百分比计的组分制备得到:
Si:15~25 %,
铜合金固溶体:0.5~2.5 %,
变质合金:0.1~0.5 %,
余量为Al,
所述铜合金固溶体为Cu(Mg、Mn)合金,
所述变质合金包括Al-RE合金和Cu-10 %P合金;
所述Cu(Mg、Mn)合金中,Mg与Mn的质量比为1:(1~3);
所述Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1;
所述的导热铝合金的制备工艺,步骤包括:
S1:将Si和Al熔化,形成Si-Al熔体;
S2:将步骤S1的Si-Al熔体第一次升温后,加入所述铜合金固溶体,形成混合熔体;
S3:向步骤S2的混合熔体中加入所述变质合金,第二次升温后进行变质处理,即得所述导热铝合金;
所述第一次升温的温度为800~820℃;
所述第二次升温的温度为830~850℃;
所述第二次升温的速率为2℃/min。
2. 根据权利要求1所述的导热铝合金,其特征在于,所述RE元素包括60 wt%的Ce、35 wt%的La和5 wt%的Tm。
3. 根据权利要求1所述的导热铝合金,其特征在于,所述制备工艺还包括在步骤S2之后,对上述混合熔体进行精炼,所述精炼的温度为820~830℃,所述精炼的时间为10~15 min。

一种导热铝合金及制备工艺

技术领域

[0001] 本发明属于铝合金技术领域,具体涉及一种导热铝合金及制备工艺。

背景技术

[0002] 铝合金作为最常用的一种非铁合金,因为具有储量丰富、成本低廉、力学性能出众以及适用于铸造成形等特点,被广泛应用于航空航天、汽车、摩托及造船等各个机械生产部门中。

[0003] 随着现代电子信息技术的高速发展,电子系统的集成度越来越高,这就意味着各种电子设备和装置中的元器件,其结构的复杂性正不断提高。在电子器件工作时,有相当一部分电能转换成热能,如果这部分热能不能及时释放,必将导致电子器件温度升高,进而电子器件的失效率会随着工作温度的升高而急剧增大。同时,正因为集成化的发展,使得封装芯片在工作时产生的热量比以前大幅提升,从而使得芯片长时间处于高的工作温度下,使用寿命严重下降。

[0004] 在电子产品使用的过程中,电子封装材料多用于承载器部件和相互连线,起密封包装、机械支撑、导热散热、信号传递及屏蔽等作用的基体材料。常用的电子封装从结构上大致可分为一级封装、二级封装和三级封装。一级封装是指将芯片及引线固定在电子基板上的过程;二级封装是指将电子基板上的各元器件彼此之间联接起来的行为;三级封装则是将芯片及整体拼装在电路板的过程。

[0005] 为了保证电子产品的使用性能,其封装材料应至少具备以下基本要素:(1)低的热膨胀系数(Coefficient of Thermal Expansion,简称CTE),能与芯片及覆铜板相匹配,以免在工作时,由于两者间CTE差异过大引起的热应力而导致受损;(2)良好的导热性能($\lambda \geq 100\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$),能及时将元器件工作时所产生的大量热量散发出去,保护内部不因温度过高而失效,该性能可用热导率(Thermal Conductivity,简称TC)表征;(3)较低的密度($\rho < 3\text{g}/\text{cm}^3$),密度尽可能小,以保证器件的轻质。而传统的金属封装材料中,铜虽然具有极佳的导热性能($\lambda = 400\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)和较低的热膨胀系数($\alpha = 17.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$),但其密度过大,成本也较高,不利于大批量生产。本申请发明人在实现本申请实施例的过程中,发现目前的铝合金,仅能满足上述部分性能,难以同时满足上述三点要求。

发明内容

[0006] 为解决现有技术中,铝合金难以同时满足低的热膨胀系数($\alpha = 17.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)、良好的导热性能($\lambda \geq 100\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)以及低密度($\rho < 3\text{g}/\text{cm}^3$)的要求,本发明实施例的目的之一在于提供一种导热铝合金。本发明实施例的目的之二在于提供上述导热铝合金的制备工艺。

[0007] 为实现上述目的,本发明实施例采用以下技术方案:

[0008] 一种导热铝合金,包括以下质量百分比计的组分:

[0009] Si:15~25%,

[0010] 铜合金固溶体:0.5~2.5%,

[0011] 变质合金:0.1~0.5%,

[0012] 余量为Al,

[0013] 所述铜合金固溶体为Cu (Mg、Mn) 合金,

[0014] 所述变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。

[0015] 上述导热铝合金,室温下强度可以达到190MPa,25~300°C的热膨胀系数为 $17.2 \times 10^{-6} \text{°C}^{-1}$,25~300°C的热导率为139.8W/(m·K),密度低至 2.6g/cm^3 ,解决了现有技术中,铝合金难以同时满足低的热膨胀系数($\alpha = 17.7 \times 10^{-6} \text{°C}^{-1}$)、良好的导热性能($\lambda \geq 100 \text{W/(m} \cdot \text{K)}$)以及低密度($\rho < 3 \text{g/cm}^3$)的要求的问题。

[0016] 上述导热铝合金中,足量的低膨胀合金元素Si是保证低热膨胀系数的前提。Cu在Al基体中会形成 CuAl_2 ,特别是在固溶处理后 CuAl_2 能全部溶解于 α 固溶体中使过饱和度增大,从而使得固溶热处理后,合金力学性能有所提升。由于Cu的加入会导致合金密度变大,耐蚀性降低,并增大合金的线膨胀系数,因此在强度满足使用条件的情况下,倾向于降低合金的Cu含量。Mg对于Si-Al合金而言,是必加元素,在450°C时Mg在 α -Al中的溶解度为15%,而Mg的原子半径比Al大13%,因此大量Mg溶于 α -Al后,产生大量晶格畸变,从而使力学性能得到提高,同时,Mg能与Si形成 Mg_2Si 相,经热处理后起到弥散强化作用。Mn在Al-Si合金中的加入量少,但加入少量的Mn可以起到固溶强化的作用。变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。P在合金中与Al形成AlP化合物,可以起到异质形核的作用,从而使初晶硅得到细化。

[0017] 上述导热铝合金中,关于Mg、Mn和Cu的添加,如果是依次独立地将Cu、Mg和Mn加入,每次称量和分步加入的形式会导致误差和杂质元素的积累,而以固溶体的形式加入,则不会产生误差和杂质元素的积累。

[0018] 优选地,所述Cu (Mg、Mn) 合金中,Mg与Mn的质量比为1:(1~3)。

[0019] 优选地,所述Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1。

[0020] 进一步优选地,所述RE元素包括60wt%的Ce、35wt%的La和5wt%的Tm。

[0021] 一种导热铝合金的制备工艺,步骤包括:

[0022] S1:将Si和Al熔化,形成Si-Al熔体;

[0023] S2:将步骤S1的Si-Al熔体第一次升温后,加入所述铜合金固溶体,形成混合熔体;

[0024] S3:向步骤S2的混合熔体中加入所述变质合金,第二次升温后进行变质处理,即得所述导热铝合金。

[0025] 上述制备工艺中,先将Si和Al熔化,熔化可以在SG-5-12型坩埚电阻炉中进行,坩埚为铸铁坩埚。步骤S3中,加入变质合金分两步进行,首先加入Al-RE合金,再加入Cu-10%P合金,Cu-10%P合金中,P的含量为Cu质量的10%,然后以 2°C/min 的升温速率将温度升高后保温10~15min。

[0026] 优选地,所述第一次升温的温度为800~820°C。

[0027] 优选地,所述第二次升温的温度为830~850°C。

[0028] 优选地,所述第二次升温的速率为 2°C/min 。

[0029] 优选地,所述制备工艺还包括在步骤S2之后,对上述混合熔体进行精炼。

[0030] 进一步优选地,所述精炼的温度为820~830°C,所述精炼的时间为10~15min。

[0031] 精炼时,在熔体表面添加覆盖剂,并通入Ar进行精炼,最后扒渣静置,以保证熔体内的气泡全部浮出。

[0032] 本发明实施例的有益效果

[0033] 1、本发明实施例提供的导热铝合金,室温下强度可以达到190MPa,25~300℃的热膨胀系数为 $17.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,25~300℃的热导率为139.8W/(m·K),密度低至 2.6 g/cm^3 ,解决了现有技术中,铝合金难以同时满足低的热膨胀系数($\alpha = 17.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)、良好的导热性能($\lambda \geq 100 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)以及低密度($\rho < 3 \text{ g/cm}^3$)的要求的问题;

[0034] 2、本发明实施例提供的导热铝合金中,足量的低膨胀合金元素Si保证了低热膨胀系数,Cu在Al基体中会形成 CuAl_2 ,特别是在固溶处理后 CuAl_2 能全部溶解于 α 固溶体中使过饱和度增大,从而使得固溶热处理后,合金力学性能提升;

[0035] 3、本发明实施例提供的导热铝合金中,Mg在450℃时Mg在 α -Al中的溶解度为15%,而Mg的原子半径比Al大13%,因此大量Mg溶于 α -Al后,产生大量晶格畸变,从而使力学性能进一步得到提高,同时,Mg能与Si形成 Mg_2Si 相,经热处理后起到弥散强化作用;

[0036] 4、本发明实施例提供的导热铝合金中,变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金,P在合金中与Al形成AlP化合物,可以起到异质形核的作用,从而使初晶硅得到细化。

[0037] 5、本发明实施例提供的导热铝合金的制备工艺,步骤精简,设备要求低,生产过程易于控制。

具体实施方式

[0038] 本发明实施例提供了一种导热铝合金及制备工艺,该导热铝合金,室温下强度可以达到190MPa,25~300℃的热膨胀系数为 $17.2 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,25~300℃的热导率为139.8W/(m·K),密度低至 2.6 g/cm^3 ,解决了现有技术中,铝合金难以同时满足低的热膨胀系数($\alpha = 17.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)、良好的导热性能($\lambda \geq 100 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)以及低密度($\rho < 3 \text{ g/cm}^3$)的要求的问题。

[0039] 为了更好的理解上述技术方案,下面将结合具体的实施方式对上述技术方案进行详细地说明。

[0040] 实施例1

[0041] 本例提供了一种导热铝合金,包括以下质量百分比计的组分:

[0042] Si 15%,铜合金固溶体0.5%,变质合金0.1%,余量为Al,铜合金固溶体为Cu(Mg、Mn)合金,变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。

[0043] Cu(Mg、Mn)合金中,Mg与Mn的质量比为1:1。

[0044] Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1。RE元素包括60wt%的Ce、35wt%的La和5wt%的Tm。

[0045] 实施例2

[0046] 本例提供了一种导热铝合金,包括以下质量百分比计的组分:

[0047] Si 25%,铜合金固溶体2.5%,变质合金0.5%,余量为Al,铜合金固溶体为Cu(Mg、Mn)合金,变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。

[0048] Cu(Mg、Mn)合金中,Mg与Mn的质量比为1:3。

[0049] Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1。RE元素包括60wt%的Ce、35wt%的La和5wt%的Tm。

[0050] 实施例3

[0051] 本例提供了一种导热铝合金,包括以下质量百分比计的组分:

[0052] Si 20%,铜合金固溶体1.5%,变质合金0.3%,余量为Al,铜合金固溶体为Cu (Mg、Mn) 合金,变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。

[0053] Cu (Mg、Mn) 合金中,Mg与Mn的质量比为1:2。

[0054] Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1。RE元素包括60wt%的Ce、35wt%的La和5wt%的Tm。

[0055] 实施例4

[0056] 一种导热铝合金的制备工艺,步骤包括:

[0057] S1:将Si和Al熔化,形成Si-Al熔体;

[0058] S2:将步骤S1的Si-Al熔体第一次升温后,加入铜合金固溶体,形成混合熔体;

[0059] S3:向步骤S2的混合熔体中加入变质合金,第二次升温后进行变质处理,即得导热铝合金。

[0060] 上述制备工艺中,先将Si和Al熔化,熔化可以在SG-5-12型坩埚电阻炉中进行,坩埚为铸铁坩埚。步骤S3中,加入变质合金分两步进行,首先加入Al-RE合金,再加入Cu-10%P合金,Cu-10%P合金中,P的含量为Cu质量的10%,然后以2°C/min的升温速率将温度升高后保温10~15min。

[0061] 第一次升温的温度为800~820°C。

[0062] 第二次升温的温度为830~850°C。第二次升温的速率为2°C/min。

[0063] 实施例5

[0064] 一种导热铝合金的制备工艺,步骤包括:

[0065] S1:将Si和Al熔化,形成Si-Al熔体;

[0066] S2:将步骤S1的Si-Al熔体第一次升温后,加入铜合金固溶体,形成混合熔体;

[0067] S3:对步骤S2的混合熔体进行精炼,得到精炼熔体;

[0068] S4:向步骤S3的精炼熔体中加入变质合金,第二次升温后进行变质处理,即得导热铝合金。

[0069] 第一次升温的温度为800~820°C。

[0070] 第二次升温的温度为830~850°C。第二次升温的速率为2°C/min。

[0071] 精炼的温度为820~830°C,精炼的时间为10~15min。精炼时,在熔体表面添加覆盖剂,并通入Ar进行精炼,最后扒渣静置,以保证熔体内的气泡全部浮出。

[0072] 对比例1

[0073] 本例提供了一种导热铝合金,包括以下质量百分比计的组分:

[0074] Si 15%,铜合金固溶体0.5%,变质合金0.1%,余量为Al,铜合金固溶体为Cu (Mg、Mn) 合金,变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。

[0075] Cu (Mg、Mn) 合金中,Mg与Mn的质量比为1:1。

[0076] Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1。RE元素包括60wt%的Ce和40wt%的La。

[0077] 对比例2

[0078] 本例提供了一种导热铝合金,包括以下质量百分比计的组分:

[0079] Si 15%,铜合金固溶体0.5%,变质合金0.1%,余量为Al,铜合金固溶体为Cu (Mg、

Mn) 合金,变质合金包括Al-RE合金和Cu-10%P合金。

[0080] Cu (Mg、Mn) 合金中,Mg与Mn的质量比为1:1。

[0081] Al-RE合金中,Al和RE元素的质量比为6:1.RE元素包括60wt%的Ce和40wt%的Tm。

[0082] 检测例

[0083] 根据实施例1~3和对比例1~2提供的导热铝合金,采用实施例4提供的制备工艺,制备得到了5种铝合金,分别对5种铝合金的抗拉强度、热膨胀系数、热导率和密度进行了测量。

[0084] 其中,抗拉强度测试标准为GB/T228,设备为万能试验机。

[0085] 热膨胀系数在DIL402C设备上测定,试样尺寸为 $\phi 7 \times 10$ mm,测试环境采用氩气保护,测量温度区间为室温25~100℃,升温速率10℃/min。

[0086] 热导率测量中,将铝合金加工成 $\phi 12.5 \times 2.5$ mm的圆片,在LFA-427型号激光导热分析仪上测量热扩散率。结果如表1所示。

[0087] 表1测试结果

编号	强度 (MPa)	热膨胀系数 ($1/^\circ\text{C}$)	热导率 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	密度 g/cm^3
实施例 1	186.3	17.6×10^{-6}	136.3	2.8
[0088] 实施例 2	188.5	17.5×10^{-6}	137.9	2.6
实施例 3	190.0	17.2×10^{-6}	139.8	2.6
对比例 1	185.2	18.0×10^{-6}	97.5	2.9
对比例 2	182.1	18.2×10^{-6}	103.6	2.7