



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102650072 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 25

(21) 申请号 201210045704. 1

CN 1544707 A, 2004. 11. 10,

(22) 申请日 2012. 02. 24

CN 1563505 A, 2005. 01. 12,

(30) 优先权数据

JP 2010202918 A, 2010. 09. 16,

2011-038171 2011. 02. 24 JP

JP 特开 2008231530 A, 2008. 10. 02,

审查员 张竞赛

(73) 专利权人 新光电气工业株式会社

地址 日本长野县

专利权人 国立大学法人信州大学

(72) 发明人 諏访顺之 川村贤二 青木周三

中泽昌夫 新井进

(74) 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理

有限公司 11112

代理人 丁业平 张天舒

(51) Int. Cl.

C25D 15/00(2006. 01)

C25D 15/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1563505 A, 2005. 01. 12,

CN 1725479 A, 2006. 01. 25,

CN 1563505 A, 2005. 01. 12,

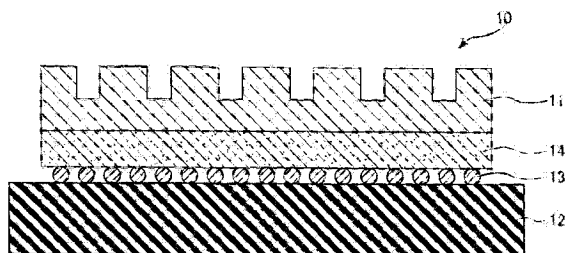
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

复合电镀液

(57) 摘要

本发明在一个实施方案中提供了一种复合电镀液。所述复合电镀液包含：电镀金属的盐；至少一种选自碱金属和碱土金属中的元素的硫酸盐；硼酸；碳纳米管；和分散剂。此外，本发明提供了一种采用所述复合电镀液对构件进行电镀的电镀方法，以及通过该电镀方法形成的复合镀膜。本发明的复合电镀液能够形成具有均一的、所需厚度的镀膜。



1. 一种复合电镀液,其包含:
电镀金属的盐;
至少一种选自碱金属和碱土金属中的元素的硫酸盐;
硼酸;
碳纳米管;和
分散剂,其中
所述电镀金属的盐的金属包含镍,并且
其中所述电镀金属的盐的浓度为10g/L至100g/L,所述硫酸盐的浓度为200g/L至500g/L。
2. 根据权利要求1所述的复合电镀液,其中,所述分散剂为聚丙烯酸。
3. 一种采用根据权利要求1所述的复合电镀液对构件进行电镀的方法。
4. 一种通过权利要求3所述的方法形成的复合镀膜。
5. 一种经电镀的部件,其包括权利要求4所述的复合镀膜。
6. 一种热辐射部件,其包括:
其上具有多个沟槽的第一表面;和
权利要求4所述的复合镀膜,该复合镀膜形成在所述第一表面的整个表面上,其中,所述复合镀膜的厚度在所述第一表面上基本上是均一的。
7. 一种复合电镀液,其由以下物质组成:
电镀金属的盐;
至少一种选自碱金属和碱土金属中的元素的硫酸盐;
硼酸;
碳纳米管;和
分散剂,其中
所述电镀金属的盐的金属包含镍,并且
其中所述电镀金属的盐的浓度为10g/L至100g/L,所述硫酸盐的浓度为200g/L至500g/L。

复合电镀液

[0001] 本申请要求于2011年2月24日提交的日本专利申请No.2011-038171的优先权,该申请的全部内容以引用的方式并入本文。

技术领域

[0002] 本文所描述的实施方案涉及复合电镀液、经电镀的构件和热辐射部件。

背景技术

[0003] 随着近些年来对电子设备的诸如小型化和轻薄化等需求,对电子设备进行严密密封的趋势日益增加,结果,电子设备中的散热器件的安装空间越来越受到限制。因此,强烈需要开发能够迅速且更有效地辐射由设置在电子设备内部的电子器件所产生的热的热辐射部件。

[0004] 已知这样一种技术,其中,利用高导热性的金属对金属板进行电镀,从而制成这种热辐射部件(参见(例如)日本专利文献JP-A-2006-28636和JP-A-2005-89836)。包含碳纳米材料(例如碳纳米管,或者碳纳米纤维)的所谓复合镀膜被用作所述金属,其中所述的碳纳米材料是极其优异的热辐射材料。日本专利文献JP-A-2006-28636和JP-A-2005-89836描述了,通过加入碳纳米管等来增加复合镀膜的热辐射性能和导热性。从最近的需求的角度出发,需要开发一种热辐射特性更加优异的热辐射部件。

[0005] 本发明人研究了上述相关技术并且发现,当利用包含碳纳米材料(例如碳纳米管,或者碳纳米纤维)的复合电镀液对表面形成有凹形和凸形以(例如)优化表面积的热辐射部件进行电镀时,所述凹/凸形表面的电沉积均一性不足。

[0006] 特别是,本发明人发现,凹形底面和/或侧面上的电镀厚度不足,并且这些表面与凸形顶面之间具有较大的不均一性。

[0007] 基于上述认识,本发明人进行了积极地研究,并且发现了一种包含碳纳米材料(例如碳纳米管,或者碳纳米纤维)的特定的复合电镀液,从而完成了本发明。当利用上述复合电镀液在表面具有复杂的凹/凸形状的金属构件上进行电镀时,在整个复杂的凹/凸形状上形成了厚度均一的金属镀膜,从而使其含有足够量的碳纳米材料。

发明内容

[0008] 本发明的示例性实施方案解决了上述缺点和上文未提到的其它缺点。然而,本发明并不需要克服上述缺点,因此,本发明的示例性实施方案可以不克服上述的任何缺点。

[0009] 根据本发明的一个或多个示例性方面,提供了一种复合电镀液。该复合电镀液包含:电镀金属的盐;至少一种选自碱金属和碱土金属中的元素的硫酸盐;硼酸;碳纳米管;和分散剂。

[0010] 根据下面的说明书、附图和权利要求书,本发明的其他方面和优点是显而易见的。

[0011] 附图简要说明

[0012] 图1示意性示出了具有本发明的一个实施方案的热辐射部件(散热器)的半导体器

件；

[0013] 图2示意性示出了本发明的实施例和对比例中所使用的热辐射部件的形状；

[0014] 图3为本发明的实施例1和对比例1所形成的复合镀膜的凸形顶部和凹形底部的电子显微镜图像,其中,a和c部分对应于对比例1,b和d部分对应于实施例1；

[0015] 图4A-4D为本发明的实施例1和对比例1所形成的复合镀膜的凹形底部和侧面的横截面的电子显微图像,其中,图4A和4C分别对应于对比例1的凹形底部和侧面,图4B和4D分别对应于实施例1的凹形底部和侧面；

[0016] 图5为示出本发明的实施例1和对比例1所形成的复合镀膜的热辐射特性的图；

[0017] 图6A和6B分别为本发明的实施例1和3所形成的复合镀膜的表面电子显微图像。

具体实施方式

[0018] 在下文中,参照附图对本发明的示例性实施方案进行描述。在用于阐释这些实施方案的所有附图中,以相同的参考标号表示具有相同功能的构件,并且省略了重复的说明。

[0019] (复合电镀液)

[0020] 本发明的复合电镀液为水溶性复合电镀液,其包含电镀金属的盐;至少一种选自碱金属和碱土金属中的元素的硫酸盐;硼酸;碳纳米管;和分散剂。

[0021] 电镀金属的盐是利用本发明的电镀液进行沉积的金属的盐。对电镀金属的种类不进行特别限制,并且根据电镀的目的,可以选择合适的金属。

[0022] 具体而言,对于电子设备或电子器件的热辐射而言,可以选择(例如)导热性高的金属。其具体的例子为诸如镍、银、金、钴、铜和钯等金属,或者铁系金属与磷和/或硼的合金。

[0023] 对电镀金属的盐不进行特别限制,其可以为所用金属的任何水溶性盐。具体的例子为硫酸盐、氨基磺酸盐和卤化物。

[0024] 当金属为(例如)镍时,水溶性金属盐的优选例子为硫酸镍、溴化镍、氯化镍和氨基磺酸镍。卤化物是特别优选的盐,并且溴化物是最好的。

[0025] 对电镀金属的盐的含量不进行特别限制。可用的浓度范围与通常所使用的电镀金属的盐相同,并且可以为10g/L至400g/L。优选的浓度范围为10g/L至200g/L,更加优选的是10g/L至100g/L。当电镀金属的盐的浓度在此范围内时,不会发生所谓的焦烧,并且如下文所述,可以获得高的电沉积均一性。

[0026] 本发明的复合电镀液为还包含至少一种选自碱金属和碱土金属中的元素的硫酸盐的电镀液。硫酸盐用作(例如)所谓的导电盐。其具体的例子为硫酸锂、硫酸钠、硫酸镁、硫酸钾、氨基磺酸钠和氨基磺酸钾。在本发明中,出于获得高的电沉积均一性的目的,优选使用硫酸钠或硫酸镁(参见(例如)日本专利文献JP-A-62-109991)。

[0027] 对导电盐的含量不进行特别限制。可用的浓度范围与常规的电镀液所使用的导电盐相同。在本发明中,为了获得高的电沉积均一性,优选的是,导电盐的含量(浓度)大于常规的电镀液中的含量,并且在(例如)150g/L至800g/L的范围内。为了获得更高的电沉积均一性,优选的是,导电盐的含量在200g/L至500g/L的范围内。为了获得更高的电沉积均一性,优选的是,电镀金属的盐与导电盐之间的重量比在1:3至1:10的范围内。

[0028] 本发明的复合电镀液的一个重要特征为,除上述成分以外,其还包含硼酸。硼酸用

作(例如)缓冲剂。因此,对硼酸的含量不进行特别限制,但其含量应当(例如)能够使其有效地用作缓冲剂。可用的浓度范围为(例如)20g/L至60g/L。为了获得更高的电沉积均一性,优选的是,电镀金属(例如镍离子)与硼酸之间的重量比在1:1至1:5的范围内。

[0029] 本发明的复合电镀液的另一个重要的特征为,其包含碳纳米管。碳纳米管包含在通过电镀而形成的金属镀膜中。包含有碳纳米管是使用术语“复合”的原因。

[0030] 在本发明中,如下文所述,术语“碳纳米管”属于“碳纳米颗粒”,并且是指厚度为1nm至5 μ m(优选为10nm至500nm)且长度为0.5 μ m至1000 μ m(优选为1 μ m至100 μ m)的纤维状碳纳米颗粒。

[0031] 术语“纤维状碳纳米颗粒”包括狭义的碳纳米管、包含诸如金属等特定物质的碳纳米管、碳纳米角(厚度(直径)从一端至另一端连续增加的角状体)、碳纳米线圈(线圈状弯曲体)、叠杯状碳纳米管(杯状石墨板的多层体)、碳纳米纤维、碳纳米线(在碳纳米管的中心存在有碳链)等。

[0032] 在本发明中,碳纳米管既可以由单层石墨层构成(单壁碳纳米管),也可以由多层石墨层构成(多壁碳纳米管)。

[0033] 对如何获得本发明所使用的碳纳米管不进行特别限制。可以利用常规的方法(例如电弧放电法、激光烧蚀法或CVD)合成碳纳米管。还可以按原样使用市售的碳纳米管。

[0034] 对碳纳米管的含量不进行特别限制。可以适当地考虑复合镀膜中所需的碳纳米管的含量来设定复合电镀液中的碳纳米管的含量。例如,可以考虑碳纳米管的大小和形状、它们是单层还是多层、每个颗粒表面上的官能团的种类和量、以及其他成分的种类和量等来适当设定复合电镀液中的碳纳米管的含量。

[0035] 相对于总质量,水性分散剂的含量可以为0.0001质量%至20质量%,优选为0.01质量%至5质量%。如果含量小于0.0001质量%,则水性分散液可能表现出不足的性质。如果含量大于20质量%,则可能发生碳纳米管凝集或沉淀的问题。

[0036] 当电镀金属为(例如)镍时,为了增强热辐射特性,理想的是,复合镀膜包含0.1重量%至10重量%的碳纳米管。

[0037] 本发明的复合电镀液的另一个重要的特征是,使用了合适的分散剂。由于本发明所使用的碳纳米管通常是水不可润湿的,因此优选的是,利用分散剂使其分散于水溶性电镀液中。即,由于在很多情况下,上文所描述的碳纳米管难以充分地分散在水溶性电镀液中,因此,优选使用分散剂来使它们分散。

[0038] 在本发明中,对分散剂的种类不进行特别限制。合适的分散剂可以选自己知的用于碳纳米材料的分散剂。分散剂的例子为阴离子表面活性剂、阳离子表面活性剂、非离子型表面活性剂、非离子型水溶性有机聚合物、两性表面活性剂、两性水溶性有机聚合物、多种水溶性有机聚合物分散剂、有机聚合物阳离子和环糊精。

[0039] 特别是,优选使用水溶性有机聚合物分散剂。其具体的例子为聚丙烯酸、苯乙烯-甲基丙烯酸共聚物、丙烯酸烷基酯-丙烯酸共聚物、苯乙烯-甲基丙烯酸苯基酯-甲基丙烯酸共聚物、海藻酸和透明质酸。

[0040] 特别是,优选使用聚丙烯酸。对聚丙烯酸的聚合度不进行特别限制。可以根据所使用的碳纳米管的种类和用量来采用合适的聚合度。聚丙烯酸的分子量范围的例子为1,000至100,000。

[0041] 当有必要时,本发明的复合电镀液还可以包含任意多种添加剂。添加剂的例子为pH调节剂,例如碳酸镍;防止凹坑的表面活性剂;以及增亮剂,例如糖精钠。

[0042] 对本发明的复合电镀液的生产/制备方法不进行特别限制。可以这样制备复合电镀液:将上文所描述的成分混合到一起使它们具有所需的含量,并且如有必要,利用搅拌器或超声波装置使碳纳米管分散。可以在使用之前制备复合电镀液,并且将其储存。还可以在使用时制备复合电镀液。当在使用之前制备复合电镀液并将其储存时,如有必要,可以在使用(电镀)之前和/或使用期间采用合适的方法搅拌电镀液,从而增加碳纳米管的分散程度。

[0043] 对用于分析本发明的复合电镀液的成分及其含量的方法不进行特别限制。优选使用常规的分析方法。例如,可以按原样使用水溶性金属离子的常规定性/定量分析方法来分析金属成分。其具体的例子为一般的金属离子定性分析法以及诸如离子层析法和原子吸收分析等定量分析法。可以使碳纳米管从电镀液中析出从而测量它们的量,或者使用电子显微镜测量碳纳米管的形状,从而对碳纳米管(它们的种类、量等)进行分析。

[0044] 可以利用常规的吸附型、离子交换型等填充剂进行柱层析,从而将分散剂(例如聚丙烯酸)分离,之后进行任意多种仪器分析(NMR、IR、UV-VIS等),从而定性或定量地对分散剂进行分析。

[0045] (复合电镀方法)

[0046] 本发明的复合电镀方法是利用上文所述的本发明的复合电镀液,以复合的方式对电镀目标构件进行电镀的方法。

[0047] 对能够应用本发明的复合电镀方法的电镀目标构件的材料、大小、或形状不进行特别限制。例如,当本发明的复合电镀方法使用镍作为电镀金属时,本发明的复合电镀方法可以用于在常规镀镍中使用的多种电镀目标构件。

[0048] 特别是,本发明的复合电镀方法具有这样的特征:即使是电镀目标构件的待电镀的表面具有复杂的凹/凸形状(微观尺度上或者宏观尺度上),也能够形成具有均一的、所需厚度的镀膜,从而与形状一致。下面对利用本发明的电镀方法所形成的镀膜进行更加详细地描述。

[0049] 电镀目标构件的材料的具体的例子为各种金属、金属合金、树脂以及由树脂与非树脂形成的复合材料。特别是,本发明的电镀方法可以合适地用于金属和金属合金。对电镀目标材料的大小不进行特别限制,并且通过根据电镀目标构件的大小来设定合适的电镀条件(下文将对电镀条件进行描述),从而可以合适地使用本发明的电镀方法。

[0050] 表达方式“电镀目标构件的待电镀的表面具有复杂的凹/凸形状”的含义不仅包括这样的情况:例如,电镀目标构件的表面作为整体(在宏观上)与阳极不是等距的,而是曲形的,或者具有弯曲的部分或者背面;而且还包括这样的情况:虽然电镀目标构件在宏观上与阳极是等距的,但其表面在微观上具有诸如凹凸形状之类的复杂形状。

[0051] 术语“诸如凹凸形状之类的复杂形状”是指,与阳极之间具有几微米至几毫米的距离差(近端部分与远端部分之间,例如,凸形顶部与凹形底部之间)的形状。凹/凸形状的长径比是指,凹部的深度与其开口的大小之间的比例。具有这样的表面形状的电镀目标构件的具体例子为,电子设备或电子器件的其表面具有凹/凸形状(沟槽、格子等)以增加表面积的热辐射部件(热沉、散热器等)。

[0052] 本发明的电镀方法即使是在长径比大的整个凹/凸形状上都能够获得高的电沉积

均一性。

[0053] 对本发明的电镀方法的电镀条件不进行特别限制。可以通过按原样使用或适当的改变以下条件来容易地设定电镀条件,其中所述的条件为在使用水溶性电镀液的任意多种常规的电镀浴(例如,Watts浴)中采用的条件。

[0054] 具体而言,对用于本发明的电镀方法的电镀浴的大小或形状不进行限制。可以根据电镀目标构件的大小和形状、阳极的大小和形状、电镀液的量以及其他因素来合适地确定电镀浴的大小和形状。可以根据目的使用合适的气氛,例如空气或者惰性气体。

[0055] 对用于本发明的电镀方法的阳极的类型、大小或形状不进行特别限制。在通常的情况下,可以根据电镀金属的类型、电镀量、电镀时间以及其他因素使用合适的阳极。在镍电镀的情况下,可以合适地使用由电解镍等制成的阳极。

[0056] 上文所描述的各电镀目标构件都可以以通常的方式用作阴极。优选的是,在电镀槽中,使阴极与阳极保持平行。

[0057] 对本发明的电镀方法的温度不进行特别限制。本发明的电镀方法可以在常规的金属电镀方法的温度范围(例如10°C至90°C)内进行。如有必要,可以在电镀过程中适当改变电镀温度。

[0058] 对本发明的电镀方法的pH范围不进行特别限制。本发明的电镀方法可以在常规的金属电镀方法的pH范围(例如pH 1至pH 13)内进行。在电镀过程中,pH既可以保持恒定,也可以适当改变。可以通过合适地选择用于本发明的电镀方法的分散剂来设定pH。或者可以加入合适的pH调节剂来调节pH。当分散剂为(例如)聚丙烯酸时,可以使用其部分碱金属盐(例如聚丙烯酸钠)。

[0059] 对本发明的电镀方法的电流密度和电镀时间不进行特别限制。可以根据电镀目标构件的大小和形状、电镀液的成分和所需的电镀品质(例如,镀膜的厚度、流平性能和电沉积均一性)来采用合适的电流密度和电镀时间。本发明的电镀方法可以在(例如)0.1A/dm²至10A/dm²的电流密度范围内进行。为了获得高的电沉积均一性,1A/dm²至5A/dm²的范围是优选的。

[0060] (复合镀膜)

[0061] 利用本发明的复合电镀方法在上述条件下形成的复合镀膜是一种碳纳米管被埋入所需的金属镀膜中的镀层,并且所述复合镀膜具有以下特征。

[0062] 可以将镀膜的厚度设定在亚微米至几毫米的范围内。镀膜的厚度在电镀目标构件的整个表面形状(包括复杂的凹/凸形状)上显示出高的均一性(电沉积均一性)。可以根据待混入的碳纳米管的形状(特别是长度)和/或电镀金属的所需厚度来合适地选择所述厚度。

[0063] 例如,可以确定在热传递方面是优选的镍金属层的厚度,之后合适地确定碳纳米管的大小和量,从而使得能够实现充分的热传递和热辐射。通过这种方式,可以使热传导和热辐射效率最佳化。

[0064] 可以通过多种常规的方法来改变(例如缩短)碳纳米管的各种尺寸(特别是长度)。

[0065] 使用(例如)电子显微镜可以容易地测量本发明所形成的复合镀膜的特征和厚度,以及电沉积均一性。此方法使得能够观察复合镀膜的表面和切面。

[0066] 在镀膜中包含的金属的种类和量可以利用常规的微米级金属分析法(例如X射线

荧光分析)测量。

[0067] 在镀膜中包含的碳纳米管的种类和量可以通过常规的微米级元素分析法(例如X射线荧光分析)进行测量,或者通过以下方法进行测量,该方法利用(例如)酸将表面部分溶解,从而获得溶液样品,而后利用常规方法对该溶液样品进行元素分析。

[0068] (经电镀的构件和热辐射部件)

[0069] 在本发明中,术语“经电镀的构件”是指其至少部分表面上形成有本发明的复合镀膜(上文所述)的构件。术语“热辐射部件”是指具有热辐射或者热传导功能的部件,例如散热器、热沉、热导管、均热板、或者热交换器。本发明所制备的热辐射部件的特征在于,其至少部分表面上形成有本发明的复合镀膜。因此,本发明所制备的热辐射部件的特征在于,其至少部分表面通过电沉积而形成有镀膜,这使得形成了在宏观上和微观上都高度均一的镀层。

[0070] 利用本发明的电镀方法,使得其表面具有复杂形状(微观上的凹/凸形状,或者长径比大的凹/凸形状)以获得大的表面积的电镀目标构件在其整个复杂的形状上都形成有厚度均一的金属镀层,并且该金属镀层均匀地包含足够量的碳纳米管。由于这些特征,所制备的经电镀的构件能够用作热辐射部件(例如热沉),当该热辐射部件用于电子设备或电子器件中时,其表现出极其优异的导热性和高的热辐射效率。

[0071] 图1示出具有本发明的一个实施方案的散热器11(热辐射部件)的半导体器件10。散热器11被设置为与电子器件14接触,电子器件14通过介于组件(线路板)12与其之间的连接构件13而被安装在组件12之上。当半导体器件10处于工作状态时,热主要由电子器件14产生。由电子器件14产生的热可以凭借与电子器件14接触的本实施方案的散热器11的优异的导热性和热辐射性能而被有效且快速地辐射到外部空气中。

[0072] 虽然下文利用实施例以具体的方式对本发明进行描述,但本发明的范围不限于这些实施例。

[0073] [实施例]

[0074] (1)电镀的一般条件

[0075] 阴极:由铜制成的电镀目标构件(在下面的实施例中对其形状进行描述)

[0076] 阳极:电解镍板(50mm×50mm)

[0077] 电镀温度:50°C

[0078] 电流密度:2A/dm²

[0079] 处理时间:25分钟

[0080] (2)镀膜的电子显微镜测量条件:

[0081] 利用SEM以2,000的放大率对表面进行测量。对镀层的横截面进行抛光和切割,并且利用SEM以2,000的放大率测量所得切断面。

[0082] (3)热辐射特性的测量:

[0083] 将陶瓷加热器安装到指定的铜块上,并且利用粘合剂将铜板(测量样品)固定到该铜块上。在所述铜块中形成温度计插入孔,将温度计插入该孔,当将恒定的电压施加至加热器60分钟时测量温度。

[0084] (实施例1)

[0085] 电镀目标构件的制备:

[0086] 通过切割,在方形无氧铜板的一个表面上形成图2所示的具有凹/凸形状的沟槽(凹形底部宽:1.0mm,壁高:0.8mm,凸形顶部宽:2.0mm),所述方形无氧铜板的边长为16mm至49mm,厚度为1.27mm至3mm。通过脱脂来清洁该板。表面积为31.62cm²。

[0087] 复合电镀液的制备:

[0088] 搅拌由三水合溴化镍(50g/L)、硫酸钠(230g/L)、硼酸(40g/L)和分子量为5,000的聚丙烯酸(分散剂:0.1g/L)组成的溶液,同时加入直径为100nm至150nm且长度为10μm至15μm的碳纳米管(2g/L),并使其分散。

[0089] 将所得电镀液(250mL)保存在镀槽中。在搅拌电镀液的同时,用上文所描述的阳极板进行电镀,该阳极板的朝向与上文所描述的阴极板的具有凹/凸形状的表面相对。电镀液的pH为4.8。

[0090] 利用电子显微镜观察复合镀膜(厚度:10μm)。

[0091] 电子显微镜观察:

[0092] 由图3的b和d部分可知,在凸形顶部沉积有足够量的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10μm)。还可知在凹形底部沉积有大约与凸形顶部的量相同的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10μm)。由图4D可知,侧面上沉积有大约与凸形顶部的量和凹形底部的量相同的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10μm)。这些结果表明,实施例1的电镀方法能够获得非常高的电沉积均一性。

[0093] 热辐射特性的测量:

[0094] 由图5可知,在上文所描述的测量条件下,实施例1的复合镀膜所表现出的热辐射特性比对比例1的复合镀膜的热辐射特性低2°C。

[0095] (对比例1)

[0096] 按照与实施例1相同的方式进行电镀和电子显微镜观察,不同之处在于使所制备的电镀液具有如下组成。

[0097] 复合电镀液的制备:

[0098] 搅拌由六水合硫酸镍(240g/L)、氯化镍(45g/L)、硼酸(30g/L)、糖精钠(增亮剂:2g/L)、2-丁炔-1,4-二醇(增亮剂:0.2g/L)和分子量为5,000的聚丙烯酸(分散剂:0.1g/L)组成的溶液,同时加入直径为100nm至150nm且长度为10μm至15μm的碳纳米管(2g/L),并使其分散。

[0099] 电子显微镜观察:

[0100] 由图3的a和c部分可知,在凸形顶部沉积有足够量的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10μm)。然而,可知在凹形底部几乎没有金属镍沉积,并且几乎没有碳纳米管存在。由图4C可知,侧面上几乎没有金属镍沉积,并且几乎没有碳纳米管存在。

[0101] (实施例2)

[0102] 电镀目标构件的制备:

[0103] 通过切割,在方形无氧铜板的一个表面上形成图2所示的具有凹/凸形状的沟槽(凹形底部宽:0.5mm,壁高:0.8mm,凸形顶部宽:1.0mm),所述方形无氧铜板的边长为16mm至49mm,厚度为1.27mm至3mm。通过脱脂来清洁该板。表面积为33.41cm²。

[0104] 电子显微镜观察:

[0105] 所形成的复合镀膜的电子显微镜观察表明,在凸形顶部沉积有足够量的金属镍,

并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10 μ m)。还发现,在凹形底部沉积有大约与凸形顶部的量相同的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10 μ m)。还发现,侧面上沉积有大约与凸形顶部的量和凹形底部的量相同的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:10 μ m)。这些结果表明,实施例2的电镀方法能够获得非常高的电沉积均一性,并且表明,本发明的电镀方法使形成电沉积均一性高的复合镀膜成为可能,即使是在电镀目标构件具有长径比非常大的凹/凸形状的情况中也是如此。

[0106] (实施例3)

[0107] 在与实施例1相同的条件下进行电镀,不同之处在于:使用了通过电弧放电加工而制备的小碳纳米管(直径:3nm,长度:10 μ m),镀膜的厚度为5 μ m,以及处理时间为12.5分钟。图6B为所得电镀表面的电子显微镜照片。图6A为实施例1的电镀表面(厚度5 μ m)的电子显微镜图像以用于比较。电子显微镜观察表明,在凸形顶部沉积有足够量的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:5 μ m)。还发现,在凹形底部沉积有大约与凸形顶部的量相同的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:5 μ m)。还发现,侧面上沉积有大约与凸形顶部的量和凹形底部的量相同的金属镍,并且存在有足够量的碳纳米管(厚度:5 μ m)。这些结果表明,大量的碳纳米管可以被吸收,即使在镀膜相对薄(由于碳纳米管比实施例1中的小)时也是如此。

[0108] 这些结果表明,本发明的电镀方法使利用大小合适的碳纳米管形成包含所需量的碳纳米管并且电沉积均一性非常高的复合镀膜成为可能,即使是在电镀目标构件具有长径比非常大的凹/凸形状,或者形成薄镀膜的情况中也是如此。

[0109] 虽然参照特定的示例性实施方案示出并描述了本发明,但其他实现方式也在本发明的权利要求的范围之内。本领域的技术人员将理解,在不偏离本发明所附权利要求所限定的精神和范围的前提下,可以进行多种形式和细节上的改变。

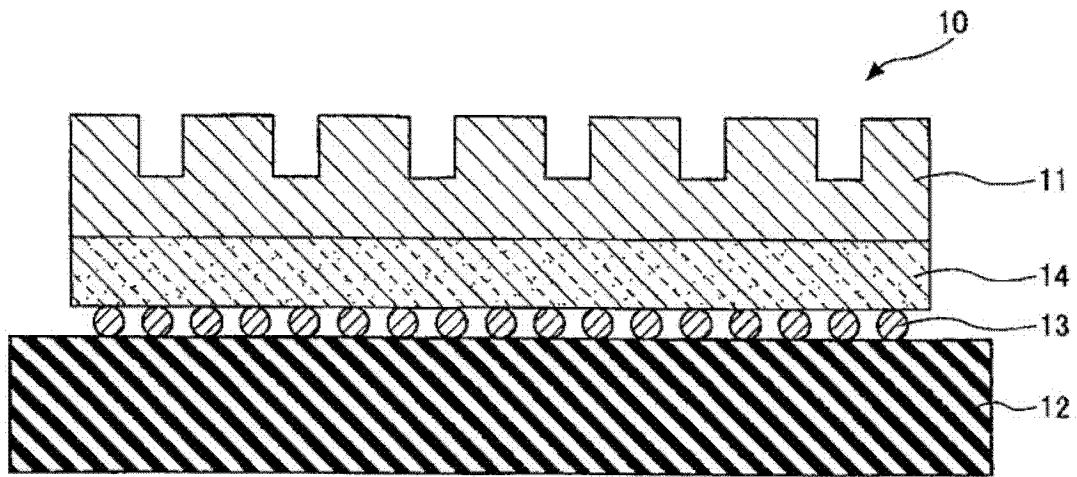


图1

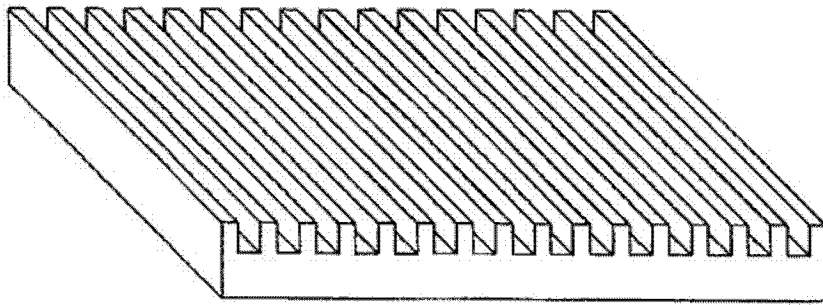


图2

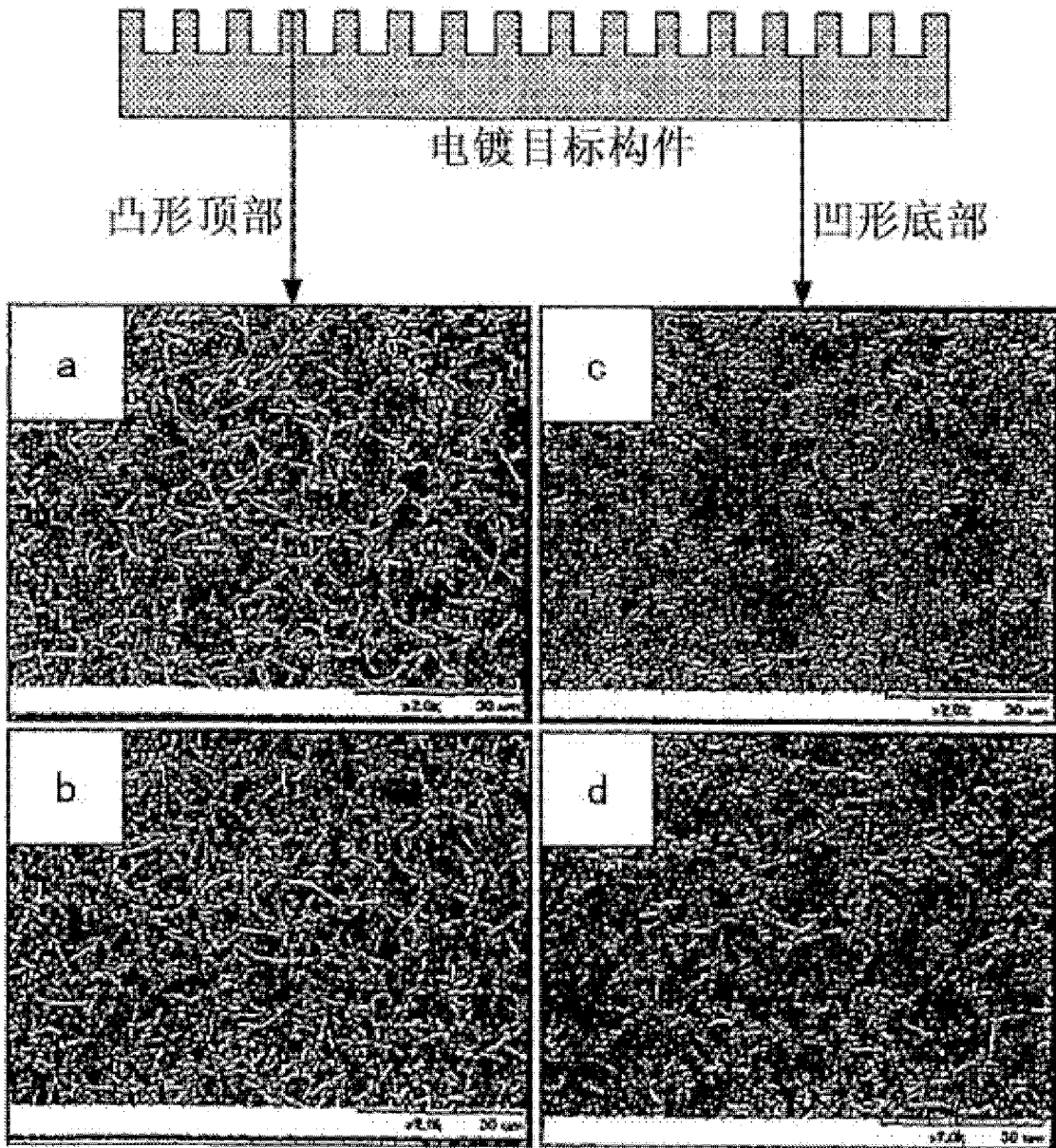


图3

横截面 SEM 图像

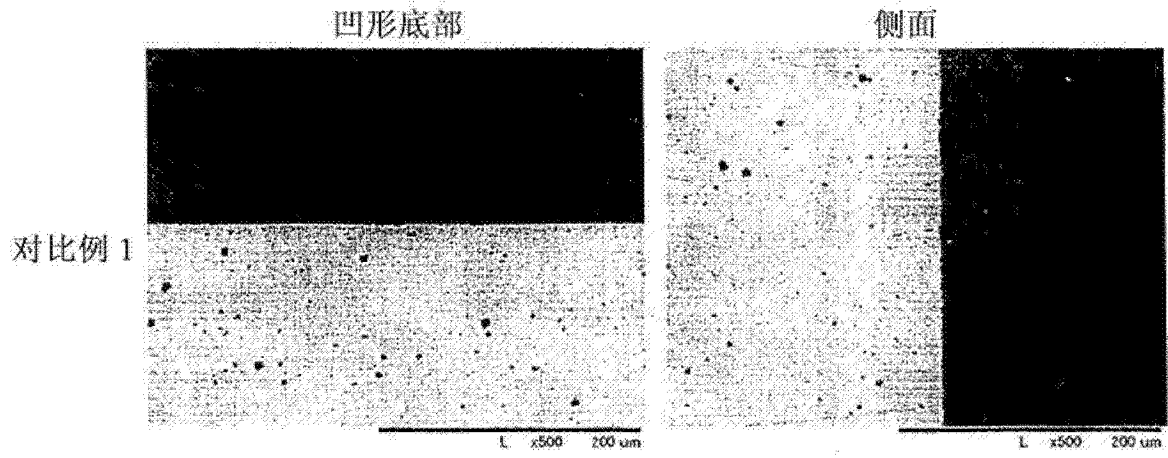


图 4A

图 4C

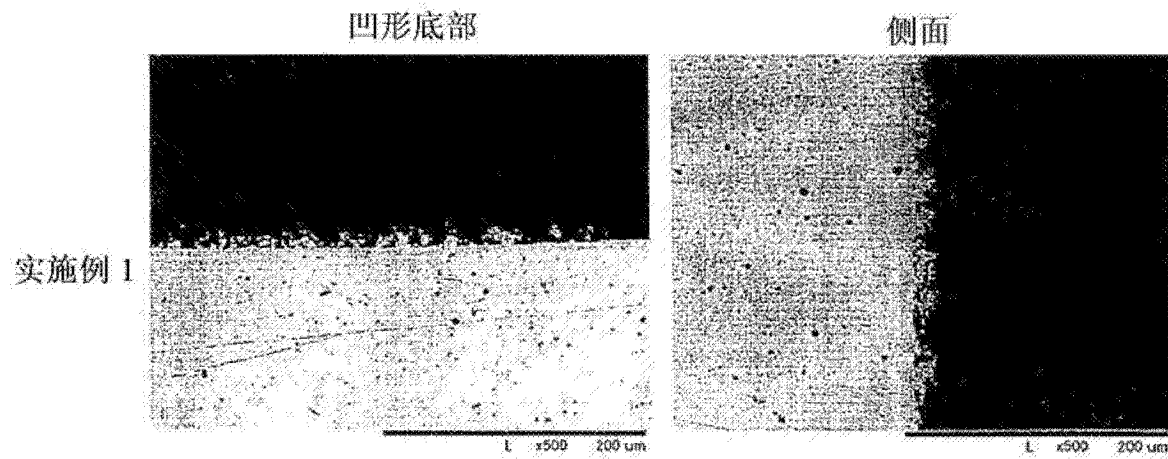


图 4B

图 4D

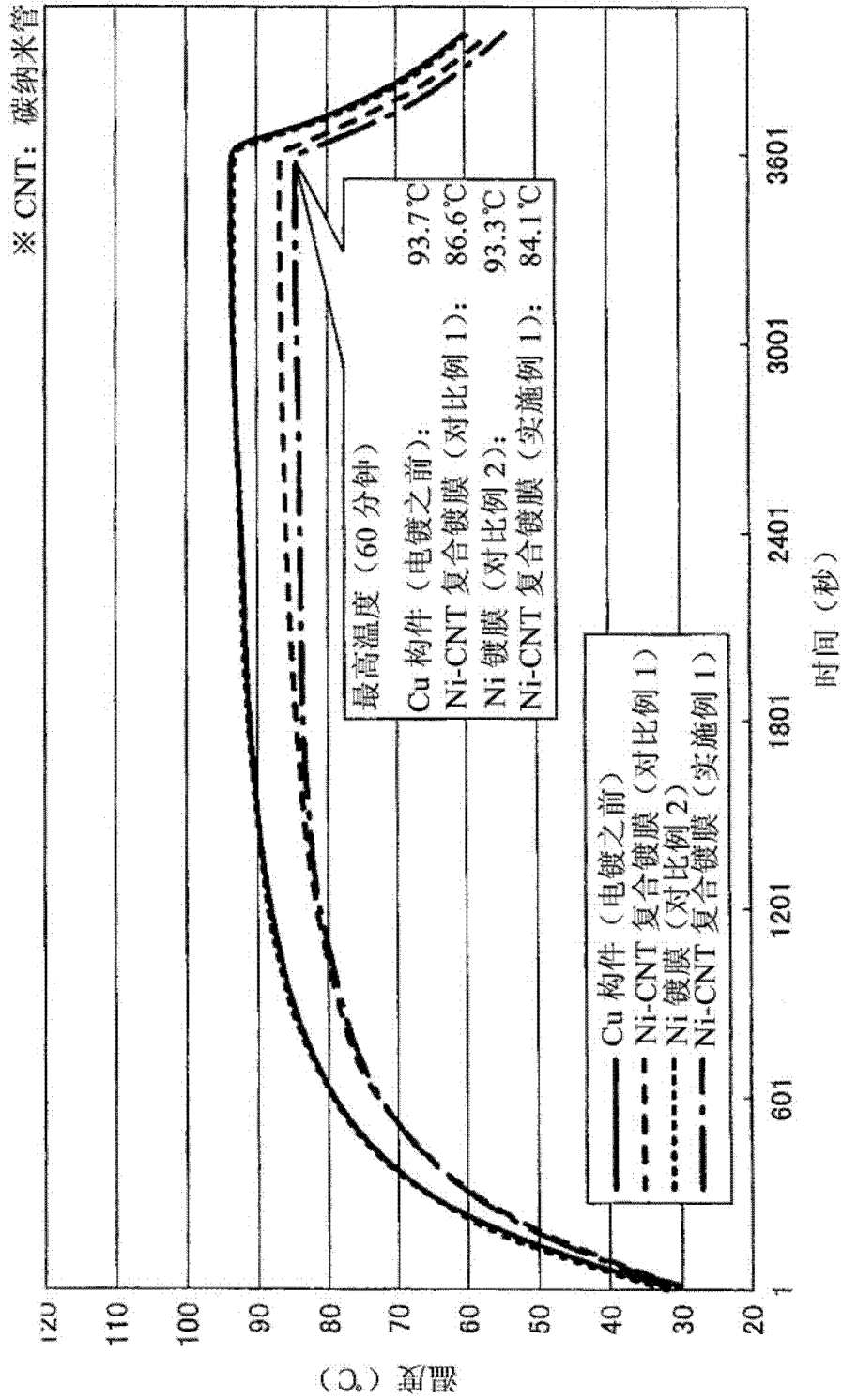


图5

表面 SEM 图像

实施例 1 (厚度: 5 μm)

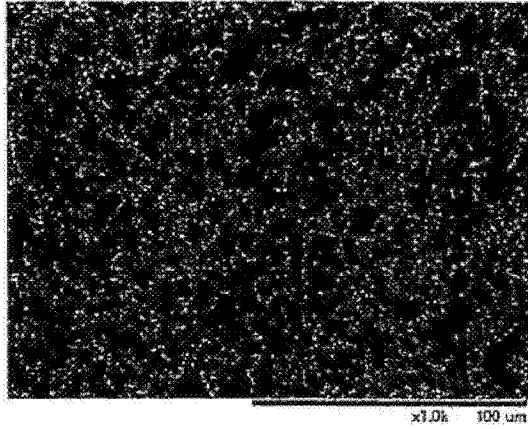


图 6A

实施例 3

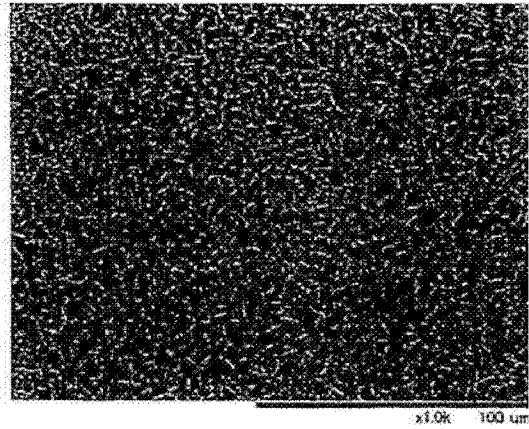


图 6B