



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1868096 B

(45) 授权公告日 2010. 10. 13

(21) 申请号 200480030486. 8

(22) 申请日 2004. 10. 18

(30) 优先权数据

60/511, 430 2003. 10. 16 US

60/511, 424 2003. 10. 16 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 04. 17

(86) PCT申请的申请数据

PCT/IB2004/003390 2004. 10. 18

(87) PCT申请的公布数据

W02005/038985 EN 2005. 04. 28

(73) 专利权人 ABB 研究有限公司

地址 瑞士苏黎世

专利权人 因帕克特涂层有限公司

(72) 发明人 彼得·伊斯贝里 佩·埃克隆德

延斯·埃默利希 拉尔斯·胡尔特曼

汉斯·霍格贝里 亨里克·永克兰茨

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 顾晋伟 刘继富

(51) Int. Cl.

H01R 13/03 (2006. 01)

H01R 39/20 (2006. 01)

H01R 41/00 (2006. 01)

G23C 30/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1184344 A, 1998. 06. 10, 全文.

CN 1304457 A, 2001. 07. 18, 全文.

WO 03/046247 A1, 2003. 06. 05, 全文.

CN 2188250 Y, 1995. 01. 25, 全文.

CN 1317591 A, 2001. 10. 17, 全文.

审查员 李大

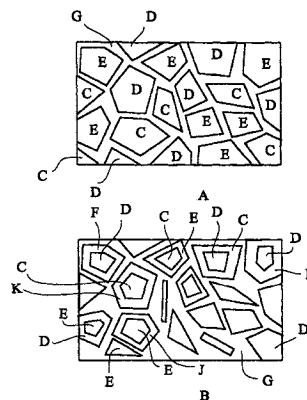
权利要求书 4 页 说明书 9 页 附图 6 页

(54) 发明名称

用于电接触元件的 $M_{n+1}AX_n$ 材料涂层

(57) 摘要

一种与接触组件 (5, 15, 19, 41) 形成电接触的元件, 以使得电流能够在所述元件和所述接触组件之间流动, 所述元件 (3, 14, 42) 包括至少其接触面 (2, 4, 16, 43, 44) 涂覆有紧贴所述接触组件的接触层的主体 (6)。所述接触层包括膜, 所述膜包含具有与可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的多层碳化物或氮化物中任一种相同或相似组成的多元素材料, 其中 M 是过渡金属或过渡金属的组合, n 是 1、2、3 或更大, A 是 A 族元素或 A 族元素的组合, 元素 X 是碳、氮或二者。



1. 一种接触元件,用于与接触组件(5,15,19,41)形成电接触,以使得电流能够在所述接触元件和所述接触组件之间流动,所述接触元件(3,14,20,32,42)包括至少其接触面(2,4,16,21,22,24,30,34,43,44)涂覆有紧贴所述接触组件排列的接触层的主体(6),所述接触层包括膜,所述膜包含多元素材料,其特征在于所述多元素材料具有与描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的碳化物、氮化物或碳氮化物中的至少一种相同的组成,其中M是过渡金属元素或过渡金属元素的组合,n是1、2、3或更大,A是A族元素或A族元素的组合,X是碳、氮或二者,所述多元素材料还包含至少一种纳米复合材料,所述纳米复合材料包含单一元素、两相、三相、四相或更多相,基于相应 $M_{n+1}AX_n$ 复合物中的原子元素。

2. 根据权利要求1的接触元件,其特征在于所述纳米复合材料包含下列相中的至少两种:M-A、A-X、M-A-X、X、M-X或所述材料的组合。

3. 根据权利要求1的接触元件,其特征在于所述纳米复合材料包含M-X和M-A-X纳米晶体(C、D、E)中的至少一种和在一个或几个相中的具有M、A、X元素的至少一个无定形区域(J、K、L)。

4. 根据权利要求3的接触元件,其特征在于所述一个或几个相选自M-A、A-X、M-A-X和X。

5. 根据权利要求2的接触元件,其特征在于所述纳米复合材料包含M-X和M-A-X纳米晶体(C、D、E)中的至少一种和在一个或几个相中的具有M、A、X元素的至少一个无定形区域(J、K、L)。

6. 根据权利要求5的接触元件,其特征在于所述一个或几个相选自M-A、A-X、M-A-X和X。

7. 根据前述权利要求1-6中任一项的接触元件,其特征在于所述过渡金属元素是钛Ti,n是1、2、3或更大,X是碳C,A是硅Si、锗Ge、或锡Sn中的至少一种或者所述原子元素的组合。

8. 根据权利要求1-6中任一项的接触元件,其特征在于所述多元素材料是 Ti_3SiC_2 ,并且所述纳米复合材料包含下列Ti-C、Si-C、Ti-Si-C、Ti-Si、C或所述材料的组合中的至少一种。

9. 根据权利要求1或2中任一项的接触元件,其特征在于所述膜的多元素材料的所述纳米复合材料至少部分为无定形态。

10. 根据权利要求1或2中任一项的接触元件,其特征在于所述膜的多元素材料基本为无定形态,包括M-A-X、A-X、M-A、M-X、X、A、M相的一个或几个区域。

11. 根据权利要求1或2中任一项的接触元件,其特征在于所述膜的多元素材料的所述纳米复合材料至少部分为纳米结晶态。

12. 根据前述权利要求11的接触元件,其特征在于所述膜的多元素材料的所述纳米复合材料具有与纳米结晶态区域混合的无定形区域。

13. 根据前述权利要求1或2的接触元件,其特征在于所述膜包含单独的区域(C、D、E),所述区域为单一元素、碳化物和氮化物的两相、三相和/或更多相。

14. 根据前述权利要求1或2的接触元件,其特征在于所述膜包含纳米复合材料,其组成对应于不同 $M_{n+1}AX_n$ 相的组合。

15. 根据前述权利要求1或2的接触元件,其特征在于所述膜的厚度范围为原子层的几

分之一至 $1000\ \mu\text{m}$ 。

16. 根据前述权利要求 15 的接触元件,其特征在于所述膜的厚度范围为 $0.0001\ \mu\text{m}$ 至 $1000\ \mu\text{m}$ 。

17. 根据前述权利要求 15 的接触元件,其特征在于所述膜的厚度范围为原子层的几分之一至 $5\ \mu\text{m}$ 。

18. 根据前述权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜包含金属层 (Me),所述金属层的厚度范围为原子层的几分之一至 $1000\ \mu\text{m}$ 。

19. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层的厚度范围为原子层的几分之一至 $5\ \mu\text{m}$ 。

20. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层的厚度范围为 1nm 至 $1000\ \mu\text{m}$ 。

21. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层是 Au、Ag、Pd、Pt、Rh 的任一种或含有前述金属中至少任一种的合金。

22. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层是任意金属或金属合金。

23. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层是任意金属或金属复合材料,所述复合材料是氧化物、碳化物、氮化物或硼化物。

24. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层是任意金属或金属复合材料,所述复合材料包括聚合物、有机材料或陶瓷材料。

25. 根据权利要求 24 的接触元件,其特征在于所述陶瓷材料选自氧化物、碳化物、氮化物和硼化物。

26. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述多元素材料层在多层结构中与所述金属层 (Me) 层合。

27. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述多元素材料具有所述金属层 (Me) 涂层,其中接触面是金属。

28. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层覆盖晶粒或多元素材料区域,其中总膜厚范围为 $0.0001\ \mu\text{m}$ 至 $1000\ \mu\text{m}$ 。

29. 根据权利要求 18 的接触元件,其特征在于所述金属层具有能够引线接合或焊接接合的足够厚度,从而在其表面处建立不可分离的电接合。

30. 根据前述权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜是连续的。

31. 根据权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜是不连续的。

32. 根据前述权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜沉积并附着在所述主体上。

33. 根据权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜布置成在形成所述电接触时紧贴所述接触组件的自支撑箔。

34. 根据权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜用一种或几种复合物或元素掺杂,以改变和改善所述膜的摩擦、机械、热和电性能。

35. 根据前述权利要求 1 或 2 的接触元件,其特征在于所述膜在相应的 $M_{n+1}AX_n$ 复合物中包含至少一种单一元素 M、A、X,所述复合物的含量范围为 0-50wt%。

36. 根据权利要求 32 的接触元件,其特征在于所述膜通过化学方法形成在所述主体

上。

37. 根据权利要求 36 的接触元件,其特征在于所述化学方法选自无电镀法和电解法。

38. 根据权利要求 32 的接触元件,其特征在于所述膜利用气相沉积技术沉积在所述主体上。

39. 根据权利要求 38 的接触元件,其特征在于所述膜通过物理气相沉积法 (PVD) 或化学气相沉积法 (CVD) 沉积在所述主体上。

40. 根据权利要求 32 的接触元件,其特征在于将所述主体浸于化学溶液中或通过热或等离子体喷涂将其喷涂在所述主体上而使所述膜沉积在所述主体上。

41. 根据权利要求 32 的接触元件,其特征在于所述膜利用选自无电镀法、电解法、物理气相沉积法、化学气相沉积法、主体浸于化学溶液中、热喷涂法、等离子体喷涂法的组合的方法来进行沉积。

42. 一种滑动电接触装置,即适于相互紧贴以建立电接触的接触元件上第一接触面 (2,4,16,21,22,24,30,34,43,44) 和接触组件上第二接触面 (2,4,16,21,22,24,30,34,43,44) 可以在建立和 / 或中断和 / 或维持接触行为时相互相对滑动的接触装置,其特征在于排列涂覆有包含根据前述权利要求中任一项的多元素材料的膜的所述接触元件 (3,14,20,32,42),以与接触组件 (5,15,19,41) 上的接触面形成摩擦系数低于 0.6 的干接触。

43. 根据权利要求 42 的接触装置,其特征在于所述干接触具有低于 0.2 的摩擦系数。

44. 根据权利要求 42 的接触装置,其特征在于接触组件 (5,15,19,41) 上的所述接触面还涂覆有包含多元素材料的膜。

45. 根据权利要求 42 的接触装置,其特征在于允许接触元件 (15) 和接触组件 (14) 的所述接触面由于磁致伸缩或接触元件和接触组件表面部分的材料具有不同的热膨胀系数而在接触元件和接触组件温度变化时相互相对移动。

46. 根据权利要求 45 的接触装置,其特征在于接触元件 (15) 和接触组件 (14) 适于相对受压以建立所述接触。

47. 根据权利要求 46 的接触装置,其特征在于接触元件 (15) 和接触组件 (14) 适于通过螺栓或螺帽相互压紧,以在其间建立所述电接触。

48. 根据权利要求 42-47 中任一项的接触装置,其特征在于接触元件和接触组件之一 (5,41) 是凸状的,而另一个 (3,42) 是凹状的,并且接触元件和接触组件适于通过使其相互接合来建立所述电接触。

49. 根据权利要求 42-47 中任一项的接触装置,其特征在于它包括使接触元件和接触组件以弹簧力相互紧贴以形成所述电接触的装置。

50. 根据权利要求 42-47 中任一项的接触装置,其特征在于接触元件和接触组件之一属于机械断路器的两个部件,所述两个部件可以相互远离移动以使其两端断开连接。

51. 根据权利要求 42-47 中任一项的接触装置,其特征在于接触元件和接触组件之一属于机械断路器的两个部件,所述两个部件可以相互远离移动以中断其接触端之间的电流路径。

52. 根据权利要求 42-47 中任一项的接触装置,其特征在于接触元件和接触组件之一属于卷曲接触件。

53. 根据权利要求 42-47 中任一项的接触装置,其特征在于接触元件 (20) 和接触组件

适于建立旋转电机(18)中的电接触。

54. 根据权利要求53的接触装置,其特征在于接触元件和接触组件适于在机器(18)运转时相互相对移动的机器两部件(19,29)之间建立电接触,其中接触元件和接触组件布置在分离的所述部件上。

55. 根据权利要求53的接触装置,其特征在于所述移动部件是滑动环(19)。

56. 根据权利要求42-47中任一项的接触装置,其特征在于其适于在变压器的抽头变换器(28)中建立电接触,以与变压器的不同绕组(29)形成接触。

57. 根据权利要求42-47中任一项的接触装置,其特征在于接触元件(32)和接触组件(33)之一属于继电器中可以相互相对移动的部件,以在继电器运转时在其间建立电接触。

58. 根据权利要求42-47中任一项的接触装置的用途,其中使能够接触至电子器件的接触元件被能够电接触至所述电子器件的包含多元素材料的所述膜覆盖。

59. 根据权利要求58的用途,其中所述电子器件是集成电路。

60. 根据权利要求42-47中任一项的接触装置的用途,其中用于测量和测试集成电路的探头覆盖有包含多元素材料的所述膜,以避免化学降解和在探头上包覆金属。

用于电接触元件的 $M_{n+1}AX_n$ 材料涂层

技术领域

[0001] 一种与接触组件形成电接触的元件,以使得电流能够在所述元件和所述接触组件之间流动。所述元件包括至少其接触面涂覆有紧贴所述接触组件的接触层的主体。所述接触层包括连续的或不连续的膜,所述膜包含多元素材料。

[0002] 背景技术

[0003] 最近的研究已经表明,具有通式 $M_{n+1}AX_n$ 的复合物表现出不同寻常的、特殊的机械性能以及有利的电、热和化学性能。尽管具有高的硬度,但是这些复合物可以容易地进行加工,耐热冲击,通常耐损伤,具有低密度并且在高温下(在真空中至高 2300℃)是热力学稳定的。M 是过渡金属或过渡金属的组合, n 是 1、2、3 或更大, A 是 A 族元素或 A 族元素的组合, X 是碳、氮或二者。A 族元素是以下列出的任一种:铝 Al、硅 Si、磷 P、硫 S、镓 Ga、锗 Ge、砷 As、镉 Cd、铟 In、锡 Sn、铊 Tl、铅 Pb。过渡金属 M 是以下列出的任一种:钨 W、钛 Ti、钒 V、铬 Cr、锆 Zr、铌 Nb、钼 Mo、铪 Hf、钽 Ta。

[0004] $M_{n+1}AX_n$ 复合物具有 $M_{n+1}AX_n$ 层和纯 A 层相间叠置的多层和六边形结构,这是各向异性结构,具有格外强的 M-X 键和较弱的 M-A 键,这导致它们不同寻常的性能组合。

[0005] $M_{n+1}AX_n$ 复合物的特征取决于分隔 A 族元素层的过渡金属层数目:在 211 复合物中有两个这样的过渡金属层,在 312 复合物上有三个,而在 413 复合物上有四个。211 复合物是最主要的,包括 Ti_2AlC 、 Ti_2AlN 、 Hf_2PbC 、 Nb_2AlC 、 $(Nb, Ti)_2AlC$ 、 $Ti_2AlN_{0.5}C_{0.5}$ 、 Ti_2GeC 、 Zr_2SnC 、 Ta_2GaC 、 Hf_2SnC 、 Ti_2SnC 、 Nb_2SnC 、 Zr_2PbC 和 Ti_2PbC 。已知的 312 复合物只有 Ti_3AlC_2 、 Ti_3GeC_2 和 Ti_3SiC_2 、 Ti_4AlN_3 和 Ti_4SiC_3 是目前已知所存在的仅有的 413 复合物。由于可以在这些不同相的 M 处、A 处和 X 处形成固溶体,因此大量的固溶体变换和组合也是可以想得到的。

[0006] $M_{n+1}AX_n$ 复合物可以是三相的、四相的或者更多相的。三相体系具有三种元素,如 Ti_3SiC_2 , 四相体系具有四种元素,如 $Ti_2AlN_{0.5}C_{0.5}$, 等等。在热学、弹性、化学和电学方面,三相体系、四相体系或更多相体系具有两相体系的许多属性。

[0007] Michel Barsoum 已经合成、表征并公开了关于如上所命名的块状 $M_{n+1}AX_n$ 相体系的数据[“The $M_{n+1}AX_n$ Phases: A New Class of Solids”, Progressive Solid State Chemistry, Vol. 28pp201-281, 2000]。他对 Ti_3SiC_2 的测试表明, Ti_3SiC_2 具有比钛明显更高的热导率和更低的电阻率,并且类似于其他的 $M_{n+1}AX_n$ 相体系,它能够将损伤限制在小范围内,因此防止/限制裂缝在材料内的扩展。其多层结构和层间结合弱于层内结合的事实(如石墨)导致非常低的摩擦系数,即使是在暴露于大气中六个月后也是如此。

[0008] **Linköping** 大学 Lars Hultman 教授的研究组和 Uppsala 大学 Ulf Jansson 教授的研究组已经证实,磁控溅射方法(一种物理气相沉积, PVD)可以用于在相对低的温度下(大约 750-1000℃)将 Ti_3SiC_2 和其他 $M_{n+1}AX_n$ 相体系的涂层沉积到各种基材上[Palmquist, J.-P., et al., “Magnetron sputtered epitaxial single-phase Ti_3SiC_2 thinfilms”. Applied Physics Letters, 2002. 81 :p. 835; **Seppänen**, T., et al. “Structural characterization of epitaxial single-phase Ti_3SiC_2 FILM”, in Proc. 53rd Annual Meeting of the Scandinavian Society for Electron microscopy,

Tampere, Finland 12-15 June, 2002 (Ed. J. Keränen and k. Sillanpää, University of Tampere, Finland, ISSN 1455-4518, 2002), p. 142-143.]。

[0009] 电接触装置中的接触元件可以具有许多不同的应用。所述接触元件用于形成与接触组件的电接触,以使得电流能够在所述元件和所述接触组件之间流动。所述接触元件包括至少其接触面涂覆有紧贴所述接触组件的接触层的主体。滑动电接触装置包括两个适于相互贴附以建立电接触的接触面,其可以相互相对滑动,同时建立和/或中断和/或维持接触行为。这种可以建立滑动接触或静态接触的电接触元件优选具有由例如铜或铝制得的主体。

[0010] 排列接触层,以与接触组件形成具有期望性能的接触,如相对于所要接触的接触组件材料等的低接触电阻和低摩擦系数。这种应用例如用于在机械断开和断路器中与半导体器件形成接触以建立和中断电接触,以及用于在插入型接触装置中建立和中断电接触。这种可以建立滑动接触或静态接触的电接触元件优选具有由例如铜或铝制得的主体。

[0011] 在 W001/41167 中给出了包含接触层的接触元件的实例,所述接触层例如在每个原子层内具有强键如共价键或金属键而在至少是其一些邻接原子层之间具有较长键距的较弱键或者例如范德华键或氢键的多元素材料的连续膜。所述多元素材料是 MoS_2 , WS_2 或可以描述为 M_3AX_2 的任意多层三元碳化物和多层氮化物。所述多元素材料的问题在于制备所述材料的方法在高温下 ($700-1400^\circ\text{C}$) 进行。该方法不能用来制造主体由在高温下变形的材料例如铜或铝制得的电接触元件。

发明内容

[0012] 本发明的目的是提供具有低摩擦接触层的电接触元件,而不具有已知与所述层的用途和/或制造相关的所述层的上述缺点。

[0013] 该目的通过提供与接触组件形成电接触的元件以使电流能够在所述元件和所述接触组件之间流动而实现,所述元件包括至少其接触面涂覆有紧贴所述接触组件的接触层的主体,并且所述接触层包括膜,所述膜包含多元素材料,所述多元素材料包括 M-X 、 M-A-X 纳米晶体和在一个或几个相如 M-A 、 A-X 、 M-A-X 或 X 中具有 M 、 A 、 X 元素的无定形区域的纳米复合材料。所述多元素材料包括具有与可描述为 $\text{M}_{n+1}\text{AX}_n$ 的碳化物和氮化物中至少一种相同或相似组成的材料,其中 M 是过渡金属或过渡金属的组合, n 是 1、2、3 或更大, A 是 A 族元素或 A 族元素的组合, X 是碳、氮或二者。所述多元素材料还包括至少一种包含单一元素、两相、三相、四相或更多相的纳米复合材料,基于相应的 $\text{M}_{n+1}\text{AX}_n$ 复合物中的原子元素。

[0014] 纳米复合材料是包含特征尺度大于 0.1nm 且小于 1000nm 的晶体、区域或结构的复合材料。

[0015] 根据本发明的优选实施方案, $\text{M}_{n+1}\text{AX}_n$ 复合物是多层碳化物或多层氮化物。

[0016] 优选的 $\text{M}_{n+1}\text{AX}_n$ 相是 Ti_3SiC_2 , 其中在低温下沉积所形成的膜是 TiC 纳米晶体和含有 Si-C 、 Ti-Si-C 、 Ti-Si 和 C 的无定形相的纳米复合材料。该膜具有良好的机械、化学、温度和接触性能。

[0017] 已经发现,低温沉积多元素叠层结构得到纳米复合材料复合物,所述纳米复合材料复合物根据原子元素的数量而具有单一元素、两相和三相或更多相,其具有良好的化学和接触性能。一般来说,所述复合物的平均组成应该与 $\text{M}_{n+1}\text{AX}_n$ 相如 A-X 、 M-A-X 和 X 相的组

成相同或相似。所述纳米复合材料复合物还表现出所期望的韧性行为,具有非焊接性、耐冲击性、化学惰性、低接触电阻和良好的高温性能,这些都是电接触装置中的期望性能。单相结晶微结构从 700℃ 开始形成大的晶粒结构。

[0018] 在本发明的实施方案中,多元素材料与可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的多层碳化物和氮化物中的任一种相同或相似。所述多元素材料为无定形态或纳米结晶(0.5-500nm 晶粒尺寸)态。 $M_{n+1}AX_n$ 复合物具有组成 $M_xA_yX_z$, 其中 $\{0 \leq x, y, z \leq 1; x+y+z = 1\}$ 或二者均满足。

[0019] 通过在保持 $T_s \leq 700^\circ\text{C}$ 下低温的基材上磁控溅射而制得的 $Ti_xSi_yC_z$, 其中 $x = 0.5$ 且 $0.1 < y < 0.3$, 在 800N 力的作用下表现出 $6 \mu\Omega$ 的 Ag 接触电阻,这与 Ag-Ag 接触是相当的。同时,在摩擦、磨损和硬度方面,许多有用的机械性能与先前已知的含有任意金属 Me 和金刚石类碳复合物 C 的二元金属 Me-C 是相当的。

[0020] 不同于设计为高硬度并因此通常表现出脆性断裂的金刚石类碳复合物,所述材料包含具有与可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的碳化物和氮化物中任一种相同或相似组成的复合物,并且通过磨损、刮削、刮擦和刻压试验看出,所述纳米复合材料是韧性的。

[0021] 将 A 族元素加入到 M-X 复合物中改善前述性能。所述纳米复合材料包括具有与可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的多层碳化物和氮化物中至少一种相同或相似组成的复合物,如 M-X、M-A-X 纳米晶体和在一个或几个相如 M-A、A-X、M-A-X、X 中具有 M、A、X 元素的无定形区域。所述纳米复合材料根据组成和膜加工方法的不同而具有金属或陶瓷或混合的特征类型。

[0022] 包含纳米复合材料的沉积涂层可以在电接触机械磨损的过程中形成纳米叠层 $M_{n+1}AX_n$ 结晶相或石墨的传输层 (transfer layer)。相转变由在接触区中产生的热机械能驱动。如果 $M_{n+1}AX_n$ 相或石墨相形成平行于涂层表面的织构,那么该层可以由于基部平面易于滑动而表现出超低的摩擦。因此,所述涂层不仅是功能性的,还应是自适应于应用的。

[0023] PVD、CVD 和其他沉积方法包括元素、前体或化合物源的共沉积,所述沉积方法可用于制造由等同于或类似于 $M_{n+1}AX_n$ 复合物的多元素材料组成的薄膜,所述多元素材料包括 M-X 或 M-A-X 纳米晶体和在一个或几个相如 M-A、A-X、M-A-X、X 中具有 M、A、X 元素的无定形区域的纳米复合材料。优选地,在如实施例所示的低基材温度下进行沉积。最后,我们注意到可以根据 x、y、z 的不同来设计与其他材料相比性能范围尽可能最宽的涂层,并且可以通过改变各种源的组成而在一次沉积操作中制造梯度材料。

[0024] 已经证明,基于多种原因,包含所述多元素材料的纳米复合材料和 / 或金属层作为所述接触元件上的接触层是极好的。根据本发明用作接触的包含这种多元素材料的接触层和 / 或金属层具有低接触电阻。其摩擦系数通常是 0.1-0.6。所述金属层提供低的接触电阻。此外,在接触具有高摩擦的区域中,所述金属层可以被磨掉,而所述底层多元素材料暴露在表面上并且降低摩擦,其中所述底层多元素材料包括 M-X、M-A-X 纳米晶体和在一个或几个相如 M-A、A-X、M-A-X、X 中具有 M、A、X 元素的无定形区域的纳米复合材料。

[0025] 根据本发明的另一优选实施方案,金属层的厚度范围为 1nm-1000 μm 。

[0026] 根据本发明的另一优选实施方案,金属层的厚度范围为原子层的几分之一至 5 μm 。这减少金属的使用,而不影响磨损性能和摩擦性能。

[0027] 根据本发明的另一优选实施方案,所述金属层是 Au、Ag、Pb、Pt 和 Rh 中的任意一种。这是有利的,因为贵金属不形成氧化物或热不稳定的氧化物。这在用作高效电接触中的涂层时是有利的。

[0028] 根据本发明的另一优选实施方案,所述金属层是含有前述金属中的至少任意一种的合金。

[0029] 根据本发明的另一优选实施方案,所述金属层是任意金属或金属合金。

[0030] 根据本发明的另一优选实施方案,所述金属层是任意金属或金属复合材料,其中所述复合材料可以是氧化物、碳化物、氮化物或硼化物。有利的是,掺杂金属以改善所述层例如材料结构的性能。

[0031] 根据本发明的另一优选实施方案,所述金属层是任意金属或金属复合材料,所述复合材料包括聚合物、有机材料或陶瓷材料如氧化物、碳化物、氮化物或硼化物。有利的是,引入聚合物、有机材料或陶瓷材料以改善所述层例如材料结构的性能,

[0032] 根据本发明的另一优选实施方案,所述多元素材料涂覆有金属层,其厚度足以能够引线接合或焊接接合处表面以在表面处建立不可分离的电接合。金属膜通过引线接合成为连接层。

[0033] 此外,所述底层多元素材料提供低摩擦和耐磨损性。此外,所述底层多元素材料还是位于金属薄膜下方的具有韧性的承载机械负荷的结构。作为低温膜的多元素材料表现出与具有多层结晶结构的膜相当的性能。多元素复合物的化学惰性和平滑性还对低摩擦有贡献。低摩擦还由于纳米复合材料相的晶粒旋转以及晶粒边界相或碳而形成。多元素材料相对而言是化学惰性的,并且在超过 400°C 的温度下是稳定的。此外,所述材料具有形成氧化物的低倾向性,这防止与所述接触组件电接触的退化。此外,所述涂覆有或结合有金属层的多元素材料表现出韧性。

[0034] 具有与 $M_{n+1}AX_n$ 复合物相同或相似组成的所述多元素材料将具有从无定形或纳米晶态到纯晶态的形态,并且所述形态可以根据接触元件的特定用途和所述多元素材料的生产成本进行选择。

[0035] 根据本发明的优选实施方案,涂覆有或结合有金属层的所述膜的多元素材料为 0.001 μm -1000 μm ,在非常优选的实施方案中为小于 5 μm 。所述金属层膜为原子层的几分之一至 1mm。由于这种材料具有非常低的摩擦以及耐磨损性,因此这种涂层可以具有几乎无限长的寿命,以致在封闭体系中,将通过具有低材料成本以及因此而具有低制造工艺成本的薄膜实现所期望的结果。

[0036] 根据本发明的另一优选实施方案,涂覆有或结合有金属层的多元素材料为 5 μm 以上。在接触元件和接触组件倾向于相互相对移动如滑动接触并因此不仅仅是通过在热循环时的不同热膨胀系数来驱动接触装置中的接触元件上使用这种膜,例如用于旋转电机中的滑动环上的情况下优选上述厚度。

[0037] 根据本发明的另一优选实施方案,所述纳米复合材料多元素膜是不同 $M_{n+1}AX_n$ 复合物的共混物,其中所形成的相和元素的原子比取决于 $M_{n+1}AX_n$ 相中的原子元素和材料之间的比率。

[0038] 根据本发明的另一优选实施方案,位于所述接触面下方较深的主体由耐腐蚀的材料制成,后述材料以耐腐蚀材料如镍涂覆,适于在其顶部容纳所述膜。优选以这种方式进行,因为多元素材料膜会具有孔隙,并具有通过孔隙造成底层主体材料腐蚀的风险。

[0039] 本发明的另一目的是提供引言部分所定义类型的滑动电接触装置,使得相互紧贴的两个接触面可以运动,同时大幅度地减少上述不便。

[0040] 根据本发明,该目的通过为具有根据本发明的接触元件的装置提供排列与接触组件形成干接触的所述膜来实现,其中所述干接触具有低于 0.6、优选低于 0.2 的摩擦系数。

[0041] 在本发明的另一优选实施方案中,这种具有根据本发明的接触元件的装置提供有排列形成摩擦系数低于 0.1 的干接触的所述膜。

[0042] 这种接触装置的基本特征和优点与根据本发明的接触元件的特性有关,并且出现在上述关于这种接触元件的讨论中。然而,应该指出,“滑动电接触”包括在两个组件之间形成电接触的所有类型排列,所述两个组件可以相互相对移动,同时建立和 / 或中断接触和 / 或维持接触行为。因此,它不仅包括通过驱动组件的作用而彼此滑动的接触,还包括具有两个相互受压的接触元件并在接触状态下由于磁致伸缩、热循环以及接触元件材料具有不同的热膨胀系数或者接触元件不同部分之间的温度差随时间变化而相互相对移动的所谓静态接触。

[0043] 最后提到的接触装置类型构成本发明的优选实施方案,并且所述接触元件可以例如使用优选超过 1MPa 的高压力相互受压,而不采用任何机械固定措施,但是所述接触元件还可以通过螺帽或螺栓相互受力压紧。

[0044] 根据本发明的另一优选实施方案,所述接触装置适于布置在旋转电机中,其中所述包含多元素材料的膜将产生许多优点。具体而言,在将所述接触装置的接触元件和接触组件布置在相互相对移动的旋转机械部件上时可以得益于多元素材料的低摩擦系数,所述旋转机械部件例如作为接触元件的滑动环和在其上滑动的接触元件。以这种方式将可以用根据本发明的接触元件取代旋转电机中所用的炭刷,然后也优选讲所述类型的膜布置在移动部件如滑动环上。所述炭刷具有许多缺点,如因为碳被消耗掉而导致寿命有限。此外,碳尘分散在机器的绕组和其他部件上,这会干扰其运行。对这种接触元件来说,优选多元素材料膜的厚度超过 10 μm ,因为在该应用中,多元素材料膜也会被消耗掉,但是相对较慢。

[0045] 根据本发明其他优选实施方案的电接触装置是具有在建立和 / 或中断电接触的过程中相互挤靠移动的接触面的不同种类接触如插入型接触,或不同种类的弹簧式接触,其中可以利用多元素材料非常低的摩擦系数,形成自润滑干接触,而没有润滑剂如油类或脂肪的问题,同时使得可以减小运转力并节省驱动组件中的能量消耗。

[0046] 根据本发明其他优选实施方案的电接触装置包含在变压器上的抽头变换器中,其中在接触元件以它们的接触面相互紧靠滑动时,低摩擦是很大的优势,还包含在机械断路器和断路器中以及继电器中。

[0047] 本发明还涉及根据本发明涉及接触装置的权利要求中任一项的接触装置的用途,其中用于测量和测试集成电路的探头覆盖有所述多元素材料膜,接触层涂覆 / 结合有金属层,以避免化学降解和在探头上包覆金属。显然,根据本发明的该用途是非常有利的,因为它将使得可以在不需要中断来置换或清洁探头的情况下进行测量和测试。

[0048] 本发明还涉及根据本发明涉及接触装置的权利要求中任一项的接触装置的用途,其中能够与电子器件如集成电路 (IC) 接触的接触覆盖有能够与所述设备电接触的所述多元素材料膜。

[0049] 从下列描述和其他从属权利要求中表现出其他优点和有利特征。

附图说明

[0050] 下面参照附图对本发明的优选实施方案进行具体描述。在附图中：

[0051] 图 1A 示出包含纳米晶体与无定形区域混合的纳米复合材料的多元材料层的结构；

[0052] 图 1B 示出包含纳米晶体与无定形区域混合的纳米复合材料的多元材料层的另一结构；

[0053] 图 2 示出具有纳米结晶态区域的多元材料层的结构；

[0054] 图 3 示出包含金属层的多元材料的结构；

[0055] 图 4 示出在重复结构中层叠有金属层的多元材料层的结构；

[0056] 图 5 示出根据本发明优选实施方案的插入型电接触元件；

[0057] 图 6 是根据本发明另一优选实施方案的螺旋接触型电接触元件的截面图；

[0058] 图 7 是根据本发明的优选实施方案用于与有源半导体器件形成电接触的装置的部分截面图和分解图；

[0059] 图 8 示意性示出电气设备中的根据本发明优选实施方案的接触装置；

[0060] 图 9 非常示意性地示出根据本发明另一实施方案的旋转电机中的滑动接触装置；

[0061] 图 10 仅仅示意性示出断路器中的根据本发明的接触装置；

[0062] 图 11 非常示意性地示出根据本发明优选实施方案的变压器的抽头变换器中的滑动接触装置；

[0063] 图 12 非常示意性地示出继电器中的根据本发明的接触装置；

[0064] 图 13 示出多元材料层和金属层的结构；和

[0065] 图 14 示出在重复结构中层叠有金属层的多元材料层的结构。

具体实施方式

[0066] 图 1A 示出具有与可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的多层碳化物和氮化物中任一种相同或相似组成的多元材料层的结构，其中 M 是过渡金属或过渡金属的组合，n 是 1、2、3 或更大，A 是 A 族元素或 A 族元素的组合，X 是碳、氮或二者，所述多元材料包括 M-X、M-A-X 纳米晶体和在一个或几个相如 M-A、A-X、M-A-X、X 中具有 M、A、X 元素的无定形区域的纳米复合材料。所述多元材料具有与纳米结晶态的多元材料区域（图中表示为 C、D、E）混合的无定形区域（图中表示为 G）。所述结构中的各区域（图中表示为 C、D 和 E）是单一元素、两相、三相和 / 或更多相，这取决于所述膜中的原子元素数目。

[0067] 图 1B 示出具有图 1A 描述中所述元素的多元材料的结构。所述多元材料具有与纳米结晶态的多元材料区域混合的含有 M-A、A-X、M-A-X 和 X 相的无定形区域（图中表示为 G），其中纳米结晶态 $M_{n+1}AX_n$ 相的 M-A-X 和 / 或 M-X 和 / 或 M-X 中有些被纯 M-A、A-X、M-A-X 和 X 相材料（图中表示为 C、D、E）的无定形层（图中表示为 J、K、L）或结晶层（图中表示为 C、D、E）包围。

[0068] 图 2 示出具有图 1 层描述中所述元素的多元材料的结构，所述图 1 层含有纳米晶态区域（图中表示为 C、D、E）。所述结构中的各区域（图中表示为 C、D 和 E）是单一元素、两相、三相和 / 或更多相。

[0069] 图 3 示出具有图 1 描述中所述元素的多元材料 U 的结构，包括金属层 Me。

[0070] 图 4 示出具有图 1 层描述中所述元素的多元材料层的结构，所述图 1 层在重复

结构中层叠有金属层 Me。无定形区域的多元素材料层与纳米晶态区域（图中表示为 U）混合。

[0071] 图 13 示出具有纳米晶态区域（图中表示为 C、D、E）的多元素材料的结构，包括金属层 Me。

[0072] 图 14 示出具有图 1 层描述中所述元素的多元素材料层的结构，所述图 1 层以重复结构层叠有金属层 Me。所述多元素材料层具有纳米晶态区域（图中表示为 C、D、E）。

[0073] 在本发明的另一优选实施方案中，所述多元素材料可以包括三相和 / 或更多相，例如 211、312、413 复合物。所述多元素材料含有至少一种可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 组分的碳化物和 / 或氮化物。为了改善摩擦性、热性能、机械性能或电性能，所述多元素材料可以包括以下任意一种复合物或复合物的组合：单一 A 族元素，A 族元素的组合，X 是碳，X 是氮，X 是碳和氮，M-X 纳米复合材料，M-A-X 纳米复合材料，纳米晶体和 / 或在一个或几个相如 M-A、A-X、M-A-X 中具有 M、A、X 元素的无定形区域。所包含复合物的比例可以在占所述膜重量的 0.0001-90% 范围内变化。复合物的不同比例将强化机械、物理和化学性能。在本发明的优选实施方案中，所包含复合物的比例应不超过所述膜重量的 50%，在本发明的另一优选实施方案中小于 20%。例如，Ag 的复合物超过表面传导性。

[0074] 根据本发明的另一优选实施方案是具有过量 M、A、X 元素的多元素材料。例如，所述多元素材料包括复合物 $Ti_{n+1}Si_{C_n+C_m}$ 。复合物 $Ti_{n+1}Si_{C_n+C_m}$ 是具有过量碳的多元素材料。这意味着所述膜含有游离的碳元素。过量的碳 X 被传输到表面，并且可以作为提供电接触的较低摩擦表面端，并保护电气表面以免被氧化。复合物 $Ti_3SiC_2+C_m$ 具有低的接触电阻。所述材料还可以含有各种比例的 M-A、M-A-X、A-X 集合。

[0075] 在根据本发明的另一优选实施方案中，所述多元素材料包括复合物 $Ti_3Si_{0.5}Sn_{0.5}C_2$ 。如果 A 族元素是锡 Sn，那么所述膜会是过于吸水的。如果 A 族元素是硅 Si，那么所述膜会与氧反应并在表面上形成隔离氧化物涂层。如果采用 A 元素的组合，在这种情况下为 Sn 和 Si，那么可以避免这些缺点。

[0076] 图 5 示出插入型接触装置 1，其中接触元素 3 上的接触表面 2 沿着紧靠称作接触组件的另一接触元件 5 上的接触表面 4 而滑动。接触元件 3 具有凹特征，并且呈弹性钳爪形式，适于连接至接触轨形式的凸接触组件 5。接触元件 3 置于接触组件 5 上，并且保持接触状态，同时通过至少是紧压接触组件 5 上接触面 4 的接触面 2 来进行偏置。接触面 2 和 4 中的至少一个，优选二者，提供有根据本发明的连续或不连续的多元素材料膜，所述膜包括具有与可描述为 $M_{n+1}AX_n$ 的多层碳化物和氮化物中任一种相同组成的多元素材料，其中 M 是过渡金属或过渡金属的组合，n 是 1、2、3 或更大，A 是 A 族元素或 A 族元素的组合，B 是 B 族元素或 B 族元素的组合，X 是碳、氮或二者，多元素材料包括 M-X、M-A-X 纳米晶体和在一个或几个相如 M-A、A-X、M-A-X 或 X 中具有 M、A、X 元素的无定形区域的纳米复合材料。在本发明的优选实施方案中，该膜具有 0.001 μm -1000 μm 的厚度，其应具有非常低的摩擦系数，通常为 0.01-0.1。这意味着在控制接触装置以建立或中断电接触时所要克服的摩擦力将是非常低的，导致驱动组件中必要能量消耗低，而且由该膜构成的接触面的磨损几乎可以忽略。此外，所述膜是化学惰性的，并且在超过 400℃ 的温度下是稳定的。应该指出，所述连续或不连续膜仅仅布置在接触组件 5 上是完全可以的，其毫无疑问是类似于接触元件 3 的接触元件。此外，在这种情况下，包含多元素材料的膜沉积并附着至接触元件 3 的主体

6,但是在本发明的其他优选实施方案中,所述膜完全可以作为分离箔包覆置于其顶部的主体。具体而言,这可以是下文中进一步描述的图3中所示的实施方案的情况。包含多元素材料的连续或不连续膜可以通过各种物理气相沉积(PVD)、化学气相沉积(CVD)、电化学、无电镀沉积或热等离子体喷涂方法沉积在接触元件的主体上,所述主体优选由Cu构成。优选的是,如果所述主体由不耐腐蚀的材料制成,那么在涂覆所述膜之前在主体上提供耐腐蚀材料薄层,因为所述膜可能会具有一些穿过其中而到达所述主体的孔隙。

[0077] 图6示出接触装置的又一实施例,其中有利的是用包含多元素材料的连续或不连续膜包覆至少一个接触面,根据本发明,所述膜形成根据本发明的具有非常低摩擦的自润滑干接触。该实施方案涉及含有接触元件7的螺旋接触装置,所述接触元件7为弹簧环状体的形式,如螺旋缠绕的线圈,适于建立和保持与第一接触组件8如内衬套或销以及第二接触组件9如外衬套或管之间的电接触。接触元件7在接触状态下被压缩,以致至少是其接触面10将承受相对于第一接触组件8的接触面11的弹簧载荷,并且至少第一接触元件7的另一接触面12将承受相对于至少第二接触组件9的接触面13的弹簧载荷。根据本发明的优选实施方案,接触面10-13中至少有一个是全部或部分涂覆有包含多元素材料的连续或不连续的低摩擦膜。这种螺旋接触装置用于例如开关设备中的电气断路器。

[0078] 图7中示出用于与半导体部件14形成良好电接触的装置,但是为清楚起见,间隔示出堆叠排列并且以优选超过1MPa、通常为6-8MPa的高压压合在一起的不同组件。所述叠层体的每一半均包括Cu板形式的环形构件15,用于与半导体部件形成连接。每个环形构件提供有薄的包含多元素材料的连续或不连续膜16和金属层。半导体部件中半导体材料例如Si、SiC或金刚石的热膨胀系数和Cu的热膨胀系数相差很大(Si为 $2.2 \times 10^{-6}/K$ 而Cu为 $16 \times 10^{-6}/K$),这意味着当其温度改变时,Cu板15和半导体部件14将相对于彼此横向移动。为此,根据现有技术的这种接触装置需要在环形构件和半导体部件之间的所述叠层体中有一个或几个其他组件,用来处理这种在热循环时相互运动的倾向,以防止半导体部件中的裂缝和/或所述部件接触面的磨损。但是,根据本发明的膜的非常低的摩擦使得可以忽略所有这些附加组件,并使得接触装置成本更低,至少不是通过允许使用廉价材料而不需要与这些半导体部件进行更接近的热匹配。这种接触装置是形成封闭体系的有源电子封装17的一部分,实际上当在热循环过程中所述膜沿半导体部件移动时,没有材料将被消耗掉,以致其寿命实际上将是无限长的。多元素接触层16还可以直接沉积在半导体器件14上或沉积在Cu极片15和器件14上。

[0079] 图8示意性示出插入型电接触装置,例如用于电气设备中的。所述组件布置为压合在一起,但是为清楚起见间隔表示。所述接触装置具有具备凸特征的第一接触组件41、具备凹特征的第二接触组件42。第一接触组件41适于通过至少紧靠第二接触组件接触面44的第一接触组件接触面43与第二接触组件42连接。接触面43和44中至少一个,优选二者,提供有包含多元素材料的连续或不连续膜。

[0080] 图9中示意性示出根据本发明另一优选实施方案的滑动接触装置,如用于任何类型的旋转电机18中那样,用于在滑动环19和ac接触元件20之间建立电连接,此处取代了炭刷并且由例如涂覆有以22所表示的连续或不连续膜的铜或铝制成主体。这产生非常低摩擦的电接触,具有低的接触电阻。还可以在旋转电机中两个相互相对移动的组件之间使用具有多元素材料的连续或不连续膜的接触装置,以避免形成静电。

[0081] 图 10 非常示意性地示出可以如何在断路器 23 中布置根据本发明具有低摩擦膜 24 和金属层的电接触装置,所述低摩擦膜 24 包含多元素材料,所述金属层在可以相互相对移动的两个接触元件 25、26 的至少一个接触面上,从而在其间建立电接触并获得接触元件的可视断开。

[0082] 图 11 示意性示出根据本发明另一优选实施方案的滑动电接触装置,其中所述接触元件 27 是变压器中抽头变换器 28 的可移动部件,适于在电接触中沿接触 29 滑动至第二接触组件,以分出所述变压器所需水平的电压。含有多元素材料的低摩擦膜 30 和金属层布置在接触元件 27 和 / 或接触组件 29 的接触面上。这样,接触元件 27 可以容易地沿绕组 29 移动,同时保持其间的低接触电阻。

[0083] 图 12 非常示意性地示出根据本发明另一优选实施方案的接触装置,用于继电器 31,相对接触元件 32、33 的接触面中的一个或两个可以提供有包含多元素材料的低摩擦膜 34,这将会由于更少的焊接倾向而导致更少的接触面磨损,并且使得它们由于多元素材料的特性而耐磨损。

[0084] 根据本发明的接触元件和滑动电接触布置可以有很多其他优选应用,这些应用对于本领域技术人员来说很明显,不会背离如所附权利要求所定义的本发明的基本思想。

[0085] 例如,可以利用一种或几种复合物或元素掺杂所述薄的摩擦膜,以改善摩擦、热、机械或电性能。但是,掺杂量不应超过所述膜重量的 20%。然后,还可以使接触元件和接触组件的不同接触面上具有不同的膜,例如一些进行掺杂,而其他不进行掺杂,或者一些由至少两个子层形成,而其他的只有一层。

[0086] 根据本发明的接触装置的另一实例是用包含多元素材料和金属层的所述膜覆盖探头以测量和测试集成电路 (IC),以避免化学降解和在探头上包覆金属。

[0087] 此外,本发明的接触元件和装置不限于任意特定的系统电压,而是可以用于低、中和高电压应用。

[0088] 根据本发明的接触层的多元素材料可以形成含有 50-90% 金属如 Ti 或 Au 的固体膜,以改善导电性。这可以通过形成金属在材料中的均匀分散、金属区域和多元素区域的不均匀分散如复合材料来实现或通过使多元素复合物层与金属层交替排列来实现。

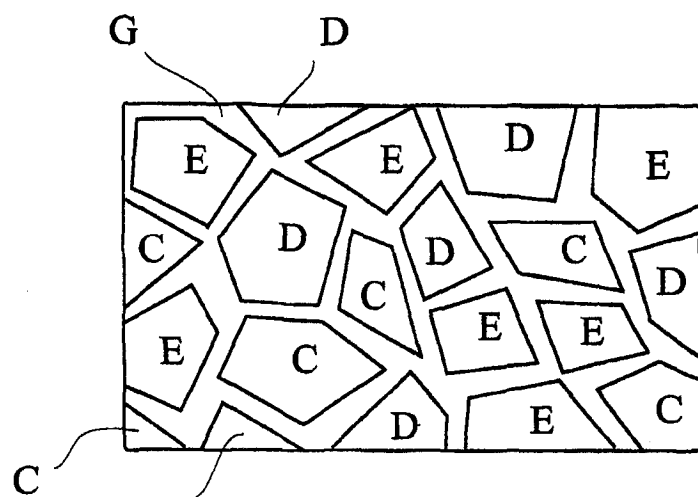


图1A

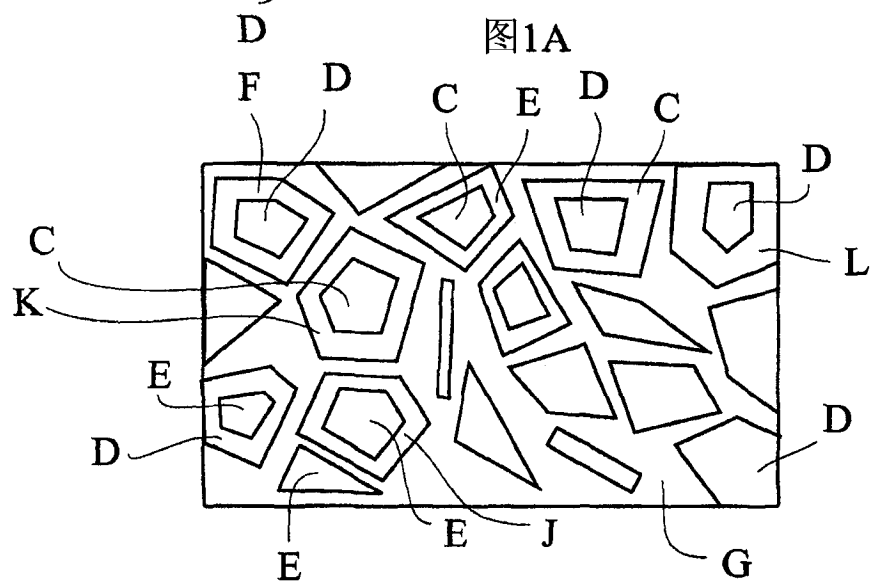


图1B

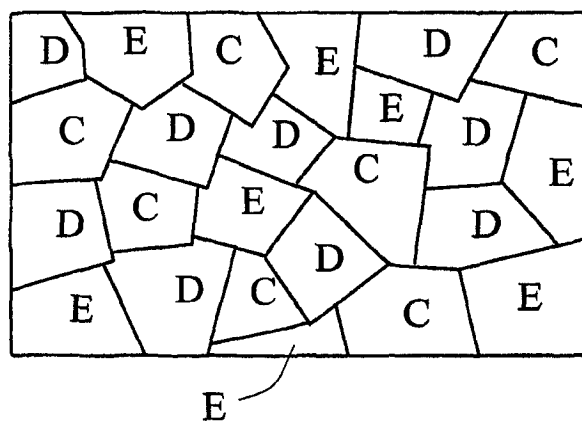


图 2

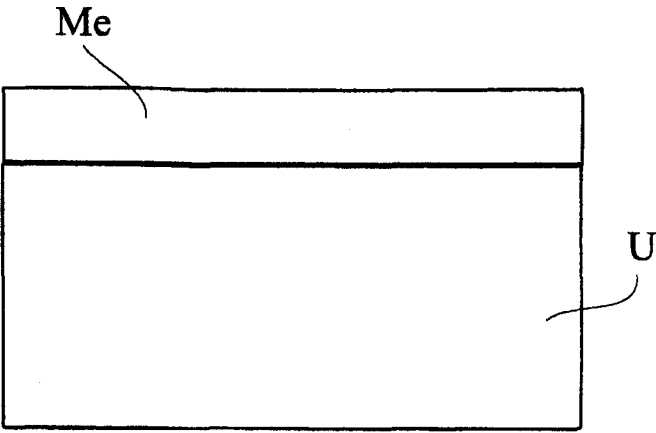


图 3

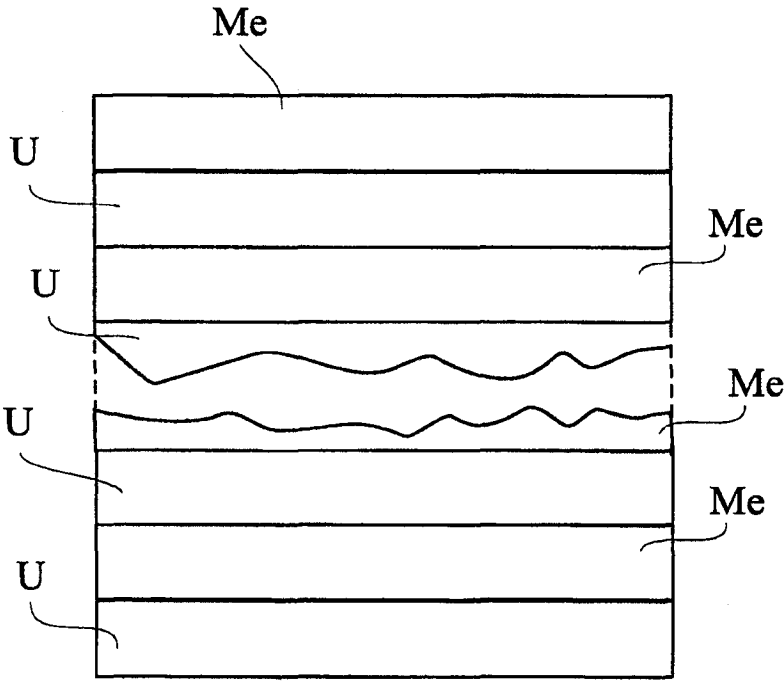


图 4

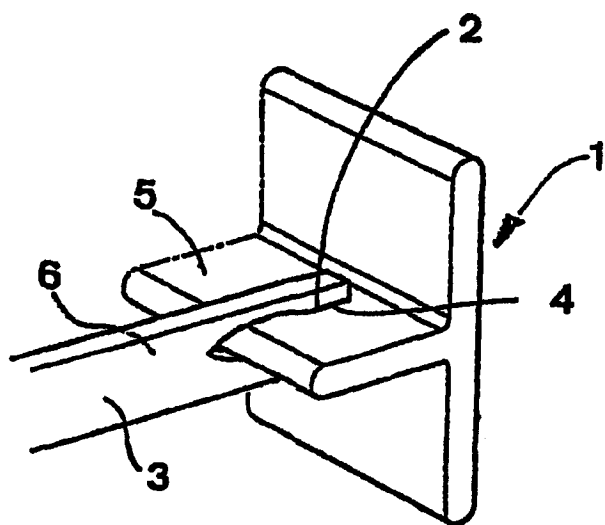


图 5

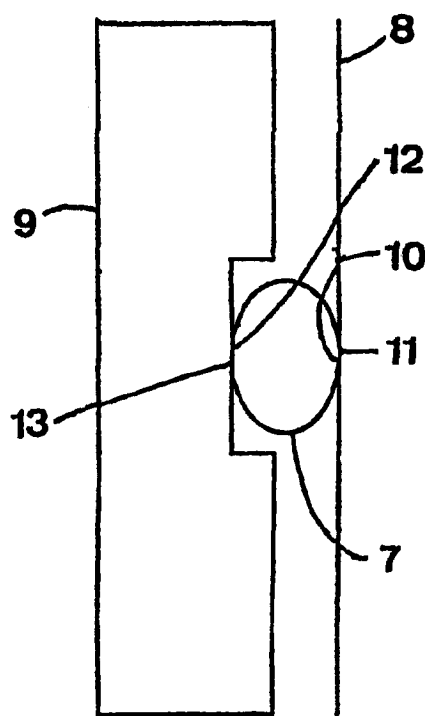


图 6

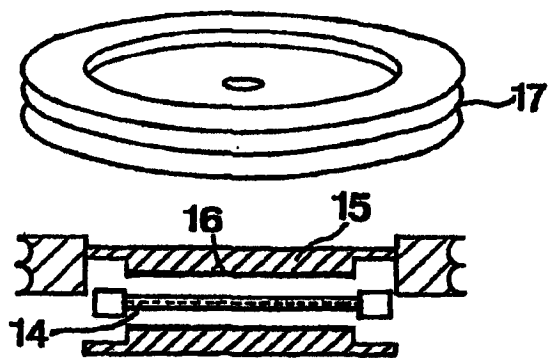


图 7

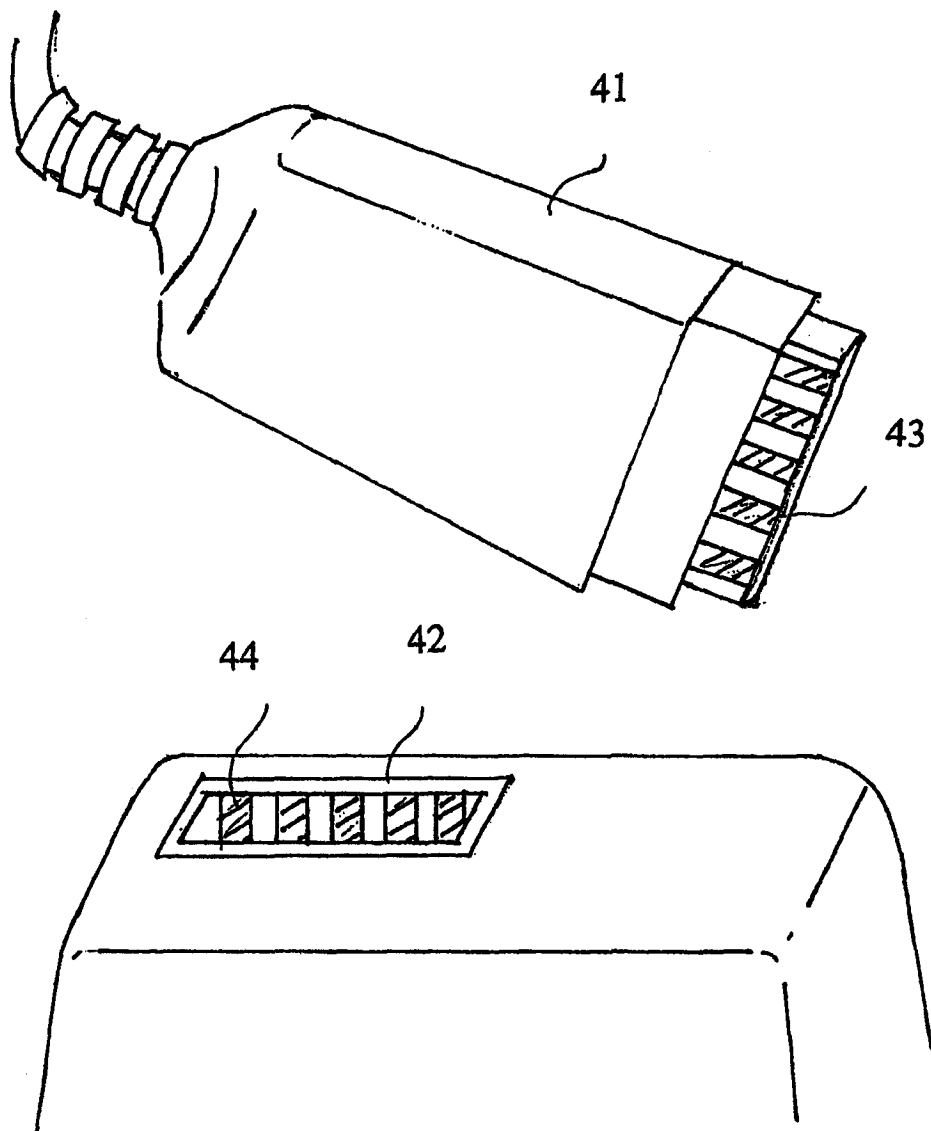


图 8

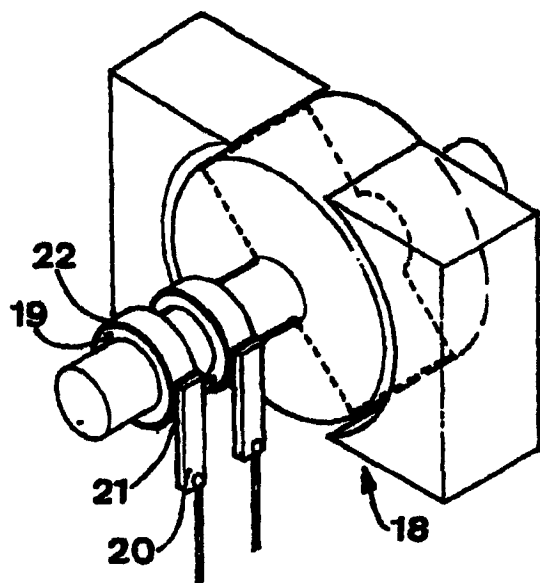


图 9

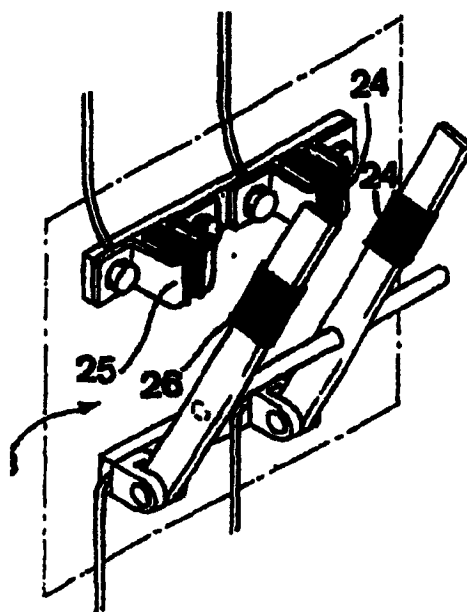


图 10

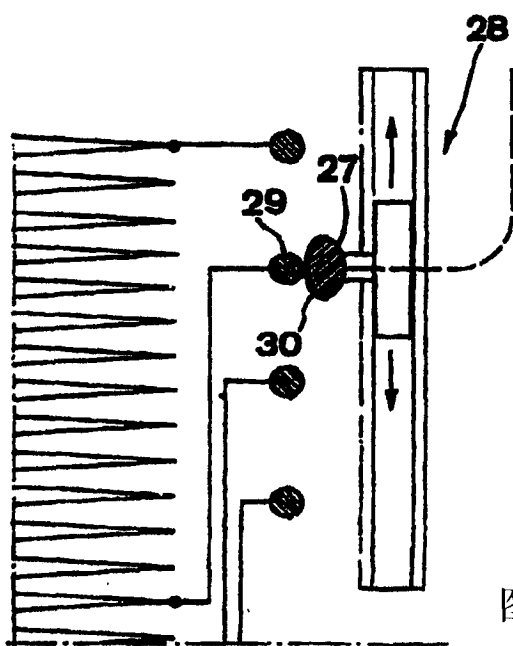


图 11

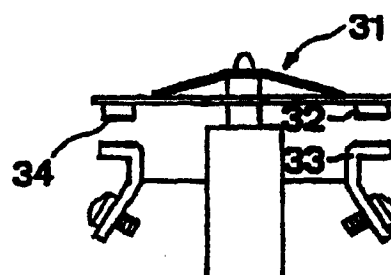


图 12

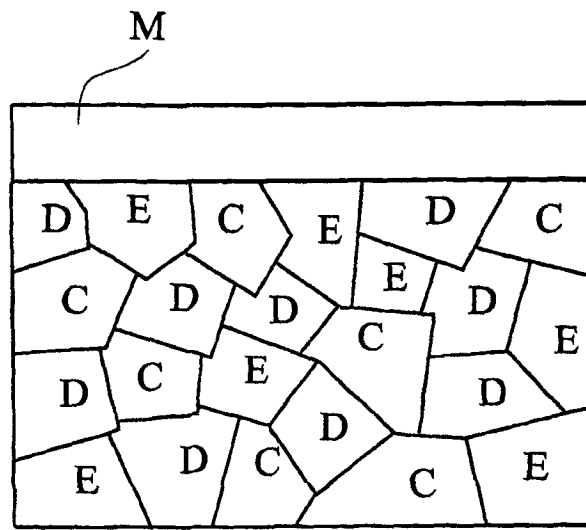


图 13

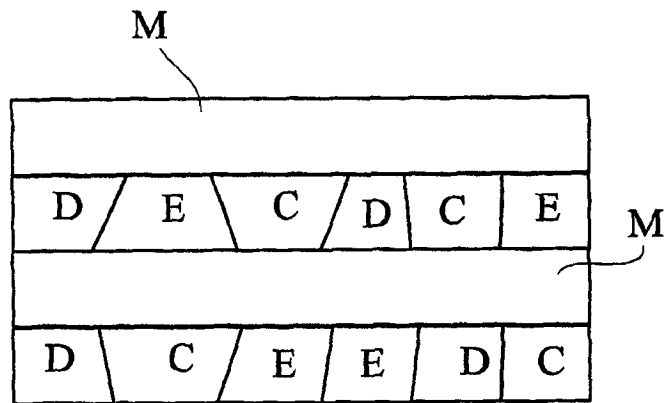


图 14