

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01L 1/22 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580042989.1

[45] 授权公告日 2009 年 11 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 100562727C

[22] 申请日 2005.12.20

US20040216529A1 2004.11.4

[21] 申请号 200580042989.1

CN1215157A 1999.4.28

[30] 优先权

审查员 张宇

[32] 2004.12.20 [33] JP [31] 367163/2004

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

[86] 国际申请 PCT/JP2005/023333 2005.12.20

[87] 国际公布 WO2006/068121 日 2006.6.29

代理人 汪惠民

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.14

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 中尾惠一 水上行雄 石田裕昭

油田康一

[56] 参考文献

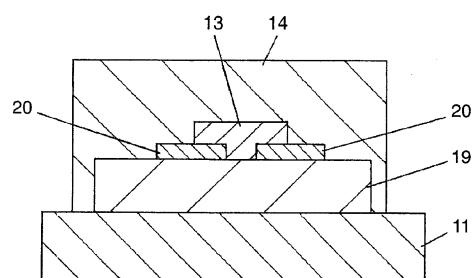
权利要求书 3 页 说明书 33 页 附图 12 页

[54] 发明名称

应变传感器及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供一种具有基板、层积在基板上的微晶玻璃、以及层积在微晶玻璃上的应变传感器，并且微晶玻璃是将具有互不相同的热机械常数的多种微晶玻璃粉焙烧而形成的。这样，可以减少传感器特性上的变动且可降低成本。



1. 一种应变传感器，包括：

基板；

层积在所述基板上的微晶玻璃；以及

层积在所述微晶玻璃上的应变感应电阻器；且

其中，所述微晶玻璃是将具有互不相同的热机械常数的多种微晶玻璃粉熔烧而形成的复合微晶玻璃，并且

不同的所述微晶玻璃粉的组成是：MgO 为 35~50wt%、B₂O₃ 为 10~30wt%、SiO₂ 为 10~25wt%、BaO 为 3~25wt%、Al₂O₃ 为 1~30wt%、SnO₂ 为 1~5wt%、P₂O₅ 为 5wt%以下，进而，由 MgO、BaO、及 Al₂O₃ 组成的群的含量之差中的至少 1 个在 1~20wt%范围内。

2. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

所述热机械常数是结晶温度。

3. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

所述热机械常数是热膨胀系数。

4. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

所述热机械常数是转移点温度。

5. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

所述基板是金属基板。

6. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

在所述复合微晶玻璃与所述应变感应电阻器之间，配置有厚度为 5~50μm 的非晶质玻璃。

7. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

由多个所述应变感应电阻器通过配线而组成桥接电路，并且彼此的电阻值处于±5%的范围内。

8. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

在所述复合微晶玻璃的内部，内置有厚度为 0.5~30μm 的内部电极。

9. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

SiO₂ 与 B₂O₃ 的含量之差在 0.1~10wt% 范围内。

10. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

多种所述微晶玻璃粉的平均粒径为 0.5~20μm。

11. 根据权利要求 10 所述的应变传感器，其中，

多种所述微晶玻璃粉彼此之间的平均粒径之差为 5μm 以下。

12. 根据权利要求 1 所述的应变传感器，其中，

在所述复合微晶玻璃与所述应变感应电阻器之间，配置有 SiO₂ 为 40~80wt%，CaO 为 5~15wt%，PbO 为 3~15wt%，Al₂O₃ 为 1~20wt%，ZrO₂ 为 1~20wt% 的非晶质玻璃。

13. 一种根据权利要求 1 所述的应变传感器的制造方法，包括以下步骤：

在金属基板上，将由多种不同的微晶玻璃粉分散到树脂溶液中而制成的玻璃糊状物印刷成特定图案的步骤；

通过焙烧所述玻璃糊状物而形成复合微晶玻璃层的步骤；

在所述复合微晶玻璃层上形成电极及应变感应电阻器的步骤；以及

利用外涂层来覆盖所述电极与所述应变感应电阻器中的至少一者的步骤。

14. 根据权利要求 13 所述的应变传感器的制造方法，其中，

形成所述电极的步骤是，对由以银为主体的导电粉分散到树脂溶液中而制成的电极糊状物进行焙烧的步骤。

15. 一种根据权利要求 12 所述的应变传感器的制造方法，包括以下步骤：

在金属基板上层积复合微晶玻璃层和非晶质玻璃层的步骤，所述复合微晶玻璃层是对由多种不同的微晶玻璃粉分散到树脂溶液中而制成的玻璃糊状物进行焙烧而形成的，所述非晶质玻璃层是对由非晶质玻璃粉分散到树脂溶液中而制成的非晶质玻璃糊状物进行焙烧而形成的；

在所述非晶质玻璃层上形成电极及应变感应电阻器的步骤；以及

利用外涂层来覆盖所述电极与所述应变感应电阻器中的至少一者的步骤。

16. 根据权利要求 13 所述的应变传感器的制造方法，其中，

不同的所述微晶玻璃粉的结晶温度之差在 50℃ 以下的范围内。

17. 根据权利要求 13 所述的应变传感器的制造方法，其中，

不同的所述微晶玻璃粉的热膨胀系数之差在 100×10⁻⁷/℃ 以下的范围内。

18. 根据权利要求 13 所述的应变传感器的制造方法，其中，

不同的所述微晶玻璃粉的转移点温度之差在 50℃以下的范围内。

19. 根据权利要求 13、15 中任一权利要求所述的应变传感器的制造方法，其中，

所述电极是在 500~950℃的温度下对由以银为主体的导电粉末分散到树脂溶液中而制成的电极糊状物进行焙烧而成的。

20. 根据权利要求 13、15 中任一权利要求所述的应变传感器的制造方法，其中，

所述应变感应电阻器具有 5~50wt%的钌化合物、20~70wt%的氧化铅、1~20wt%的 SiO₂、1~40wt%的 B₂O₃。

21. 根据权利要求 13、15 中任一权利要求所述的应变传感器的制造方法，其中，

所述玻璃糊状物是在 500~950℃的温度下进行焙烧的。

22. 根据权利要求 13、15 中任一权利要求所述的应变传感器的制造方法，其中，

所述外涂层含有 50~95wt%的 PbO，且软化点为 300~750℃。

23. 根据权利要求 13、15 中任一权利要求所述的应变传感器的制造方法，其中，

所述外涂层是厚度为 10μm~10 mm 的硬化性树脂。

24. 根据权利要求 13、15 中任一权利要求所述的应变传感器的制造方法，其中，

所述外涂层是厚度为 10μm~300μm 的玻璃。

应变传感器及其制造方法

技术领域

本发明涉及用来测量各种载荷或扭距等的应变传感器及其制造方法。

背景技术

以下，参照图式说明应用了应变感应电阻的常规应变传感器。图 18 是常规应变传感器的剖面图。在金属基板 1 上设置由微晶玻璃珐琅层构成的电绝缘层 2。使应变感应电阻 3 结合到电绝缘层 2 上，进而在其上覆盖外涂层 4，从而构成载荷检测装置。在日本专利第 2979757 号公报中揭示使用了这样的载荷检测装置的车辆悬挂系统。然而，在日本专利特开平 6—137805 号公报中，揭示由于微晶玻璃的表面凹凸较大而不平滑从而导致电阻值变动较大的情况。

图 19 表示了焙烧之前的微晶玻璃的部分剖面图。可知焙烧前的微晶玻璃是由各玻璃粉 5 所构成的。然后在特定温度下对玻璃粉 5 进行焙烧，形成电绝缘层 2。

图 20 表示了微晶玻璃的剖面放大图。在图 20 中，在电绝缘层 2 的表面 6 上残留着细小的凹凸，并且在其内部残留着砂眼（void）7。一般而言，在陶瓷电子零件中都含有这样的砂眼 7。并且，虽然其自身不会影响到产品的可靠性，但有时会导致产品的特性偏差等。接着，使用图 21 说明这样的课题。

图 21 是表示使用织带炉（Meshbelt Conveyor Furnace，以下称为 MCF）对微晶玻璃进行焙烧时的焙烧条件的图。在图 21 中，横轴表示时间，纵轴表示温度。样品在 MCF 中从室温开始逐渐加热，在保持 900℃左右的峰值温度固定一段时间之后，再逐渐冷却至室温。而且，在图 21 中，Y 轴的 Temp1 对应于微晶玻璃的软化温度，Temp2 对应于微晶玻璃的结晶温度。

对于一般的非晶质玻璃而言，当软化温度（玻璃开始软化变形的温度，一般是由 DTA 而求出）超过软化点后，温度越高，玻璃越为软化。然而，对于微晶玻璃而言，玻璃在软化点（图 21 的 Temp1）左右软化，但当达到

结晶温度（图 21 的 Temp2）时玻璃会结晶。因此，微晶玻璃软化的温度范围是从软化温度 Temp1 到结晶温度 Temp2 之间。而且，在图 21 中，与 Temp1 及 Temp2 相对应的时间分别为 X 轴上的 Time1、Time2。也就是说，微晶玻璃在 Time1（对应于 Temp1 的软化温度）下开始软化，在 Time2（对应于 Temp2 的结晶温度）下结晶并固化。这样，结晶化之后的微晶玻璃的熔解温度达到 1000℃或 1000℃以上。因此，一旦结晶化之后的微晶玻璃在峰值温度（图 21 中是 900℃左右）下也不会熔解而依然保持固体状态。也就是说，在图 21 的焙烧曲线 8 中，从最初到 Time1 之间，微晶玻璃如图 19 所示处于由玻璃粉 5 所构成的未焙烧状态。接着，在从 Time1 到 Time2 之间，这些玻璃粉 5 同时熔解，超过 Time2 之后固化成微晶玻璃。

如上所述，由于微晶玻璃仅在 Time1 与 Time2 之间熔解，所以必须确保在微晶玻璃熔解时有足以充分进行整平（表面的平滑化）的时间。因此为了进行稳定的焙烧，而难以缩短焙烧时间。结果会导致焙烧工序的生产效率降低。

进而，在金属基板上使微晶玻璃一体化形成时，微晶玻璃的焙烧收缩仅发生在 Z 方向（厚度方向）上。并且，XY 方向（即于与金属基板接触的面）上的烧结收缩会受到阻碍。结果，与使用了一般的微晶玻璃材料的各种产品（由于可能会在 XYZ 方向上产生三维收缩，所以烧结中所产生的应力可能一致）不同，将所述结构的情况下微晶玻璃的焙烧条件最优化的技术上的难度较高。也就是说，在所述结构中，缩短微晶玻璃的焙烧时间是个大问题。

发明内容

本发明所提供的应变传感器，具有基板、层积在基板上的微晶玻璃、以及层积在微晶玻璃上的应变感应电阻，并且微晶玻璃是将具有互不相同的热机械常数的多种微晶玻璃粉焙烧而形成的复合微晶玻璃。这样，可以扩大微晶玻璃的溶融时间或溶融温度范围，所以能够提高焙烧工序中的生产性并且实现传感器的低成本化。

进而，本发明提供所述应变传感器的制造方法。

附图说明

图 1 是本发明的实施方式 1 的传感器的剖面图。

图 2 是本发明的复合微晶玻璃的剖面放大图。

图 3 是表示本发明的复合微晶玻璃的 DTA 结果之一例的图。

图 4 是表示本发明的复合微晶玻璃的焙烧曲线的图。

图 5 是本发明的复合微晶玻璃焙烧之前的部分剖面图。

图 6A 是表示构成本发明的复合微晶玻璃的多种不同的微晶玻璃的 DTA 的图。

图 6B 是表示构成本发明的复合微晶玻璃的多种不同的微晶玻璃的 DTA 的图。

图 7 是表示构成本发明的复合微晶玻璃的构件的比例、与金属基板上的复合微晶玻璃的抗裂强度之间的关系的图。

图 8 是说明构成本发明的复合微晶玻璃的多种玻璃材料的混合比例、此时的热膨胀系数、以及此时的熔解温度范围的图。

图 9A 是说明构成本发明的复合微晶玻璃的多种玻璃材料的混合比例、此时的热膨胀系数、以及此时的熔解温度范围的图。

图 9B 是说明构成本发明的复合微晶玻璃的多种玻璃材料的混合比例、此时的热膨胀系数、以及此时的熔解温度范围的图。

图 10 是在本发明的复合微晶玻璃的内部内置有内部电极的传感器的剖面图。

图 11 是使用了本发明的多种不同的复合微晶玻璃的传感器的剖面图。

图 12 是表示使用了本发明的复合微晶玻璃与非晶质玻璃这两者的传感器的构造的剖面图。

图 13 是本发明的非晶质玻璃与复合微晶玻璃的匹配状况得到了改善的传感器的剖面图。

图 14 是使用了本发明的复合微晶玻璃的传感器的剖面图。

图 15 是表示本发明的有应变的金属基板的翘曲的剖面示意图。

图 16 是表示在绝缘层中使用了本发明的复合微晶玻璃与非晶质玻璃的传感器的剖面图的图。

图 17 是表示由本发明的复合微晶玻璃与陶瓷粉同时焙烧而成的复合玻璃的放大剖面的图。

图 18 是表示常规传感器的剖面图之一例的图。

图 19 是常规传感器中焙烧之前的微晶玻璃的部分剖面图。

图 20 是常规传感器中微晶玻璃的剖面放大图。

图 21 是表示常规传感器中使用 MCF 对微晶玻璃进行焙烧时的焙烧条件

的图。

符号的说明

- 11 金属基板
- 13 应变感应电阻器
- 14 外涂层
- 19 复合微晶玻璃
- 20 配线

具体实施方式

以下，使用图式说明本发明的实施方式的一例。图式是示意图，图中并未以正确的尺寸进行绘制。另外， DTA 是差热分析（Differential Thermal Analysis）的简称。而且，本发明的热机械常数中包含结晶温度、热膨胀系数、转移点温度等。另外，图 3、图 6A、图 6B、图 8 中的箭头表示所参照的轴。

（实施方式 1）

图 1 是本发明的实施方式 1 的传感器的剖面图。如图 1 所示，在金属基板 11 上，隔着复合微晶玻璃 19(Composite Crystallised Glass, 以下称为 CCG) 而形成配线 20 及应变感应电阻器 13，且配线 20 及应变感应电阻器 13 由外涂层 14 覆盖。

图 2 是 CCG 的剖面放大图。与常规的图 20 相比，在图 2 所示的 CCG 内部，砂眼 17 较少且其大小也较小。而且也可判断 CCG 的表面 16 较平滑。

本发明的 CCG，是将具有各不相同的软化点、以及不同结晶温度的多种微晶玻璃在粉末状态下均匀混合，并将这些微晶玻璃在金属基板上同时焙烧而制成的。这样，可以获得常规微晶玻璃所无法获得的广温度区域（也就是说从软化温度到结晶温度之间的范围）。结果，如图 2 所示，在 CCG 内部难以残留砂眼 17，且其表面 16 变得平滑。

以下，使用图 3 说明通过 CCG 来减少砂眼且使表面性得到改善的理由。图 3 表示了本发明的 CCG 的差热分析（DTA）结果的一例。DTA 的图表是由温度曲线 21 及差热曲线 22 所构成，且有峰值 23。而且，X 轴表示时间，Y1 轴表示温度，Y2 轴表示差热。以下进一步详细说明 DTA。首先，以如下方式进行本发明的 CCG 的 DTA。将约 500 mg 的 CCG 作为测量样品，并使用 α 氧化铝作为参照。接着，将加热速度设为 10°C/分钟，测量出从室温到

1000℃的差热。图 3 中抽出了约 700~800℃的测量结果，温度曲线 21 表示从 700℃附近升温至 800℃附近。而且，在温度曲线 21 中，可观察到峰值 23。接着，说明 CCG 的软化、烧结情况。图 3 的差热曲线 22 中，在低温侧是固定的，但在 Time3 附近急剧下降。该 Time3 时的温度为 Temp3，其对应于 CCG 的软化温度。

进而，在差热曲线 22 中，在 Time3 后下降一定时间之后，在 Time4 附近急剧上升（图 3 中，从图表框内伸出）。该 Time4 时的温度对应于 CCG 的结晶温度。而且，Time4 以后，差热曲线 22 从图表框内大幅向上伸出。这是由于 CCG 的结晶热而造成的，可观察出，该结晶热在温度曲线 21 中为峰值 23。

这样，在 Time4 时产生结晶热并且经结晶化之后的 CCG 逐渐稳定，所以在 Time4 以后无较大变化。就本发明的 CCG 而言，与常规的微晶玻璃相比，对应于玻璃的流动区域的 Temp3（软化温度）与 Temp4（结晶温度）之差较大。结果，可获得进行平滑化处理直至使微晶玻璃熔解、结晶化为止所需的充分的时间。

接着，使用图 4 说明 CCG 的 MCF 中的焙烧曲线 24。在图 4 中，X 轴表示时间，Y 轴表示温度。

如图 4 所示，以特定图案形成在金属基板上的 CCG 在 MCF 中从室温开始逐渐加热，在保持 900℃左右的峰值温度经过一定时间之后，再逐渐冷却至室温。而且，Temp5 对应于 CCG 的软化点，Temp6 对应于 CCG 的结晶温度。就 CCG 而言，由于从室温至 Temp5 的温度（时间轴上是从 0 分钟到 Time5 之间）小于软化温度（Temp5），所以各玻璃粉不会熔解。并且，从 Y 轴的 Temp5 到 Temp6（X 轴上是从 Time5 到 Time6 之间），各玻璃粉对应于各自的软化温度而在此温度下熔解，并结晶成 CCG。并且，从 Temp6 之上的温度（X 轴上是从 Time6 持续 60 分钟）下结晶成 CCG。另外，图 4 的 Temp5 对应于图 3 的 Temp3。而且，图 4 的 Temp6 对应于图 3 的 Temp4。

接着，图 5 表示 CCG 焙烧之前的状态（例如，CCG 糊状物经过脱胶之后的状态）。如图 5 所示，其由第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 所构成。第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 具有互不相同的软化温度及结晶温度。图 5 中表示了第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 以粉末状态均匀混合的情况。接着，将具有这些特性不同的多种玻璃粉的糊状物印刷

在金属基板 11 上并形成特定形状。进而，根据如下述图 4 所示的焙烧曲线进行焙烧，形成 CCG19。

另外，较理想的是，构成 CCG 的第一微晶玻璃粉 25 及第二微晶玻璃粉 26 的平均粒径为 $0.5\sim10\mu\text{m}$ 。尤其是，当玻璃粉的平均粒径不足 $0.3\mu\text{m}$ 时，可能会导致玻璃粉难以均匀分散。在使用单一的玻璃粉时，也可以使用平均粒径小于等于 $0.1\sim10\mu\text{m}$ 的玻璃粉。其原因在于， $0.1\sim0.3\mu\text{m}$ 左右的微细的玻璃粉（玻璃粉在小于 $0.5\mu\text{m}$ 时容易凝聚）会形成 $5\sim10\mu\text{m}$ 左右的凝聚体，只要进行焙烧就可获得均匀的（相同）微晶玻璃。

另一方面，本发明的 CCG19 是将不同的玻璃粉同时焙烧而构成的，所以较理想的是，如图 5 所示，第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 更均匀地混合、分散。因此，平均粒径较理想的是大于等于 $0.5\mu\text{m}$ 。而且，当玻璃粉的平均粒径超过 $10\mu\text{m}$ 时，除了 CCG 的厚度以外，玻璃粉的粒径有时也会受到影响。其原因在于，当平均粒径超过 $10\mu\text{m}$ 时，有可能会含有粒径为 $20\mu\text{m}$ 或 $30\mu\text{m}$ 的玻璃粉。而且，较理想的是，第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 的平均粒径之差小于 $5\mu\text{m}$ 。如果第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 的平均粒径之差超过 $5\mu\text{m}$ ，则有可能会对所制成的 CCG 的均匀性造成影响。

接着，使用图 6 说明各玻璃粉的特性。图 6A 及图 6B 中表示构成 CCG 的多种不同微晶玻璃的 DTA 结果。图 6A 表示第一微晶玻璃粉的 DTA 结果，图 6B 表示第二微晶玻璃粉的 DTA 结果。本来，图 6A 与图 6B 原本应该画在同一图表框中，但这样会变得过于复杂，所以单独用图 6A、图 6B 表示。由于 Y 轴是共同的，所以可以将两个图重叠。而且，因为各轴的说明与图 3 相同，所以将其省略。另外，DTA 是指，定量地检测样品所产生的热能的变化。于是，以热能变化（例如，吸热现象、发热现象）的形式，检测出微晶玻璃的熔解或结晶化的情况。

如图 6A 所示，温度曲线 21a 表示温度随着时间升高，但在 Time7 附近，差热曲线 22a 急剧下降（吸热）。此时的温度（Temp7）对应于第一微晶玻璃的软化温度。进而，在 Time8 附近，差热曲线 22a 急剧上升（发热），此时的温度（Temp8）对应于第一微晶玻璃的结晶温度。

同样，在图 6B 中，温度曲线 21b 表示温度随着时间升高，但在 Time9 附近，差热曲线 22b 急剧下降（吸热），此时的温度（Temp9）对应于第二微

晶玻璃的软化温度。进而，在 Time10 附近，差热曲线 22b 急剧上升（发热），此时的温度（Temp10）对应于第二微晶玻璃的结晶温度。

由于图 6A 与图 6B 的温度轴（Y 轴）是共同的，所以如果两图彼此对照，并按同一 X 轴（时间轴）的顺序排列，则成为 Time7、Time9、Time8、Time10 的顺序。换而言之，由于 Time7 对应于 Temp7，Time9 对应于 Temp9，Time8 对应于 Temp8，Time10 对应于 Temp10，所以如果排列在同一 Y 轴（温度轴）上，则从温度较低的一方开始依次为 Temp7（第一玻璃的软化温度）、Temp9（第二玻璃的软化温度）、Temp8（第一玻璃的结晶温度）、Temp10（第二玻璃的结晶温度）。

并且，如图 5 所示，由于是将所述多种具有不同差热曲线的玻璃粉混合并一起焙烧，所以本发明的 CCG 的流动区域扩展为从 Temp7（第一微晶玻璃的软化温度）至 Temp10（第一微晶玻璃的结晶温度）为止的较广范围。

并且，将图 6A 与图 6B 的结果合成而成的图对应于图 3。当这样在金属基板上形成玻璃层时，如果形成为 CCG 层则可扩大其烧结区域。结果，可以提高 MCF 的焙烧速度，或者对于由于常规技术下难以一起焙烧而将焙烧分成多次（或多层）的情况下，可以一起焙烧而形成更厚的层，所以可以降低产品的制造成本。

而且，由于构成 CCG 的不同玻璃粉具有与各个组成相应的特有结晶温度，所以不会在同一温度下一齐结晶化。尤其是在构成微晶玻璃的玻璃粉呈现出单一的差热曲线的情况下，当到达结晶温度时，会伴随着结晶化而产生大量的热（结晶热）。由于这样的结晶热也会传导至相邻的玻璃粉，所以有时会连锁地引起急剧的结晶化。

然而，如本发明所示，通过使用分别具有固有结晶温度的玻璃粉，使结晶热的产生温度范围得到扩展，进而，使玻璃粉自身为微粒子，从而也使结晶热的产生量较少，再通过将不同的玻璃粉彼此混合而使结晶热整体也得到均匀化，从而可以进行缓和的反应。另外，在图 3 中，在温度曲线 21 中图示了由结晶热所引起的峰值 23，而这是由于测量温度曲线 21 的 DTA 装置的测量盘（未图示）的热容量较小所引起的。这样，可以使 CCG19 的剖面或内部呈现出图 2 所示的情况。使用了所述 CCG 的传感器，表现出微晶玻璃的特征（高强度、高电绝缘性），并且可获得进行充分的用于平滑化的时间，

所以表面的平滑性等也较优良。结果，可以降低传感器的特性变动并且可使传感器特性稳定。

另外，CCG19 的厚度较理想的是 10~100 μm 。当厚度小于 10 μm 时，有时会受到金属基板 11 的表面凹凸的影响。如果超过 100 μm ，则有时会对产品的材料成本造成影响。

另外，关于形成 CCG 的具有不同组成的多种微晶玻璃粉末，较理想的是，在 500~900°C 的温度下，与金属基板一起经过热处理而结晶化。结晶温度小于 500°C 的微晶玻璃是特殊且昂贵的产品。而且，在使用结晶温度超过 900°C 的微晶玻璃时，必须使用昂贵且特殊的金属基板，因此会对产品的材料成本造成影响。

(实施方式 2)

实施方式 2 中，使用表 1 至表 6 说明 CCG 的组成的一例。另外，表 1 至表 6 中的各成分的比例是以重量% (wt%) 来表示的。而且，评价中，分别以○、△、×来表示良、可、差。

[表 1]

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
MgO	10	20	30	40	50	60
B ₂ O ₃	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5
SiO ₂	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5
BaO	3~25	3~25	3~25	3~25	3~25	3~25
Al ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0
单一烧结性	×	×	×	×	×	×
在金属基板上的烧结性	×	×	×	×	×	×
结果	×	×	×	×	×	×

[表 2]

	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12
MgO	10	20	30	40	50	60
B ₂ O ₃	5~30	5~30	5~30	5~30	5~30	5~30
SiO ₂	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5	0~5
BaO	3~25	3~25	3~25	3~25	3~25	3~25
Al ₂ O ₃	1~30	1~30	1~30	1~30	1~30	1~30
单一烧结性	×	×	△	△	△	×
在金属基板上的烧结性	×	×	×	×	×	×

结果	×	×	×	×	×	×
----	---	---	---	---	---	---

[表 3]

	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17	No.18
MgO	30	35	45	55	60	70
B ₂ O ₃	5-30	5-30	5-30	5-30	5-30	5-30
SiO ₂	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25
BaO	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3	0-3
Al ₂ O ₃	1-30	1-30	1-30	1-30	1-30	1-30
单一烧结性	×	△	△	△	×	×
在金属基板上的烧结性	×	×	×	×	×	×
结果	×	×	×	×	×	×

[表 4]

	No.19	No.20	No.21	No.22	No.23	No.24
MgO	30	35	45	55	60	70
B ₂ O ₃	5-30	5-30	5-30	5-30	5-30	5-30
SiO ₂	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25
BaO	3-25	3-25	3-25	3-25	3-25	3-25
Al ₂ O ₃	0	0	0	0	0	0
单一烧结性	×	△	△	△	×	×
在金属基板上的烧结性	×	×	×	×	×	×
结果	×	×	×	×	×	×

[表 5]

	No.25	No.26	No.27	No.28	No.29	No.30
MgO	30	35	45	55	60	70
B ₂ O ₃	5-30	5-30	5-30	5-30	5-30	5-30
SiO ₂	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25	10-25
BaO	3-25	3-25	3-25	3-25	3-25	3-25
Al ₂ O ₃	1-30	1-30	1-30	1-30	1-30	1-30
单一烧结性	×	○	○	○	×	×
在金属基板上的烧结性	×	○	○	○	×	×
结果	×	○	○	○	×	×

[表 6]

	No.19	No.20	No.21	No.22	No.23	No.24
MgO	30	35	45	55	60	70
B ₂ O ₃	5—30	5—30	5—30	5—30	5—30	5—30
SiO ₂	10—25	10—25	10—25	10—25	10—25	10—25
BaO	3—25	3—25	3—25	3—25	3—25	3—25
Al ₂ O ₃	40—60	40—60	40—60	40—60	40—60	40—60
单一烧结性	×	×	×	×	×	×
在金属基板上的烧结性	×	×	×	×	×	×
结果	×	×	×	×	×	×

表1至表6表示对在金属基板上具有各组成的微晶玻璃的匹配性进行评价的结果。各表中，改变 MgO 的添加比例。由于 MgO 的比例与结晶性相关，所以可判明如表 5 所示 MgO 的比例为 35~55wt% 较好。这样，因为 MgO 的热膨胀系数接近金属基板的热膨胀系数，所以也是容易影响与金属基板间的匹配性的材料。而且，如表 2 至表 6，进一步对各种组成进行了研究。

结果可判明，如果 MgO 过多，则表面特性会下降。而且可判明，如果 BaO 也过多，则耐热性、密接性会下降。进而，较理想的是，在 1~30wt% 的范围内添加 Al₂O₃。而且也可以判明，对于玻璃的稳定化效果而言，共同存在一定量的 MgO 与 Al₂O₃ 较为重要。而且，如表 6 所示，可判明，如果添加量有过多增加，也无法良好地进行烧结。根据以上结果，表 7 中表示可在金属基板上焙烧的微晶玻璃的基本组成。

[表 7]

元素	复合微晶玻璃的成分 (wt%)
MgO	35—50
B ₂ O ₃	10—30
SiO ₂	10—25
BaO	3—25
Al ₂ O ₃	1—30
SnO ₂	0.5—5
P ₂ O ₅	0.1—5

然后，在表 7 的微晶玻璃的组成范围内，由熔解温度、结晶温度、以及转移点（玻璃的热膨胀系数急剧变化的温度）等特性不同的多种微晶玻璃制成 CCG。其结果示于图 8。

[表 8]

元素	第一微晶玻璃中的范围 (wt%)	第二微晶玻璃中的范围 (wt%)
MgO	35—50	35—50
B ₂ O ₃	10—30	10—30
SiO ₂	10—25	10—25
BaO	3—25	3—25
Al ₂ O ₃	10—30	1—10
SnO ₂	0.5—5	0.5—5
P ₂ O ₅	0.1—5	0.1—5

如表 8 所示，关于第一微晶玻璃的组成，较理想的是 MgO: 35~50wt%、B₂O₃: 10~30wt%、SiO₂: 10~25wt%、BaO: 3~15wt%、Al₂O₃: 10~30wt%、SnO₂: 0.5~5wt%、P₂O₅: 0.1~5wt%。

同样，关于第二微晶玻璃的组成，较理想的是 MgO: 35~50wt%、B₂O₃: 10~30wt%、SiO₂: 10~25wt%、BaO: 5~25wt%、Al₂O₃: 1~10wt%、SnO₂: 0.5~5wt%、P₂O₅: 0.1~5wt%。

进而，在第一微晶玻璃与第二微晶玻璃的组成中，将 B₂O₃、SiO₂、SnO₂、P₂O₅ 内的一种或一种以上的元素作为共同元素而进行同等程度的添加，以此，可降低这些微晶玻璃的制造成本。尤其是如表 3 所示，以一定比例分别增减 MgO、BaO、Al₂O₃ 这 3 种元素，这样不会对所制造出的 CCG 的作业效率（例如 MCF 中的烧结温度）造成影响，而能够形成具有个别玻璃特性（热膨胀系数、转移点、熔解温度、结晶温度等）的多种玻璃组成。

尤其如表 8 所示，在第一微晶玻璃与第二微晶玻璃的组成中，通过增减 MgO、BaO、Al₂O₃ 内的一种或一种以上的元素的含量，而能够在适当范围内对传感器增减各种元素的熔解温度、结晶温度。

在本实施方式 2 中，根据表 1 的结果，改变构成微晶玻璃的氧化物的比例，从而制成分别具备有不同性质的微晶玻璃，并将这些微晶玻璃混合。这样使微晶玻璃的构成要素变化，从而可获得具有各种软化点、结晶温度、热膨胀系数的微晶玻璃，通过在玻璃糊状物中适量添加这些微晶玻璃，可以改善 CCG 的特性。并且，使微晶玻璃的基本组成相同，并对 BaO 或 Al₂O₃、MgO 等的添加量进行增减，从而能够分别体现出特有的软化温度及结晶温度。并且，通过将这些微晶玻璃材料混合、同时进行焙烧，可以获得与单一的微晶玻璃材料相比更广的流动区域。另外，关于形成 CCG 的多种玻璃材

料，较理想的是 Al_2O_3 、 BaO 或 MgO 内的一种或一种以上的添加元素的比例有 $1\sim20\text{wt\%}$ 的差异（或者说在比例上相差 $1\sim20\text{wt\%}$ ）。这是因为， Al_2O_3 、 BaO 、 MgO 是构成微晶玻璃的主要元素，根据这些元素的含量的不同，微晶玻璃的软化温度、结晶温度会发生变化。而且也可以利用这些元素的热膨胀系数的不同，来调整 CCG 的热膨胀系数。

如上所述，由于可以将形成 CCG 的多种玻璃材料各自的特征（焙烧曲线、热膨胀系数）进行组合，所以能够实现可应用于各种基板、各种用途的传感器。另外，当添加元素的比例小于 1wt\% 时，有时各玻璃的特性几乎不会表现出差异，并且也容易受到玻璃批次中的组分变动的影响。而且，如果添加量超过 20wt\% ，则有时烧结温度的差异会过大而妨碍成批焙烧。

另外，关于构成 CCG 的玻璃材料，也可以使 SiO_2 或 B_2O_3 的含量在 $0.1\sim10\text{wt\%}$ 的比例内变化。通过使 SiO_2 或 B_2O_3 的添加量变化，可以使微晶玻璃的结晶温度或熔点等有效变化。另外，当 SiO_2 或 B_2O_3 的添加量之差小于 0.1wt\% 时，在组成变动的范围内，有时会无法获得 CCG 的特征。而且，当添加量之差超过 10wt\% 时，有时会无法成批焙烧成 CCG。

另外，微晶玻璃的转移点温度较理想的是 $500\sim750^\circ\text{C}$ 。当转移点温度小于 500°C 时，有时玻璃材料会变得特殊而难以处理。而且，如果转移点温度超过 750°C ，则玻璃的热处理温度会变高，所以必须使用耐热性较高且昂贵的焙烧炉或金属基板 11。另外，此处，转移点是表示热膨胀曲线的倾斜度急剧变化的温度，对应于玻璃构造从固体状态变化到液体状态。

关于本发明的应变传感器中所使用的微晶玻璃，尤其理想的是在 550°C 至 700°C 之间具有转移点的微晶玻璃。由于这样的玻璃材料的结晶温度为 700°C 至 800°C ，所以可以使用普通的设备。

而且，多种微晶玻璃的转移点温度之差较理想的是小于等于 50°C 。而且，当转移点之差超过 50°C 时，有时会导致焙烧不均。另外，即便多种微晶玻璃的转移点温度无差别，但只要其热膨胀系数有差别，则也可以将基底层中的金属基板 11 的热膨胀系数最优化，从而能够提高 CCG 的强度。

而且，构成 CCG 的玻璃粉的热膨胀系数较理想的是处于 $90\times10^{-7}\sim200\times10^{-7}/^\circ\text{C}$ 的范围内。如果处于该范围内，则可以使用各种耐热性较高且廉价的金属构件作为金属基板 11。而且，多种微晶玻璃彼此的热膨胀系数差较

理想的是小于等于 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 。当超过 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 时，即便将多种不同的玻璃粉混合，热膨胀系数之间的差也会过大而有时会对烧结性造成负面影响。

另外，多种微晶玻璃的结晶温度优选是 $500\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。结晶温度小于 500°C 的玻璃构件会变得特殊。而且，当结晶温度超过 900°C 时，必须使用特殊的焙烧炉。而且，多种微晶玻璃的结晶温度之间的差优选小于等于 50°C 。当超过 50°C 时，结晶温度的温度差有时会对烧结性能造成负面影响。

(实施方式 3)

在实施方式 3 中，根据图 7、图 8 说明使用热膨胀系数不同的材料作为构成 CCG 的多种玻璃材料时，热膨胀系数的微调。

图 7 是表示构成 CCG 的构件的比例与金属基板上 CCG 的抗裂强度之间的关系的图。图中表示具有不同热膨胀系数的金属基板 A 及金属基板 B 的抗裂强度的测量结果。

在图 7 中，第一微晶玻璃与第二微晶玻璃的热膨胀系数不同。结果，因为构成热膨胀系数不同的 CCG，所以显示获得此时的抗裂强度的情况，X 轴上以 wt% 表示第一微晶玻璃与第二微晶玻璃的混合比例。

另外，在 X 轴中，第一微晶玻璃表示为 80 且第二微晶玻璃表示为 20，是指例如重量占 80wt% 的第一微晶玻璃、20wt% 的第二微晶玻璃，并将其与特定的树脂溶液等一起混炼而制成玻璃糊状物之后，对其进行焙烧而构成 CCG。

Y 轴是抗裂强度。而且，在 Y 轴上，在抗裂强度为 $3000\mu\epsilon$ 的位置、及抗裂强度为 $5000\mu\epsilon$ 的位置上划横线。这是对某产品所需要的抗裂强度的极限值 ($5000\mu\epsilon$) 与所需值 ($3000\mu\epsilon$) 的一例。这些极限值、所需值有时会根据传感器的用途而大幅变更，并且也会根据玻璃层的厚度而变化。

另外，形成在金属基板上的 CCG 的抗裂强度的测量是以下述方式而进行。将样品（在规定尺寸的金属基板上形成具有规定厚度的玻璃层）放置到特定的夹具中，在该样品的表面贴附市售的应变片，对受敲击的样品测量样品所产生的应变。

而且，在图 7 中，金属基板 A 与金属基板 B 的热膨胀系数不同。金属基板 A 可获得界限抗裂强度 ($5000\mu\epsilon$) 的玻璃组成（第一微晶玻璃与第二微晶玻璃的混合比例）为 X 轴上的点 A。同样，金属基板 A 可获得必要抗裂强度 ($3000\mu\epsilon$) 的玻璃比例为点 B。

可知，这样，对于金属基板 A 而言，点 A 与点 B 之间的组分比例较适当（实际上，考虑到抗裂强度的测量偏差、玻璃组成或制造工序中的偏差，优选设置在点 A 与点 B 的中央附近）。而且，根据用户需求，基板材料、厚度、用途等多种多样。例如，对于金属基板 B 而言，玻璃比例在点 C 与点 D 之间可经最优化。

图 8 说明了构成 CCG 的多种玻璃材料的混合比例、此时的热膨胀系数、以及此时的熔解温度范围。在图 8 中，X 轴以 wt% 表示第一微晶玻璃与第二微晶玻璃彼此的混合比例。Y1 轴表示将 X 轴的组分的玻璃材料焙烧而制成的 CCG 的热膨胀系数。另外，由于热膨胀系数在测量温度范围内变化，所以较理想的是根据用途来实测出测量温度范围内的热膨胀系数。

而且，Y2 轴表示由 X 轴的组分的玻璃材料焙烧而制成的 CCG 的熔解温度范围，其对应于图 3 中的 Temp3 与 Temp4 之差。该熔解温度范围越广，可以使成为原材料的各种微晶玻璃粉熔解后结晶化直至变化成 CCG 为止的变化越慢。如图 8 所示，通过将多种玻璃材料混合，可以使热膨胀系数变化并且使熔解温度范围也扩大。

另外，对于由多种玻璃粉混合后同时焙烧而成的 CCG 而言，所混合的玻璃粉的比例较理想的是处于第一微晶玻璃：第二微晶玻璃 = 5: 95~95: 5 的范围。当第一微晶玻璃小于 5wt% 且第二微晶玻璃为 95~100wt% 时，由于作为 CCG 的熔解温度范围的放大或热膨胀系数的微调的比例受到限制，所以有时会无法获得 CCG 的作用和效果。

（实施方式 4）

在实施方式 4 中，说明多种微晶玻璃的混合。也就是说，如果将任意微晶玻璃进行混合，是无法形成本发明的 CCG 的。所谓微晶玻璃，是指在焙烧时产生种晶并结晶化且呈现出微晶玻璃特有的高强度、高耐久性的玻璃。因此，作为构成 CCG 的多种玻璃材料，在将具有完全不同的种晶的材料混合并结晶化后，有可能会阻碍结晶化或者无法获得特定的特性。

此时，为了构成稳定的 CCG，优选对于构成 CCG 的各微晶玻璃材料的种晶是共同的。在将多种不同组成的微晶玻璃混合并一起焙烧时，通过具有相互共同的种晶，可进行稳定的焙烧，而不会阻碍其结晶化。

接着，使用图 9 说明构成 CCG 的多种微晶玻璃的结晶构造。另外，对于微晶玻璃的结晶构造而言，较理想的是利用市售的 X 射线衍射装置(XRD，

X-ray Diffraction Apparatus) 来测量在特定温度下焙烧而成的微晶玻璃。所谓 XRD，是利用在向物质照射 X 射线时波动的衍射现象，而获得与物质中的原子及分子配位的周期性相关的信息的装置。如果将衍射面间隔设为 D，则通过 X 射线的衍射可仅在 $2D\sin\theta=n\lambda$ (布拉格衍射公式，n 为整数， λ 表示波长) 所表示的方向上确认强度，而在除此以外的场所变弱，从而无法观察到。因此，可用作结晶物质的鉴定方法。在本实施方式中，也通过使用 XRD，而用来鉴定构成 CCG 的各玻璃材料的种晶。

图 9A 中表示第一微晶玻璃的 XRD 结果。图 9B 中表示第二微晶玻璃的 XRD 结果。图 9A、图 9B 的 X 轴表示 2θ 。Y 轴表示信号强度 (Intensity)，大小为任意尺度。根据图 6A 及图 6B 的结果可判明，各微晶玻璃分别具有特有的峰值，并且在相同的 2θ 位置上具有共同的峰值。作为这样的共同种晶，较理想的是 $\text{BaMg}_2\text{SiO}_7$ 。在种晶为 $\text{BaMg}_2\text{SiO}_7$ 的情况下，在 2θ 为 19.7° 、 27.5° 、 34.8° 的位置上出现这样的峰值。

这样，在将多种微晶玻璃的粉体混合并成批焙烧而获得 CCG 时，优选如上所述的成为起始原料的微晶玻璃彼此具有共同种晶。这样，可以提高一起焙烧时的烧结稳定性，并且容易选择微晶玻璃的起始材料。

进一步详细说明。首先，在特定温度（较理想的是充分产生种晶的温度，具体而言，较理想的是大于等于图 4 所示的焙烧曲线 24 的峰值温度）下对各玻璃原料（第一微晶玻璃、第二微晶玻璃等）进行焙烧，形成各微晶玻璃。接着，利用 XRD，对这些微晶玻璃测量其各自固有的衍射图案。

另外，在将多种微晶玻璃焙烧而成的 CCG 中，较理想的是种晶具有 $\text{BaMg}_2\text{SiO}_7$ ，但无须仅限定为 $\text{BaMg}_2\text{SiO}_7$ 的元素比。可以是由构成表 7 所示微晶玻璃的基本元素所形成的种晶。例如可以是由 Ba 或 Mg 或 Si 的 B 这 3 元素内的 2 种或 2 种以上的元素所构成的种晶。

（实施方式 5）

在实施方式 5 中，使用图 10，说明提高使用了 CCG 的传感器的抗噪声特性的情况。图 10 是在 CCG19 的内部内置了内部电极 27 的传感器的剖面图。这样可以改善抗噪声特性。

尤其是，如本发明所述，对于在金属基板上形成有绝缘层的传感器而言，金属基板自身是由螺栓等而安装在乘用车的底盘等特定的构造体上。一般，这样的构造体有时会成为其他电路零件的共同 GND。因此，根据其他电路

零件的使用状况，有时 GND 自身的电压会变化，而导致高频信号会重叠在 GND 上。而且，由于 GND 电压有变化，结果大多会导致输出电压或输入电压等也受到影响。此时，如图 10 所示，在 CCG19 内部形成内部电极 27，并将其作为 GND，从而可以防止受到这样的影响。另外，考虑到成本，内部电极 27 优选的是由 1 层形成，但无须限于 1 层。也就是说，内部电极 27 可由 1 层或多个图案形成。并且，通过将内部电极 27 分割成多个部分，使其中一部分用于 GND 而使另一部分用于信号，从而使传感器小型化及抗噪声性。

另外，在图 10 中，形成在金属基板 11 与内部电极 27 之间的 CCG19 的厚度较理想的是 $10\sim100\mu\text{m}$ （也就是说，当在复合微晶玻璃 19 内部形成有内部电极 27 时，复合微晶玻璃的总厚度较理想的是 $20\sim200\mu\text{m}$ ）。另外，当 CCG19 的厚度小于 $10\mu\text{m}$ 时，由于金属基板 11 的表面粗糙的影响，在金属基板 11 与内部电极 27 之间绝缘电阻有时会下降。而且，形成在内部电极 27 与配线 20 或应变感应电阻器 13 之间的复合微晶玻璃 19 的厚度较理想的是 $10\sim100\mu\text{m}$ 。当小于 $10\mu\text{m}$ 时，受到玻璃糊状物或混入制造工序中的垃圾或异物等的影响，绝缘电阻有可能会下降。而且，当厚度超过 $100\mu\text{m}$ 时，由于 CCG19 的使用量增加，所以会增加产品的成本。

而且，作为内部电极 27，较理想的是以 $0.5\sim30\mu\text{m}$ 的厚度形成以 Ag 为主体的内部电极。当 Ag 的厚度小于 $0.5\mu\text{m}$ 时，焙烧后的电阻值会增加，所以有时无法充当内部电极。而且，当厚度大于等于 $30\mu\text{m}$ 时，材料费有时会影响到成本。

而且，也可以使金属基板 11 与内部电极 27 电连接。而且，也可以使金属基板 11 与配线 20 电连接。并且，可以使内部电极 27 与配线 20 电连接。在这样的连接中，可以使用形成在 CCG 上的通孔（图 10 中未图示）。

而且，通孔的大小较理想的是 $10\mu\text{m}\sim10\text{ mm}$ 。难以形成小于 $10\mu\text{m}$ 的通孔，而若形成超过 10 mm 的通孔有可能会影响到图案的集成密度。这样，使金属基板 11 或内部电极 27 穿过通孔而电连接于配线 20 的一部分，这样，当通过连接于配线 20 的连接器（未图示）而与外部进行信号交换时，可以达到防止噪声、使输出稳定等作用效果。

而且，在将内部电极 27 及 CCG19 同时焙烧时，较理想的是，在成为内部电极 27 的内部电极糊状物中，预先以粉末状态或糊状物状态添加一种或

一种以上的用于形成 CCG 的玻璃粉。通过这样的方式，可以防止在同时焙烧内部电极糊状物与用于形成 CCG 的 CCG 糊状物时由于收缩差而产生剥离或裂纹等问题。尤其对于 CCG 而言，即便扩大其熔解温度范围，但由于存在结晶温度，所以无法获得如一般的非晶质玻璃所具有的广温度范围。

也就是说，在小于 CCG 的熔解温度范围的低温区域中，如图 5 所示，各玻璃粉彼此仅仅是相互接触因此在强度上较弱。因此，当在该状态下内部电极糊状物烧结而收缩时，玻璃粉较弱的结合有可能会造成负面影响。因此，较理想的是，在小于该熔解温度的区域内，内部电极糊状物不会烧结收缩。因此，较理想的是，使用包含烧结开始温度较高的银粉的内部电极糊状物。

例如，在常规的以平均粒径小于 $1\mu\text{m}$ 的 Ag 粉作为主体的内部电极糊状物的情况下，由于烧结开始温度相对较低，所以与形成 CCG 的各玻璃粉彼此相互较弱地接触的小于熔解温度的区域相重叠，有可能会成为产生裂纹的一个原因。因此，较理想的是，使用将平均粒径较理想的是大于等于 $1\mu\text{m}$ 的 Ag 粉作为主体的内部电极糊状物。

进而，较理想的是，在平均粒径为 $1\sim 5\mu\text{m}$ 的范围内，选择粒度分布宽度较窄的 Ag 粉。这是因为，如果在 Ag 粉中含有小于 $1\mu\text{m}$ 的微细 Ag 粉时，其有可能会对内部电极的烧结开始温度造成负面影响。

(实施方式 6)

在实施方式 6 中，使用图 11 说明使用多种不同的 CCG 时的传感器。在图 11 中，在第一 CCG28 与第二 CCG29 之间形成有内部电极 27，但有时也可以根据传感器的使用状况而无须使用内部电极 27。而且，在形成内部电极 27 时，也可以无须在第一 CCG28 与第二 CCG29 的界面上形成，而可以在第一 CCG28 的内部或第二 CCG29 的内部形成。

这样，在传感器的厚度方向上形成多种 CCG，从而容易实现传感器自身构造的最优化设计。另外，在图 11 中，当将多种 CCG 层积成多层时，较理想的是，热膨胀系数大小的顺序设为金属基板 > 第一复合微晶玻璃 \geq 第二复合微晶玻璃。

当金属基板 11 的热膨胀系数小于 CCG28、29 时，有时会无法获得传感器所必需的抗裂强度。而且，较理想的是，如果将第一 CCG28 与第二 CCG29 的热膨胀系数进行比较，则两者的热膨胀系数相同，或者第一 CCG28 的热膨胀系数大于第二 CCG29 的热膨胀系数。这样，由于在第一 CCG28 与第二

CCG29 之间也产生压缩应力，所以可以提高传感器的耐力（yield strength，抗屈强度）。

（实施方式 7）

在实施方式 7 中，使用图 12，说明使用了 CCG 与非晶质玻璃这两者的传感器。如图 12 所示，通过至少将应变感应电阻器 13 形成在非晶质玻璃 30 上，可以改善应变感应电阻器 13 与第二 CCG29 的匹配情况。尤其是，形成常规的应变感应电阻器 13 的应变感应电阻糊状物，大多是以可在非晶质玻璃 30 上表现出其特性的方式而设计。这样，就常规的应变感应电阻器糊状物而言，也具有特有的特征，此时，可以设为图 12 所示的结构。作为常规的传感器，例如有时使用在金属基板 11 上直接形成非晶质玻璃 30 并在其上形成应变感应电阻器 13 的构造。在这样的常规构造的情况下，由于对绝缘层使用非晶质玻璃，所以有时会导致强度不足。这样，在常规的传感器构造（例如，在金属基板 11 上直接形成非晶质玻璃 30，并难以在其上形成配线 20 或应变感应电阻器 13 的情况）中难以将内部电极内置于非晶质玻璃中。这是因为，在非晶质玻璃中形成内部电极之后，在形成配线 20 或应变感应电阻器 13 时进行热处理之后，有时非晶质玻璃再次受到软化，而会在内部电极 27 之间产生剥离或裂纹。另外，在微晶玻璃中内置内部电极时，由于微晶玻璃在后续工序中不再受到软化，所以不会产生这样的问题。此时，通过重新选择图 12 的构造，可以在内部形成内部电极，并且进而能够防止第二微晶玻璃 29 与应变感应电阻器 13 的相互扩散等。接着，使用表 9，说明对于此时所使用的应变感应电阻器的匹配性较高的非晶质玻璃的组成。

[表 9]

玻璃成分	非晶质玻璃的成分 (wt%)
SiO_2	40—80
CaO	5—15
PbO	3—15
Al_2O_3	1—20
ZrO_2	1—20

在将 RuO_2 作为应变感应电阻器时，多数情况下在应变感应电阻器中添加有 PbO 系的玻璃材料。因此，通过在作为应变感应电阻器的基层中含有固

定量的 PbO，可以容易地发挥出应变感应电阻器的特性。而且，通过将 SiO₂ 作为主体，可以提高玻璃的强度或绝缘性。进而，通过在其中添加 CaO 或 Al₂O₃、PbO，可以提高玻璃的烧结性或流动性。进而，较理想的是，其中含有固定量的 ZrO₂。即便对于 SiO₂（热膨胀系数为 0.5 ppm/°C，较小）较多的非晶质玻璃的成分而言，通过在其中添加 Al₂O₃（热膨胀系数为 8.1 ppm/°C），可以将热膨胀系数提高至金属基板的水平。

进而，为了提高热膨胀系数，通过添加弹性也优良且热膨胀系数比 Al₂O₃ 更大的 ZrO₂（热膨胀系数为 10.4），可以进一步使非晶质玻璃的热膨胀系数与金属基板相匹配。另外，如果 Al₂O₃ 或 ZrO₂ 的添加量过多，则有可能会对玻璃的烧结温度或熔解时的流动性造成负面影响。

另外，关于非晶质玻璃的成分，较理想的是使用如表 9 所示的包含以下成分的非晶质玻璃，即 SiO₂ 为 40~80wt%，CaO 为 5~15wt%，PbO 为 3~15wt%，Al₂O₃ 为 1~20wt%，ZrO₂ 为 1~20wt%。如果 SiO₂ 小于 40wt%，则有时会对烧结性造成影响。而且，如果 CaO 小于 5wt%，则也时候会对烧结性造成影响。而且，如果 PbO 小于 3wt%，则有时会对形成于其上的应变感应电阻器的电阻值或 GF（Gauge Factor，量规因数，是指相对于应变的电阻值的变化率。GF 的值越高，作为应变感应电阻器的感度就越高，所以较理想的是 GF 的值较高）造成影响。而且，如果 Al₂O₃ 的添加量小于 1wt%，则由于在作为基层的 CCG 中也含有 Al₂O₃，所以有时会对相互的匹配性造成影响。而且，如果 ZrO₂ 小于 1wt%，则非晶质玻璃的热膨胀系数有时会变低。而且，如果 SiO₂ 的含量超过 80wt%，则玻璃的熔解温度有时会过高。而且，如果 CaO 的含量超过 15wt%，则有时会对玻璃的烧结性造成负面影响。而且，如果 PbO 的含量超过 15wt%，则有时会对形成于其上的应变感应电阻器的特性造成负面影响。而且，如果 Al₂O₃ 的含量超过 20wt%，则有时玻璃的烧结性会受到影响，从而会影响玻璃表面的平滑性。而且，如果 ZrO₂ 的含量超过 20wt%，则与 Al₂O₃ 同样，有时玻璃的烧结性会受到影响，从而会影响玻璃表面的平滑性。而且，也可以视需要而在非晶质玻璃中加入 B₂O₃。

尤其，当在应变感应电阻器的基底中使用了非晶质玻璃的情况下，在应变感应电阻器焙烧时有可能会导致基底的非晶质玻璃再熔解（或再软化）。因此，当基底为非晶质玻璃时，与应变感应电阻之间的匹配性有时较为重要。

另外，如果 SiO_2 小于 40wt%，则有时会对非晶质玻璃的电气特性造成影响。而且，如果 SiO_2 超过 80wt%，则烧结温度有时会变高。而且，如果 PbO 较少、小于 3wt%，则包含 PbO 玻璃的应变感应电阻器的特性有时会受到影晌。而且，如果 PbO 超过 20wt%，则熔解温度有时会变低。

而且，非晶质玻璃层（对应于图 12 的非晶质玻璃 30）的厚度较理想的是 5~50 μm 。如果非晶质玻璃层的厚度小于 5 μm ，则有时会受到非晶质玻璃的针孔（pinhole）或砂眼（几微米的微细空隙）的影响。而且，如果厚于 50 μm ，则非晶质玻璃的材料费有可能会影响到成本。

（实施方式 8）

在实施方式 8 中，使用图 13 说明应变感应电阻与 CCG 的匹配状况。图 13 是非晶质玻璃与 CCG 的匹配得到了改善的传感器的剖面图。第三 CCG31 是将第一 CCG28 及非晶质玻璃 30 同时焙烧而形成的。这样，较好的是，视需要而形成将微晶玻璃及非晶质玻璃同时焙烧而成的第三 CCG31。这样，可以对形成在第三 CCG31 上下的第一 CCG28 与非晶质玻璃 30 的材料进行匹配。当难以对非晶质玻璃 30 与 CCG 进行匹配时，通过这样在中间层中形成第三 CCG31，可以使相互的热膨胀系数匹配，因此，容易对构成传感器的各种构件的应力分布进行最优化设计。

而且，通过形成这样的中间层，使得容易将第一 CCG28、与由非晶质玻璃 30 等多种不同的材料所形成的多种玻璃层成批焙烧，从而降低产品的制造成本。这样，在将由多种不同的材料所形成的多种玻璃层一起焙烧时，也可以吸收因各层所固有的软化温度、结晶化的有无等的不同而引起的烧结收缩特性上的差异。结果，容易使产品的制造工序稳定，从而可以稳定地制造产品。

另外，第三 CCG31 的形成是通过以下方式来进行的，即，以特定比例将形成第一 CCG28 的第一 CCG 糊状物、及形成非晶质玻璃 30 的非晶质玻璃糊状物混合，将其印刷成特定形状并进行焙烧。

这样，在第一 CCG28 与非晶质玻璃 30 之间形成第三 CCG31，从而使第三 CCG31 作为一种缓冲层而发挥功能，因此可以减小将这些构件一起焙烧时产生的热应力。

另外，较理想的是，与金属基板 11 接触的 CCG 部分的结晶化率大于等于 40%且小于等于 99%。通过将接触于金属基板 11 的部分的 CCG 的结晶化

率设为大于等于 40%，即便在后续工序（例如，配线 20 或应变感应电阻器 13 的焙烧）中再次进行焙烧工序，由于结晶化率较高，所以不会再熔解而能够确保强度。如果结晶化率小于 30%，则在后工序中实施焙烧工序时，即便是 CCG，未结晶化的部分也有可能再熔解。而且，根据金属基板 11 的种类，在加工时有时会存在残留应变等，金属基板 11 及与金属基板 11 接触的 CCG 的粘接强度也有可能会受到影响。而且，如果使 CCG 的结晶化率高于 99%，则结晶化会过于强烈。结果，将结晶化条件不同的构件混合并扩大了结晶化范围，难以拓宽焙烧工序的稳定条件。

另外，结晶化率可以使用 XRD 来进行评价，但也可以通过利用 SEM (Scanning Electron Microscope, 扫描型电子显微镜) 来观察样品的剖面而进行评价。对于非晶质玻璃而言，即便在倍率为 100 倍至 1 万倍左右的范围内对剖面进行元素映射，也可以均匀地检测出各种元素。然而，对于微晶玻璃而言，可观察出其剖面是分别具有固有组成的微细结晶体的复合体。因此，如果以容易制造结晶体的元素（例如，Mg、Si、Ba、Al）进行映射，则可以观察到剖面是这些元素的岛状集合体。此时，可以将这样的偏析的部分的面积（其对应于结晶化部分）与所有元素均匀的部分（其对应于非晶质部分）的面积的比率作为结晶化率。

而且，较理想的是，结晶化成 CCG 的玻璃结晶的大小为 $0.1\sim20\mu\text{m}$ 。如果玻璃结晶的大小小于 $0.1\mu\text{m}$ ，则有时会因过小而无法获得微晶玻璃的特性。而且，如果超过 $20\mu\text{m}$ ，则在晶粒成长时，晶体的大小有可能会对 CCG 的厚度造成影响。因此，较理想的是，晶体的大小（直径或长度）设为由 CCG 构成的绝缘层厚度的 $1/3$ 或小于 $1/3$ 。

(实施方式 9)

在实施方式 9 中，使用图 14、图 15 说明 CCG 与金属基板的匹配状况。图 14 是使用了 CCG 的传感器的剖面图，在金属基板 11 上形成有孔 32。通过这样在金属基板 11 上形成多个孔 32，可以将传感器牢固地固定在其他构造体上。另外，考虑到成本方面，较理想的是，孔 32 是在形成 CCG 等之前利用冲压等方法一起形成的。因此，CCG19 的形成大多是对已完成加工（与传感器用途相对应的复杂的外形或孔 32 的冲压加工）的金属基板 11 进行的。然而，这样的金属基板 11 大多会残留着加工时的复杂的应变，进而该应变也会根据金属基板的位置（距离孔 32 较近、较远等）而不同。

图 15 是表示残留着应变的金属基板的翘曲的剖面示意图。在图 15 中，设置在台 33 上的金属基板 11 残留有因孔 32 的加工或金属基板的外形冲压（未图示）而造成的应变，所以有时在台 33 上会呈现出形状复杂且微小的翘曲。这样的翘曲可以通过各种机械性处理而缩小，但难以使其完全消除。

因此，有时会残留几微米至几十微米，视情况还会有几百微米的起伏。进而，当在金属基板 11 上一体形成 CCG19 时，这样的起伏有时会带来各种复杂的影响。而且，通过针对这样的起伏而使用 CCG，可以减少起伏并改善传感器的易操作性。

进而，使用图 14，详细说明在孔 32 的周围形成 CCG19 而减少孔 32 附近的翘曲的情况。首先，金属基板是使用热膨胀系数为 $125 \text{ ppm}/\text{C}$ 的材料制成的。接着，作为构成 CCG 的第一微晶玻璃粉，以特定比例将 $120 \text{ ppm}/\text{C}$ 的材料（属于 $\text{MgO-B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系，且转移点为 630°C 的微晶玻璃）与 $100 \text{ ppm}/\text{C}$ 的材料（属于 $\text{MgO-B}_2\text{O}_3$ 系，且转移点为 650°C 的微晶玻璃）混合，使该混合物分散到树脂溶液中而制成 CCG 糊状物。继而，如图 14 所示，使其在孔 32 的周围也形成为 CCG19。这样，在金属基板 11 的孔的周边也产生因 CCG19 与金属基板 11 的热膨胀系数的不同而产生的应力。通过该应力，可以将孔 32 周围的翘曲降低至处理前的一半或一半以下，结果，可在低扭曲的情况下提高传感器输出的线性。

另外，无须在孔 32 的整个周围形成 CCG19。在孔 32 的附近不形成 CCG19，从而可以使用螺栓或螺母而容易地固定。这是因为，在设计上使用螺栓或螺母而固定的部分大多不会受到金属基板 11 的微小的翘曲或扭曲的影响。另一方面，对于会影响到应变输出的部分（尤其是形成有应变感应电阻器的附近）而言，较理想的是，在尽可能（不仅是应变感应电阻器的正下方，而且在金属基板 11 的周边）广的范围内形成 CCG19。这样，CCG19 可以利用热膨胀系数的不同而减小因金属基板 11 所引起的微小应变，从而可以进一步提高传感器输出的稳定程度。

另外，CCG19 的表面由外涂层 14 所覆盖，从而可以提高 CCG 材料的各种可靠性。另外，作为外涂层材料，可以使用将低熔点的玻璃材料或陶瓷粉等作为填充物而添加的硬化性树脂材料。而且，在使用这样的硬化性树脂时，外涂层的厚度较理想的是 $10\mu\text{m} \sim 10 \text{ mm}$ 。如果外涂层的厚度小于 $10\mu\text{m}$ ，

则有时无法获得特定的可靠性。而且，如果厚度超过 10 mm，则有可能会导致产品的成本上升。

而且，可以使用玻璃作为外涂层材料。此时，较理想的是使用含有 50~95wt% PbO 的玻璃材料。如果 PbO 的含量小于 50wt%，则外涂层材料的软化点会变高，从而有时会对应变感应电阻器的特性造成影响。而且，如果 PbO 的含量大于等于 95wt%，则玻璃容易变得易于流动，从而有时会对用来安装芯片零件或半导体等的窗（焊接用焊盘）的尺寸形状造成影响。

而且，外涂层材料的焙烧温度较理想的是 300~750°C。如果焙烧温度小于 300°C，则有时难以获得充分的气密性。而且，如果焙烧温度高于 750°C，则玻璃变得易于流动，从而有时会对用来安装芯片零件或半导体等的窗（焊接安装部分）的尺寸形状造成影响。

而且，外涂层玻璃的厚度较理想的是 10~300μm。如果小于 10μm，则有可能会产生针眼等。而且，如果厚度超过 300μm，则有时会对产品的材料成本造成影响。而且，也可以视需要而设有多层外涂层。例如，可以印刷第一外涂层玻璃，再在其上印刷第二外涂层玻璃，将这些多层外涂层一起焙烧，从而形成外涂层玻璃。这样，通过使外涂层玻璃为多层，可以抑制针眼的产生，所以可降低产品的成本并提高其可靠性。此时，也对于多层外涂层玻璃共同地将 PbO 含量设为 50~95wt%，从而可以一起焙烧。而且，通过改变多层玻璃的 PbO 含量或除此以外的玻璃成分（SiO₂ 或 TiO₂、Cr₂O₃ 等），而可以分别将相应于基底的濡湿性、熔解时的濡湿扩展性等最优化，所以可以实现产品的高品质化。

（实施方式 10）

在实施方式 10 中，使用图 16 说明在金属基板上隔着 CCG 及非晶质玻璃而形成应变感应电阻器的情况。图 16 是表示将 CCG 及非晶质玻璃用于绝缘层的传感器的剖面图。在金属基板 11 上，形成厚度为 10~100μm 的 CCG19，进而在其上形成厚度为 10~100μm 的非晶质玻璃 30。而且，在非晶质玻璃 30 上形成配线 20 或应变感应电阻器 13，且配线 20 或应变感应电阻器 13 由外涂层 14 覆盖。

这样，在金属基板 11 与配线 20 或应变感应电阻器 13 之间，形成由多层 CCG19 及非晶质玻璃 30 所构成的绝缘层，从而可以提高金属基板 11 与配线 20 或应变感应电阻器 13 之间的绝缘电阻。结果，在将金属基板 11 安

装于乘用车的底盘等上时，可以提高与底盘等的绝缘性，所以可以使传感器输出稳定。

尤其是，当在金属基板 11 上仅隔着非晶质玻璃 30 而形成配线 20 或应变感应电阻器 13 时，非晶质玻璃 30 会因形成配线 20 或应变感应电阻器 13 时的热处理而软化，从而有可能会导致绝缘性下降。然而，如果使用图 16 所示的构造，则即便将软化点较低的材料用作非晶质玻璃 30，进而即便使用形成温度较高的材料作为配线 20 或应变感应电阻器 13，复合微晶玻璃 19 也不会在这样的温度范围内熔解或软化，所以不会导致绝缘性下降。

另外，金属基板 11 的大小可以在几毫米见方至几十厘米见方的范围内自由选用。而且，在测量较大基材的应变时，如图 14 所示，可以使用形成在金属基板 11 上的孔 32，而将传感器螺固在较大的基材上。

(实施方式 11)

在实施方式 11 中，使用图 17 说明在 CCG 中添加陶瓷粉而制成复合玻璃的情况。图 17 是表示将 CCG 及陶瓷粉同时焙烧而成的复合玻璃的放大剖面的示意图。陶瓷粉 34 在分散于 CCG19 中的状态下，与 CCG19 一体化而形成复合玻璃 35。这样，将陶瓷粉作为一种填充物而添加到 CCG 中，从而可以降低 CCG 的成本，或者能够提高其强度或可靠性。进一步进行详细说明。陶瓷粉较理想的是铝、镁、锆、钙、硅的氧化物或氢氧化物。可以使用这些氧化物（视情况，如果是氢氧化物，也会在焙烧中转化成氧化物）。这样的构件的一部分也存在于 CCG 中，但作为陶瓷粉而添加时也能够调整热膨胀系数等。另外，由于这样的陶瓷粉是作为氧化物或氢氧化物而添加的，所以在所制成的复合玻璃中，可以容易地区别出陶瓷粉 34 与 CCG。例如，如果利用 XMA 等对复合玻璃的剖面进行元素分析，经检测可知，陶瓷粉 34 是由单一金属（例如，Al、Mg、Ca、Si 等）及氧所构成的 2 成分系的粉（或块）。另一方面，经检测可知，CCG19 是如表 8 等所示的 3 成分或 3 成分以上的组成。这样，可以区别复合玻璃中的微晶玻璃成分与陶瓷粉。

另外，复合玻璃的形成较理想的是，与构成 CCG 的多种玻璃粉同时使用由陶瓷粉分散到树脂溶液中而成的复合玻璃糊状物。通过在金属基板上焙烧这样的复合玻璃糊状物，可以在金属基板上形成均匀的复合玻璃。而且，通过使添加到复合玻璃糊状物中的陶瓷粉均匀地分散在复合玻璃糊状物中，

也能够缓和玻璃粉熔解或结晶化时的急剧的温度变化（吸热、发热）。这样，在特定的金属基板 11 上焙烧该复合玻璃糊状物，从而可以形成复合玻璃。

另外，陶瓷粉 34、或者氧化物粉或氢氧化物粉的平均粒径较理想的是 $0.1\sim10\mu\text{m}$ 。如果陶瓷粉 34 的平均粒径小于 $0.05\mu\text{m}$ ，则陶瓷粉 34 会变得昂贵，且有时难以将其作为复合玻璃糊状物的一个成分而均匀分散。而且，如果陶瓷粉 34 的平均粒径大于等于 $15\mu\text{m}$ ，则其大小有时会影响到复合玻璃层的厚度。而且，构成 CCG 的多种玻璃粉的平均粒径较理想的也是 $0.5\sim10\mu\text{m}$ 。

如果玻璃粉的平均粒径小于 $0.3\mu\text{m}$ ，则有时难以使玻璃粉彼此均匀地分散。尤其是，在使用单一的玻璃粉时，即便平均粒径为 $0.1\sim10\mu\text{m}$ 也可以使用。这是因为， $0.1\sim0.3\mu\text{m}$ 左右的细玻璃粉（玻璃粉在小于 $0.5\mu\text{m}$ 时容易凝聚）会形成 $5\sim10\mu\text{m}$ 左右的凝聚体，只要进行焙烧就可获得均匀的（相同）微晶玻璃。

另一方面，对于本发明的 CCG 而言，是将不同的玻璃粉同时焙烧而成的，所以较理想的是，如图 5 所示，第一微晶玻璃粉 25 与第二微晶玻璃粉 26 更均匀地混合、分散。因此，平均粒径较理想的是大于等于 $0.5\mu\text{m}$ 。而且，当玻璃粉的平均粒径超过 $10\mu\text{m}$ 时，除了 CCG 的厚度以外，玻璃粉的粒径也会受到影响（当平均粒径超过 $10\mu\text{m}$ 时，有可能会含有粒径为 $20\mu\text{m}$ 或 $30\mu\text{m}$ 大小的玻璃粉）。另外，复合玻璃中的陶瓷粉的含量较理想的是 $3\sim30\text{wt\%}$ 。或者，相对于 100 重量份的微晶玻璃粉 100，陶瓷粉的添加量较理想的是 1~30 重量份。如果陶瓷粉的含量不足 1 重量份，则有时陶瓷粉的添加效果会过少。而如果超过 30 重量份，则复合玻璃中 CCG 所占的含量会相应下降，因此，所制成的复合玻璃的烧结性会较差。

而且，在图 1、图 10、图 11、图 12 所示的传感器的剖面构造图中，关于 CCG，优选的是由 CCG 及陶瓷粉所构成的复合玻璃。这样，可以使用市售的廉价陶瓷粉，所以能够节省传感器的材料成本。

另外，金属基板的大小可以在几毫米见方至几十厘米见方的范围内自由选用。而且，在测量较大基材的应变时，如图 14 所示，可以使用形成在金属基板 11 上的孔 32，而将本传感器螺固在较大的基材上。

（实施方式 12）

在实施方式 12 中，说明应变感应电阻。作为本发明中所使用的应变感应电阻，较理想的是使用 PbO 作为电阻体材料并使其分散到以 PbO 或 SiO₂

为主体的玻璃中而形成的应变感应电阻。另外，作为应变感应电阻，较理想的是含有5~50wt%的氧化钉。如果氧化钉小于5wt%，则有时无法获得特定的电阻值。而且，在氧化钉的含量超过50wt%时，电阻值也会变得过低，有时甚至会增加材料成本。

而且，氧化铅（PbO）的含量较理想的是20~70wt%。如果氧化铅的含量小于20wt%，则有时无法获得特定的特性。而且，如果氧化铅的含量超过70wt%，则由于RuO₂或其他添加剂的添加量相对变少，所以有时无法获得应变感应电阻的特定特性。而且，较理想的是，视需要而以小于等于1~20wt%的比例添加SiO₂。如果SiO₂的添加量小于1wt%，则有时会无法获得应变感应电阻的特定特性。而且，如果SiO₂的比例超过20wt%，则有时会对烧结性造成影响。而且，除此以外，以1~40wt%的比例添加B₂O₃也较好。如果B₂O₃的添加量小于1wt%或者大于等于40wt%，则有时会无法获得特定的GF值。另外，在这样的成分分析中，可以使用荧光X射线分析或被称为ICP-AES的一般的材料分析方法。而且，通过使这样的氧化钉或PbO等的粉末分散到树脂溶液中，可以制成应变感应电阻糊状物。另外，这样的应变感应电阻糊状物的焙烧温度较理想的是500~950℃。如果电阻体糊状物的焙烧温度小于500℃，则脱胶会不充分，导致有时会影响到电阻器的特性。而且，如果将电阻体的焙烧温度设为大于等于950℃，则有时电阻体的特性会变得不稳定。

另外，应变感应电阻器13通过配线20而构成特定的桥接电路。此时，使用多个应变感应电阻器13，较理想的是使用4个应变感应电阻器13而形成惠斯通电桥。此时，较理想的是，多个应变感应电阻器13的电阻值彼此接近。尤其是，通过使彼此的电阻值处于±5%的范围内，而容易构成桥接电路。如果彼此的电阻值超过±5%的范围，则有时桥接电路的稳定性会受到影响。另外，此处电阻值的范围是多个电阻体平均值的变差（以公式 $3\sigma/x$ 表示所述变差， σ 为标准方差， x 为平均值）较理想的是也同样在±5%范围内。通过使电阻值的变差小于等于5%，可以提高产品的良率。

（实施方式13）

以下，参照图式说明本发明的实施方式13。

在实施方式13中，说明使用了图1所示的CCG的应变传感器的制造方法。首先，制作具有不同结晶温度的多种微晶玻璃粉。此处，说明构成CCG

的各玻璃粉的均匀分散及其成型方法。为获得均匀的 CCG，较理想的是，在金属基板上，在均匀的状态下将组成不同的各玻璃粉均匀地形成特定形状。

作为这样的形成方法，较理想的是如下所述的形成方法，即，将玻璃粉分散到特定的树脂溶液中，将其制成玻璃糊状物，使用丝网印刷等方法以特定形状直接涂覆到金属基板上并使其干燥，之后，在特定温度下进行焙烧。此时，作为玻璃糊状物，也可以根据玻璃粉的种类或生产编号，制成多种玻璃糊状物，称量这些制成的多种玻璃糊状物（包含各种不同的玻璃粉）并进行混合。这样，将多种玻璃糊状物彼此混合，从而可以制成所期望的 CCG 糊状物。

而且，在制作玻璃糊状物时，也可以从最初开始以特定比例称量多种玻璃粉，并将其分散到特定的树脂溶液中，从而制成 CCG 糊状物。尤其，对于 CCG 而言，必须使不同的微晶玻璃粉彼此均匀分散。如果该分散不均匀，则所制成的 CCG 中的结晶有可能会产生沉积不均或密度不均。

而且，考虑到印刷时的操作简易性，作为用于 CCG 糊状物的有机溶剂，较理想的是在基于消防法进行危险物划分中，在第四类危险物中选择第二类石油或第三类石油（其中，考虑到处理的容易性，较理想的是第三类石油，第四类石油因干燥过慢而会使生产性受到影响）。进一步而言，较理想的是使用被划分为第三类石油的非水溶性液体的物质。作为这样的溶剂，较好的是 BCA (Butyl Carbitol Acetate, 二甘醇丁醚醋酸酯) 或 α -萜品醇等有机溶剂。在如被划分为第三类石油的水溶性液体的物质内的例如 BC (Butyl Carbitol, 二甘醇二乙醚) 的水溶性液体的情况下，有可能其自身会混入水，或在保存期间吸湿。结果，有时 CCG 糊状物的有效期会缩短。以下，对此进一步详细说明。

首先，选择多种如表 8 所示的 MgO - B_2O_3 - SiO_2 系微晶玻璃粉。首先，在熔解炉中将特定的原料粉末高温熔解，使其骤冷、研磨并分类，以使其不会结晶化。另外，分类较理想的是利用空气（风）来进行。在湿式分类时，玻璃粉有可能会吸湿而硬化、凝聚。这样，可制成不同调配比的多种微晶玻璃粉。而且，这些微晶玻璃粉的平均粒径为 $2\sim10\mu m$ 左右。

在制造玻璃糊状物时，平均粒径较理想的是小于等于 $10\mu m$ 。如果小于 $2\mu m$ ，则研磨成本或分类的产量 (yield) 有时会对成本造成影响。而且，如

果平均粒径大于等于 $20\mu\text{m}$ ，则有可能会残留有几十微米的大玻璃粒子，这样大小的粒子在将玻璃糊状物丝网印刷成特定图案时，有可能会引起网眼堵塞。

以特定形状将这样制成的玻璃糊状物印刷在金属基板上，并进行焙烧，从而形成 CCG19。

尤其，如本发明般在金属弹性体上形成 CCG 作为绝缘玻璃时，由于金属自身的热膨胀系数较大（例如，在 SUS430 中为 $10.4 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ，在 SUS304 中为 $17.3 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ ），所以必须使 CCG 的热膨胀系数较大。为达成这样的目的，较理想的是包含 MgO 或 BaO 、 Al_2O_3 等热膨胀系数较大的元素。然而，在这样的构成构件（例如 BaO 的吸湿性较高，因而被用作干燥剂）中，吸湿性较高的构件较多。进而，由于会吸湿，成为 CCG 糊状物的原料粉的微晶玻璃粉自身有时会吸湿而硬化。作为这种情况的对策，较理想的是，使用吸湿性较小的溶剂，具体而言是使用与水的相溶性较小的有机溶剂作为构成 CCG 糊状物的溶剂。

使用 3 个滚筒，将以所述方式构成的玻璃分散到将乙基纤维素溶解于有机溶剂中而成的树脂溶液中，制成 CCG 糊状物。接着，使用丝网印刷机，以特定图案将该 CCG 糊状物印刷到金属基板上，使其在 200°C 的温度下干燥。

接着，将其放置到 MCF 中，在峰值温度 850°C 、进/出 60 分钟的氧化环境中进行焙烧。这样，将多种微晶玻璃一起焙烧，从而形成如图 1 所示的 CCG19。接着，在其上以特定图案印刷市售的电极糊状物并进行焙烧，从而形成如图 1 所示的配线 20。再接着，以特定图案印刷应变感应电阻糊状物并进行焙烧，从而形成如图 1 所示的应变感应电阻器 13，而连接于多根配线 20 之间。进而，以覆盖整个应变感应电阻器 13 及配线 20 的一部分的方式，形成外涂层 14。接着，最后安装半导体芯片或各种芯片零件或连接器，从而制成应变传感器。

在本发明中，是以特定比例将多种微晶玻璃粉混合并一起焙烧而形成 CCG 的，所以可以提高相对于金属基板 11 的烧结密接性。这样，可以提高应变传感器的耐力且可实现低成本化。另外，关于多种微晶玻璃粉，除了结晶温度不同的微晶玻璃粉以外，也可以使用热膨胀系数在小于等于 100×10^{-7} 的范围内不同的微晶玻璃粉。此时，在本发明中，是以特定比例将多种微晶

玻璃粉混合并一起焙烧而形成 CCG 的，所以对于具有多种热膨胀系数的金属基板 11 而言也可以将热膨胀系数最优化。这样，可以提高应变传感器的耐力且可实现低成本化。

另外，此处，微晶玻璃粉的平均粒径较理想的是 $0.5\sim20\mu\text{m}$ 。如果制作平均粒径小于 $0.5\mu\text{m}$ 的微晶玻璃粉，则会产生研磨费用或分类费用，所以有时会对产品成本造成影响。而且，如果平均粒径大于等于 $20\mu\text{m}$ ，则有时会对烧结物的均匀性造成影响。而且，多种微晶玻璃粉的平均粒径之差较理想的是小于等于 $5\mu\text{m}$ 。如果平均粒径之差超过 $5\mu\text{m}$ ，则有时会对 CCG 糊状物的均匀性或烧结物的均匀性造成影响。

另外，多种微晶玻璃的结晶温度之间的差较理想的是小于等于 50°C 。如果结晶温度之差超过 50°C ，则有时会对烧结物的均匀性造成影响。

而且，玻璃糊状物干燥后的厚度较理想的是 $15\sim250\mu\text{m}$ 。如果在该范围内，则所述玻璃糊状物焙烧而成的 CCG 的厚度成为 $10\sim200\mu\text{m}$ ，从而可以获得特定的特性。如果玻璃糊状物干燥后的厚度小于 $15\mu\text{m}$ 或者焙烧后的微晶玻璃的厚度小于 $10\mu\text{m}$ ，则有时会受到针眼等的影响。而且，如果玻璃糊状物干燥后的厚度超过 $250\mu\text{m}$ 或者焙烧后的微晶玻璃的厚度超过 $200\mu\text{m}$ ，则这些材料的材料费有时会对产品成本造成影响。

另外，CCG 糊状物中的微晶玻璃粉的浓度较理想的是 $40\sim80\text{wt}\%$ 。如果 CCG 糊状物中的微晶玻璃粉的浓度小于 $40\text{wt}\%$ ，则有时会在所制成的 CCG 中容易产生砂眼。而且如果超过 $80\text{wt}\%$ ，则糊状物的流动性、整平性、印刷性有时会受到影响。

而且 CCG 糊状物的粘度较理想的是，在转差速度为 $1\sim100\text{ /s}$ (/s 为转差速度的单位，是秒=second 的倒数) 的范围内为 $100\sim2000$ 泊。如果转差速度小于 $1/\text{s}$ ，则难以高精度地测量粘度。而且，如果转差速度超过 100 /s ，则即便使用锥板型流变仪，锥与板之间容易进入空气，从而也难以高精度地测量粘度。而且如果粘度小于 10 泊，则难以在金属基板 11 上进行高精度的图案印刷 (粘度较低，图案会蔓延或变得模糊)。而且如果粘度超过 200 泊，则粘度会过高而容易产生由经过丝网印刷后的网眼所引起的针眼，甚至有时会难以进行整平。

另外，在本实施方式中，对于多种微晶玻璃而言，只要结晶温度、热膨胀系数、转移点温度中至少有一个不同即可。例如，如果热膨胀系数在小于等于 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 的范围内不同，则结晶温度或转移点温度可以无差别。

(实施方式 14)

在实施方式 14 中，说明图 10 所示的内置有内部电极的应变传感器的制造方法。首先，准备具有不同结晶温度的多种微晶玻璃粉末。接着，将其分散到树脂溶液中而制成玻璃糊状物，之后，如图 10 所示，以特定形状印刷到金属基板 11 上并进行干燥。进而，在其上将成为内部电极的市售的以 Ag 为主体的电极糊状物印刷成特定形状并进行干燥。

接着，以覆盖该电极糊状物的方式，印刷所述玻璃糊状物并进行干燥。这样，在形成由玻璃糊状物及电极糊状物所构成的层积体之后，对这些多层一起进行焙烧。此后，如图 10 所示，形成配线 20 或应变感应电阻器 13，进而形成外涂层 14。并且最后安装半导体或各种芯片零件或连接器等。

通过测量这样制成的样品的噪声特性，可判定其抗噪声性高于图 1 所示的构造体。这样，例如将配线 20 的一部分连接于内部电极 27，可以降低配线的阻抗，所以能够减少由 EMI (ElectroMagnetic Interference, 电磁干扰) 所引起的电压波动。另外，通过使内部电极 27 从金属基板 11 上电性悬浮，也可以防止来自金属基板 11 的噪声的混入。另外，内部电极的厚度较理想的是 $0.5\sim30\mu\text{m}$ 。如果内部电极的厚度小于 $0.5\mu\text{m}$ ，则烧结后的电极会容易断线，所以有时无法获得抗噪声效果。而且，如果厚度超过 $30\mu\text{m}$ ，则有时会对产品成本造成影响。而且，内部电极较理想的是使用由以银为主体的导电粉末分散到树脂溶液中而成的电极糊状物。而且，内部电极的焙烧温度较理想的是 $500\sim950^{\circ}\text{C}$ 。通过在该温度范围内焙烧内部电极，可以同时也对邻接于内部电极而形成的 CCG 粉进行焙烧，所以可以抑制焙烧成本。而且，连接于应变感应电阻的配线 20 也可以使用由以银为主体的导电粉末分散到树脂液中而成的电极糊状物。

通过在 $500\sim950^{\circ}\text{C}$ 的温度下焙烧这样的电极糊状物，可以与邻接的玻璃材料或应变感应电阻一起进行焙烧，从而可降低焙烧成本。另外，作为配线 20，通过将银作为主体，并在 $5\sim20\text{wt\%}$ 的范围内添加钯 (Pd)，可以防止安装零件时造成的焊料损失。或者，通过同样在 $5\sim20\text{wt\%}$ 的范围内添加铂 (Pt)，可以提高使用无铅焊料时的焊料安装性。另外，如果 Pd 或 Pt 的比例小于

5wt%，则有时防止焊料损失的效果会较低。而且，虽然 Pd 或 Pt 的添加比例越多焊接性会越好，但如果 Pd 或 Pt 的比例超过 20wt%，有时也会对材料费造成影响。

另外，多种微晶玻璃的结晶温度之间的差较理想的是小于等于 50℃。如果结晶温度之差超过 50℃，则有时会对烧结的均匀性造成影响。而且，通过在 CCG 或非晶质玻璃中添加固定量的共同元素（例如， SiO_2 、 Al_2O_3 ），可以将由这样的不同种材料所构成的多层一起焙烧，从而可抑制制造成本。另外，在本实施方式中，对于多种微晶玻璃而言，只要是结晶温度、热膨胀系数、转移点温度中至少有一个不同即可。例如，如果热膨胀系数在小于等于 $100 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ 的范围内不同，则结晶温度或转移点温度可以无差别。

（实施方式 15）

在实施方式 15 中，说明图 12 所示的应变传感器的制造方法。首先，准备具有不同结晶温度的多种微晶玻璃粉末。接着，将其均匀分散到树脂溶液中而制成 CCG 糊状物。而且，将非晶质玻璃粉均匀分散到树脂溶液中，而制成非晶质玻璃糊状物。首先，以特定形状将 CCG 糊状物印刷到金属基板 11 上并进行干燥。接着，在其上以特定形状印刷形成内部电极 27 的电极糊状物并进行干燥。然后，在其上将所述 CCG 糊状物印刷成特定形状并进行干燥。再接着，在其上将所述非晶质玻璃糊状物印刷成特定形状并进行干燥，对这些多层一起进行焙烧。接着，如图 12 所示，在其上形成配线 20 或应变感应电阻器 13 之后，再形成外涂层 14。最后，安装半导体或各种芯片零件或连接器。调查按上述方法制成的应变传感器的特性，不管是否使用与实施方式 14~16 相同的应变感应电阻器 13，均可以获得更高的 GF 值。这样，可以视需要而在应变感应电阻器 13 与 CCG 之间形成非晶质玻璃 30。

另外，作为非晶质玻璃，较理想的是使用如表 9 所示的含有下述成分的非晶质玻璃，即， SiO_2 为 40~80wt%， CaO 为 5~15wt%， PbO 为 3~15wt%， Al_2O_3 为 1~20wt%， ZrO_2 为 1~20wt%。如果 SiO_2 小于 40wt%，则有时会对烧结性造成影响。而且，当 CaO 小于 5wt% 时，有时也会对烧结性造成影响。而且，如果 PbO 小于 3wt%，则有时会对形成于其上的应变感应电阻的电阻值或 GF 造成影响。而且，如果 Al_2O_3 的添加量小于 1wt%，则由于作为基底的 CCG 中也含有 Al_2O_3 ，所以有时会对相互的匹配性造成影响。而且，如果 ZrO_2 小于 1wt%，则非晶质玻璃的热膨胀系数有时会变低。而且，如果 SiO_2

的含量超过 80wt%，则玻璃的熔解温度有时会变高。而且，如果 CaO 的含量超过 15wt%，则有时会对玻璃的烧结性造成影响。而且，如果 PbO 的含量超过 15wt%，则有时会对上面形成的应变感应电阻的特性造成影响。而且，如果 Al₂O₃ 的含量超过 20wt%，则玻璃的烧结性有时会受到影响，且有时会影响玻璃表面的平滑性。而且，如果 ZrO₂ 的含量超过 20wt%，则玻璃的烧结性有时会同样受到 Al₂O₃ 的影响，或者有时会影响玻璃表面的平滑性。而且也可以视需要而在非晶质玻璃中添加 B₂O₃。

另外，在本实施方式中，对于多种微晶玻璃而言，只要是结晶温度、热膨胀系数、转移点温度中有一个或一个以上不同即可。例如，如果热膨胀系数在小于等于 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 的范围内不同，则结晶温度或转移点温度可以无差别。

(实施方式 16)

在实施方式 15 中，说明使用了图 17 所示的复合玻璃的应变传感器的制造方法。首先，准备具有不同结晶温度的多种微晶玻璃粉。并且，此处，添加市售的氧化铝粉作为陶瓷粉，并使其均匀分散到特定的树脂溶液中。接着，在金属基板 11 上将所制成的复合玻璃糊状物印刷成特定形状并进行焙烧，形成复合玻璃 35。这样，取代图 1 的 CCG19 而使用复合玻璃 35。接着，如图 1 所示，在形成配线 20 或应变感应电阻器 13、外涂层 14 之后，安装特定的零件而完成应变传感器。按上述方法所制成的应变传感器，通过将微晶玻璃粉的一部分替换为廉价的陶瓷粉，从而可以相应地抑制产品的材料费。另外，相对于 100 重量份的微晶玻璃粉 100，陶瓷粉的添加比例较理想的是大于等于 1 重量份且小于等于 30 重量份。如果陶瓷粉的添加量小于 1 重量份，则有时会无法获得陶瓷粉的添加效果。而且，如果超过 30 重量份，则 CCG 及陶瓷粉同时烧结而成的复合玻璃的烧结性有时会受到影响。

另外，多种微晶玻璃的结晶温度之间的差较理想的是小于等于 50°C 。如果结晶温度之差超过 50°C ，则有时会对烧结物的均匀性造成影响。

另外，在本实施方式中，对于多种微晶玻璃而言，只要是结晶温度、热膨胀系数、转移点温度中至少有一个不同即可。例如，如果热膨胀系数在小于等于 $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 的范围内不同，则结晶温度或转移点温度可以无差别。

[产业上的可利用性]

本发明可以提供具有以下特性的传感器或各种应变传感器等，其使用烧

结稳定性较高的 CCG 材料作为绝缘材料，从而可实现低成本化且可减少特性变动。

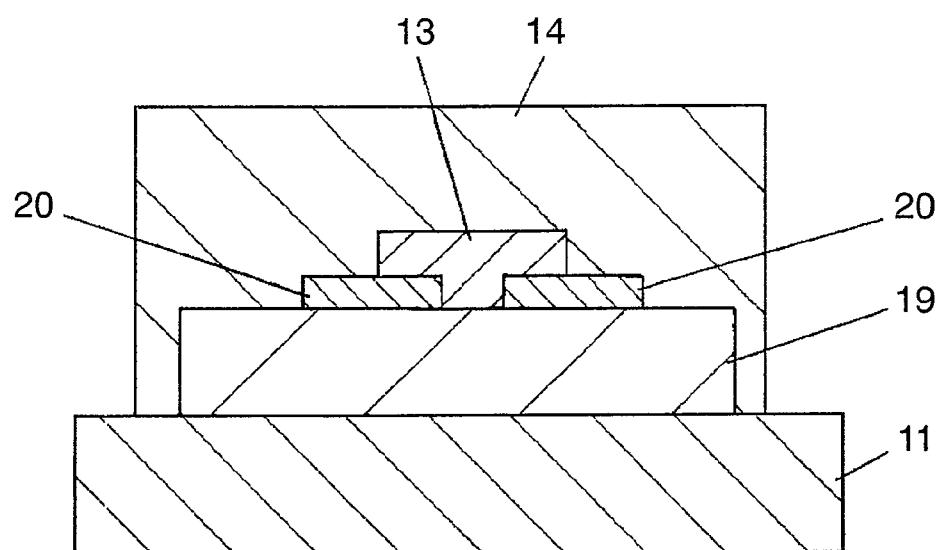


图 1

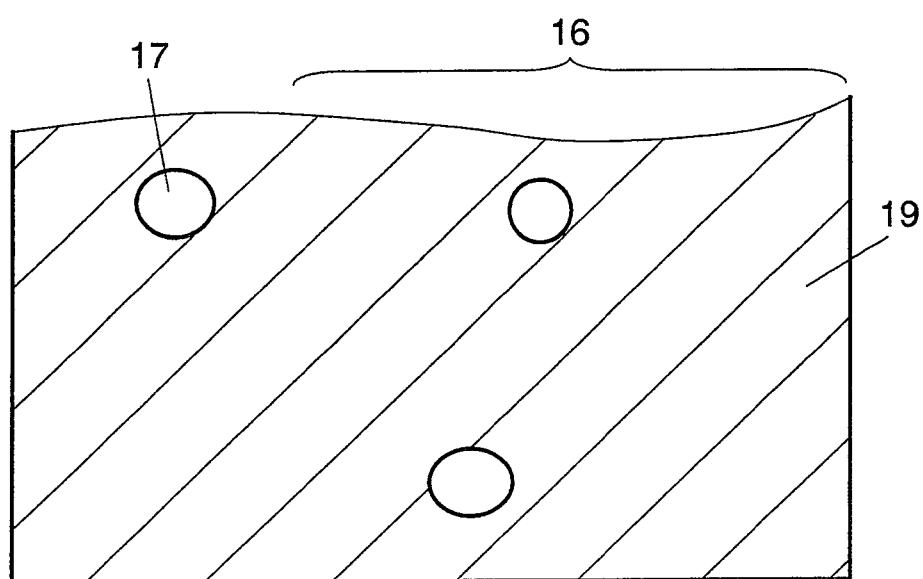
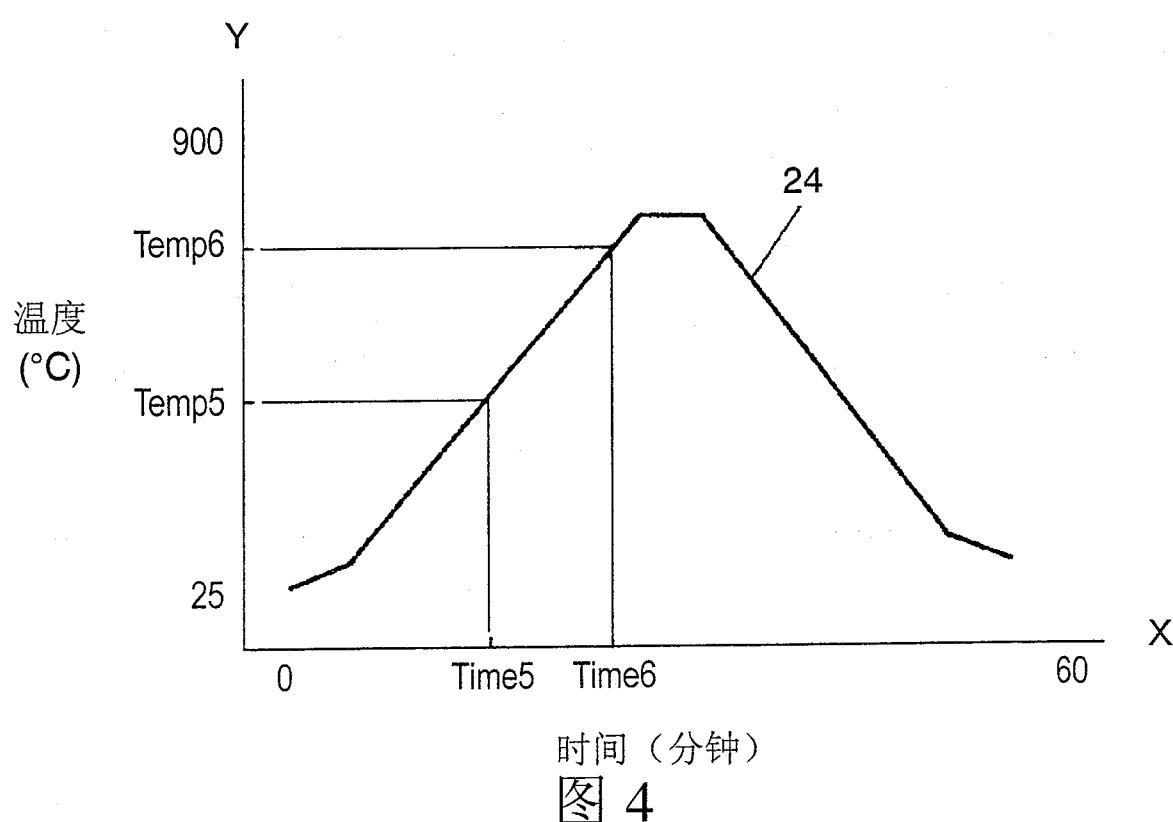
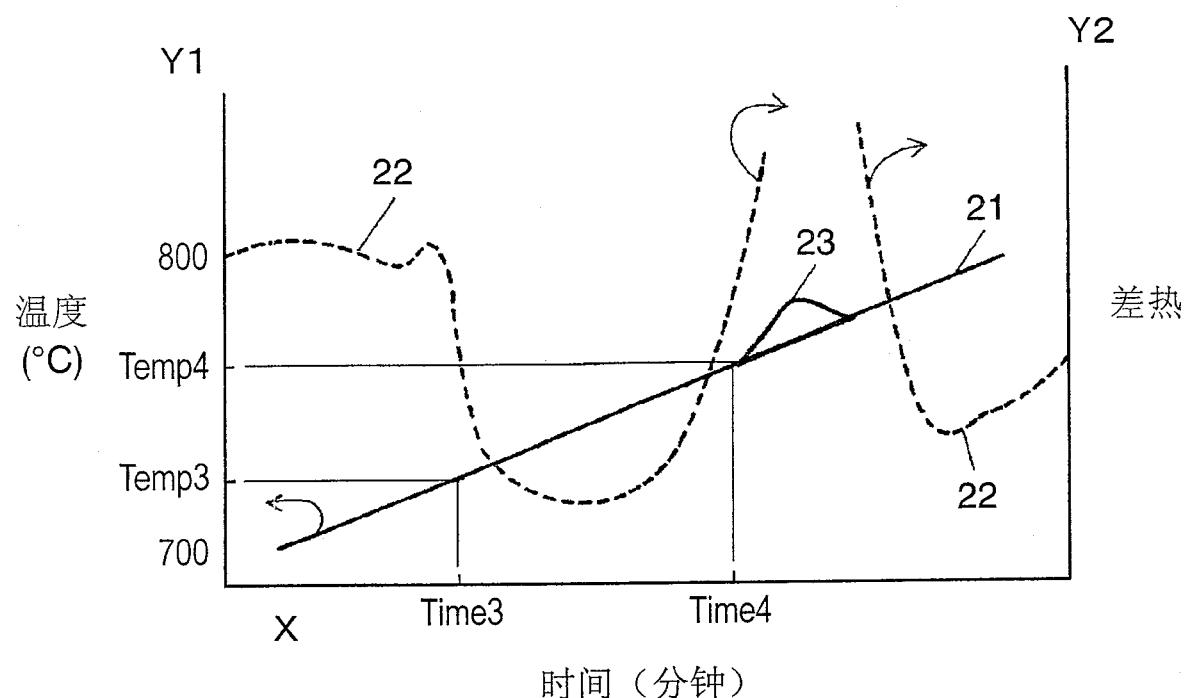


图 2



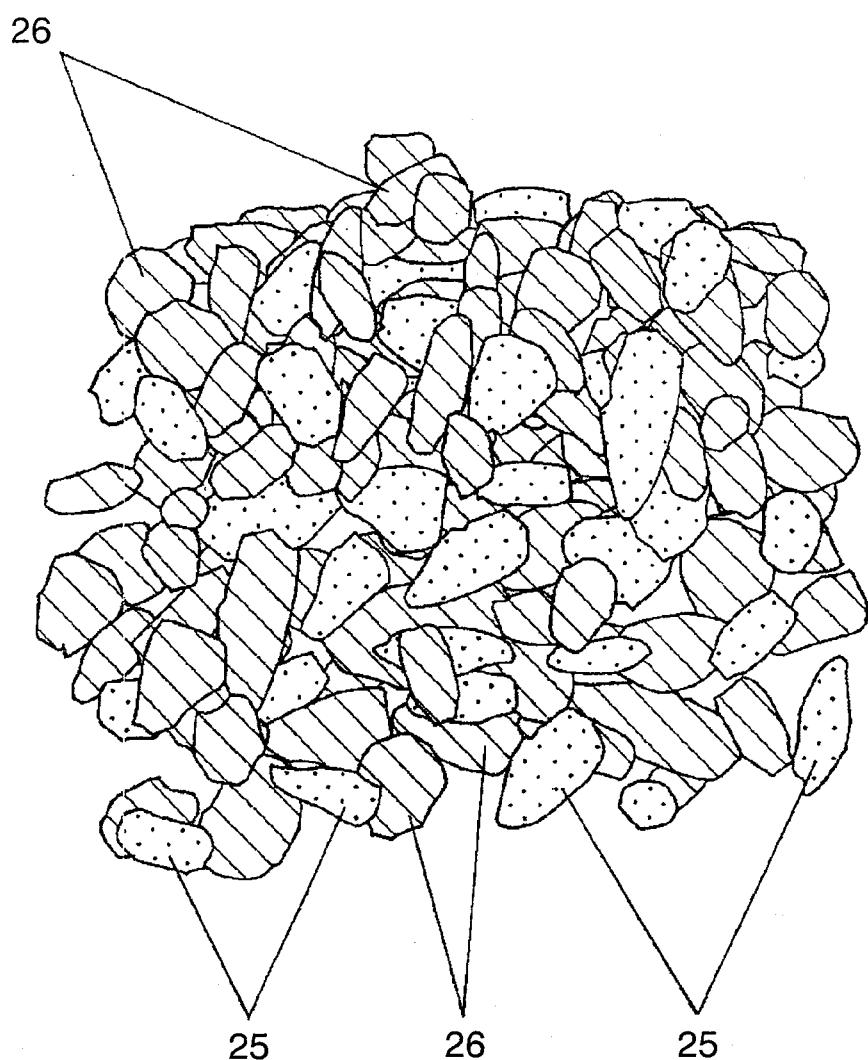


图 5

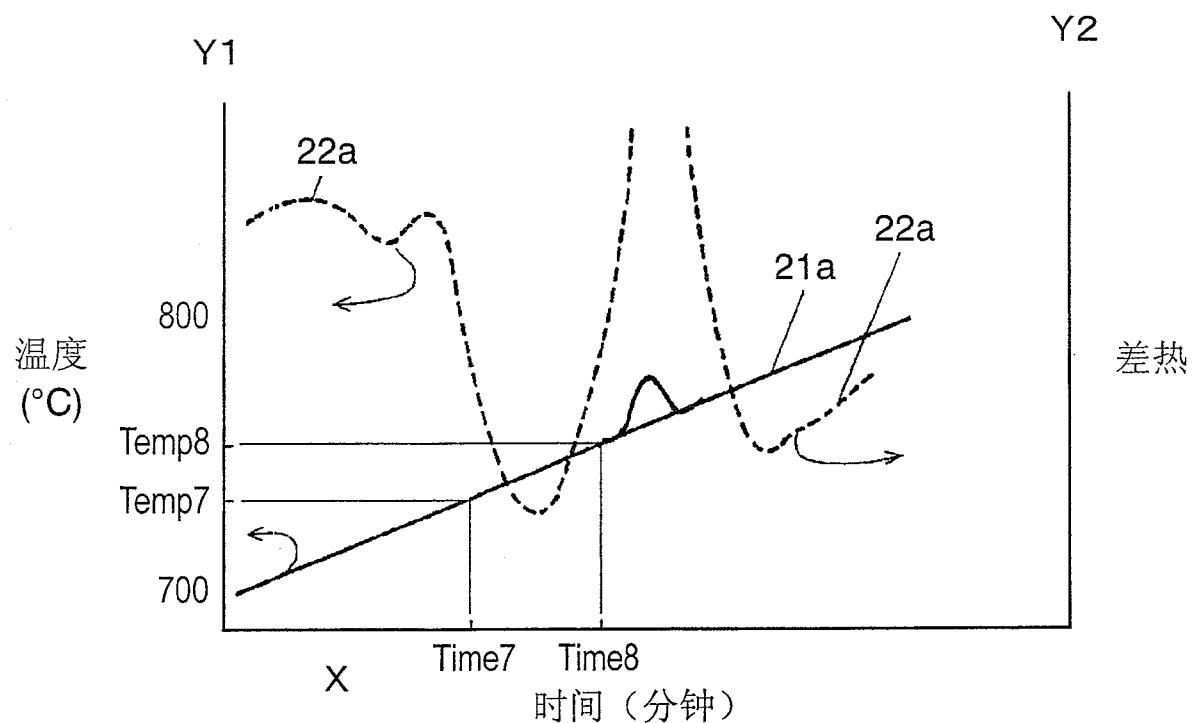


图 6A

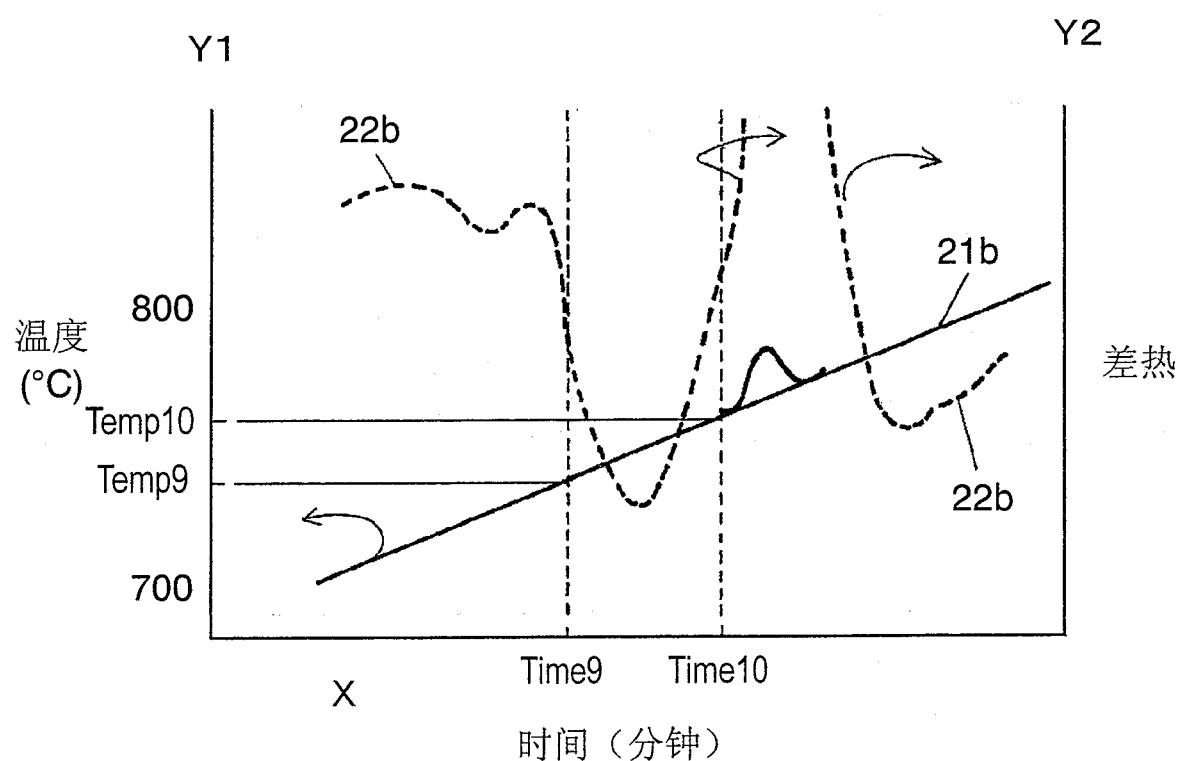


图 6B

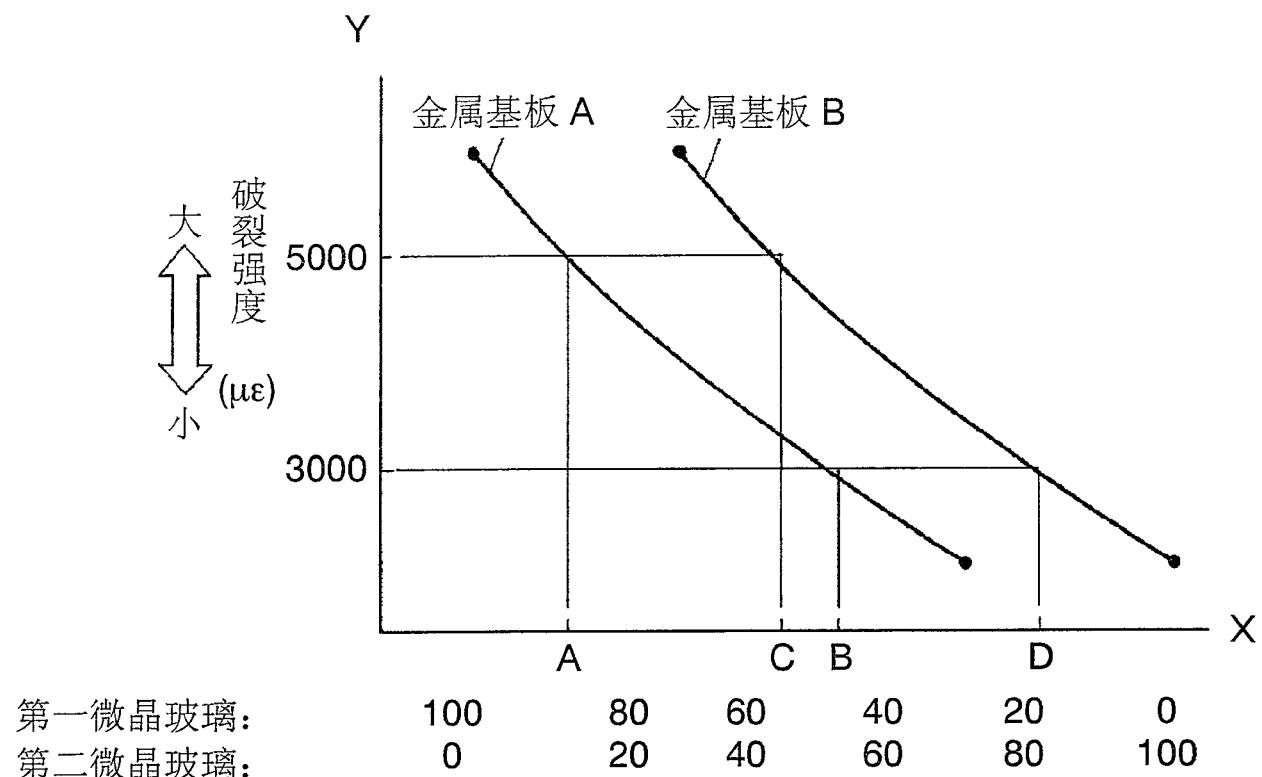


图 7

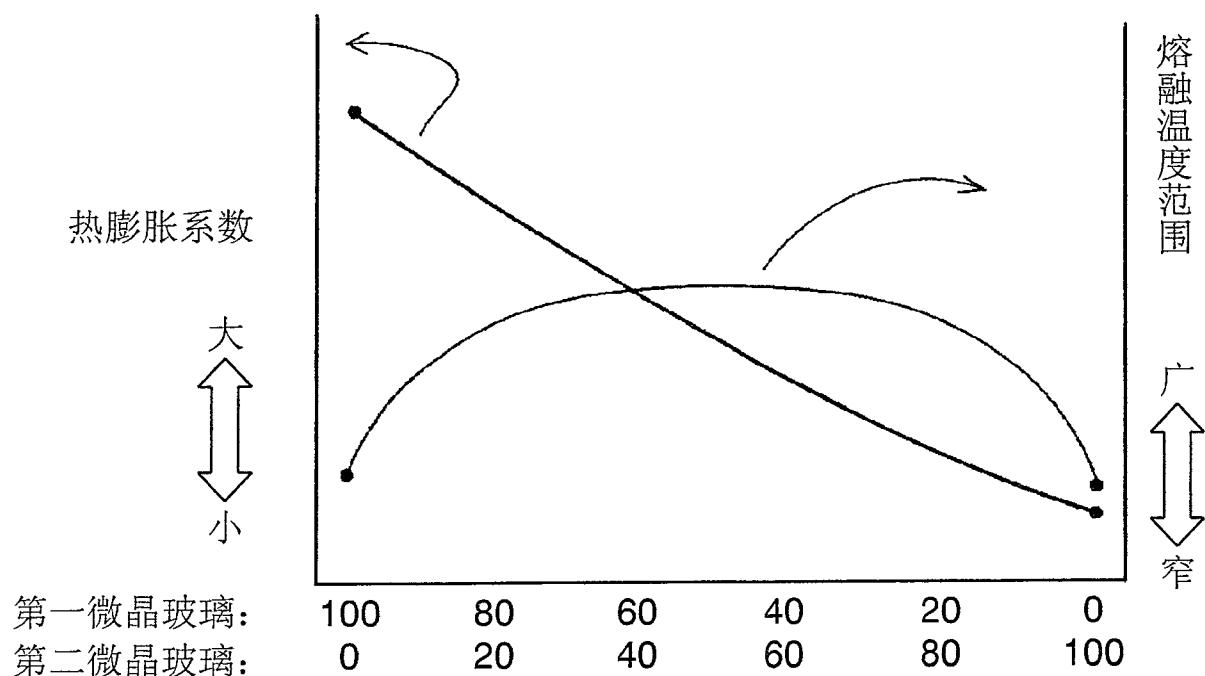


图 8

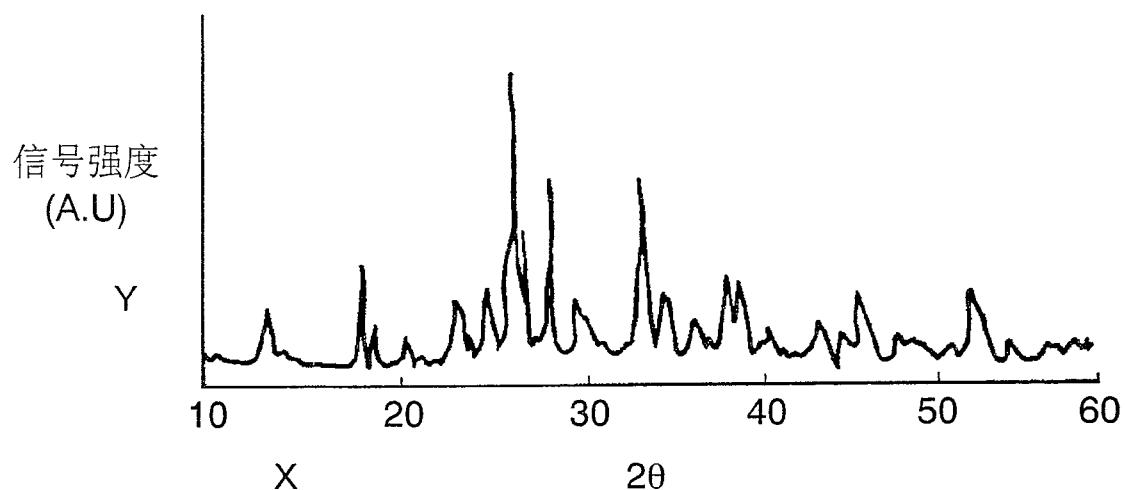


图 9A

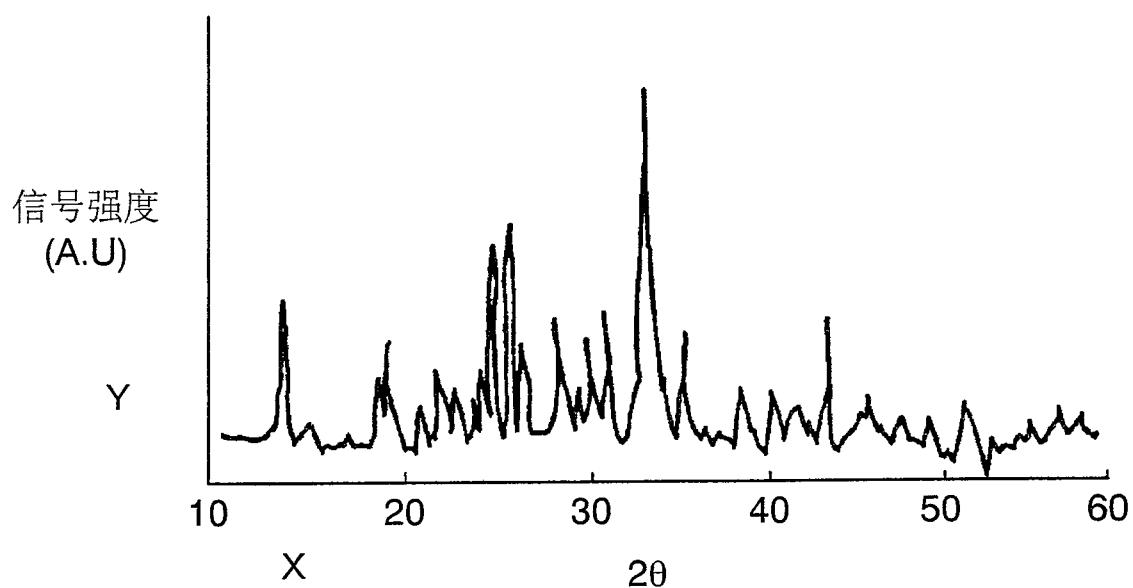


图 9B

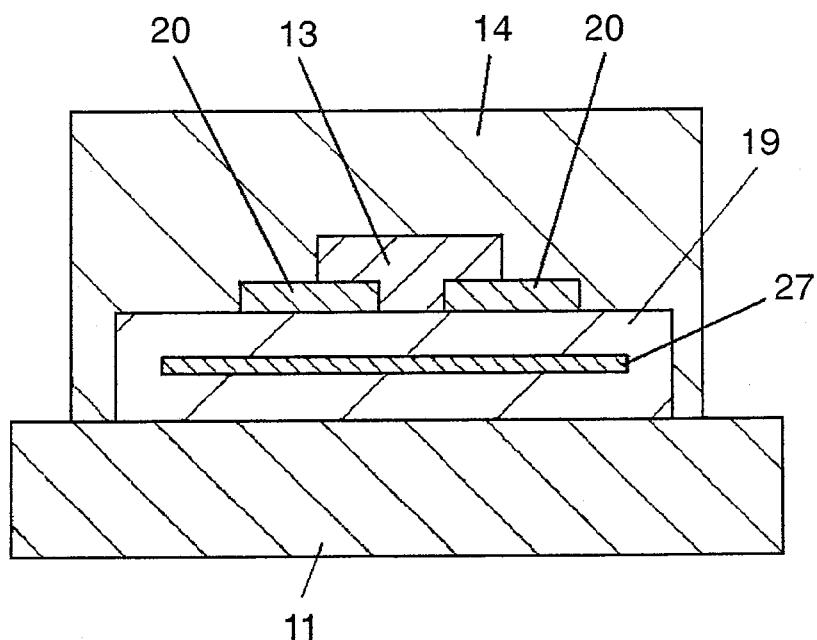


图 10

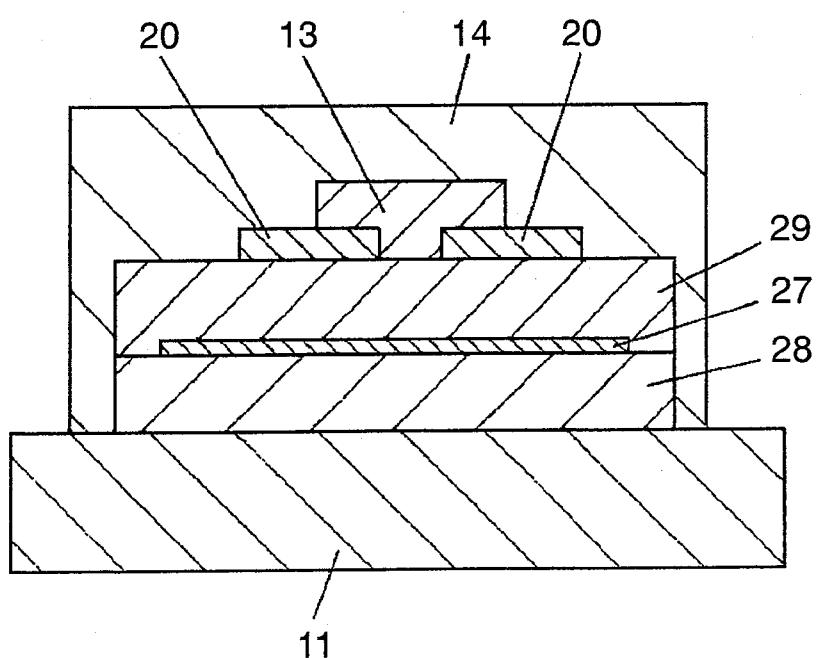


图 11

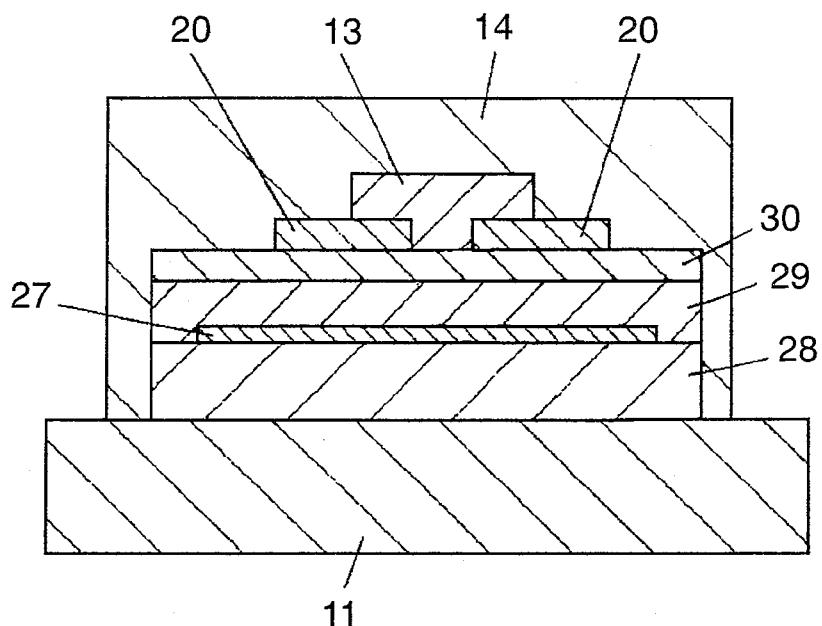


图 12

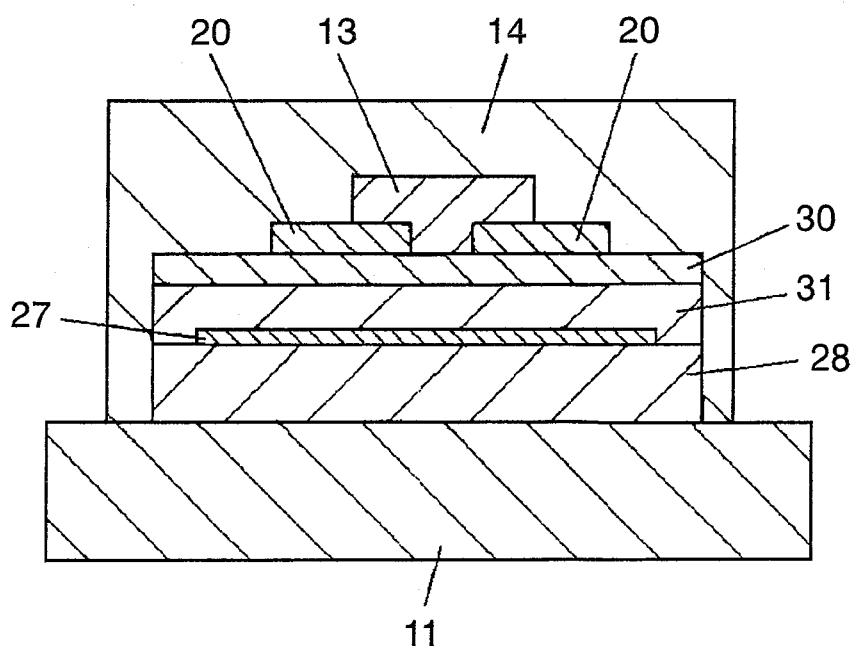


图 13

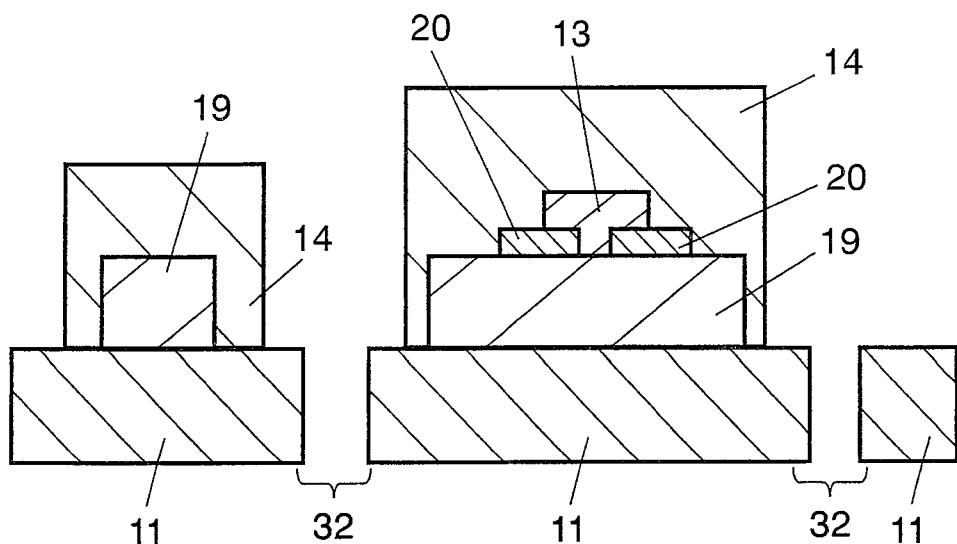


图 14

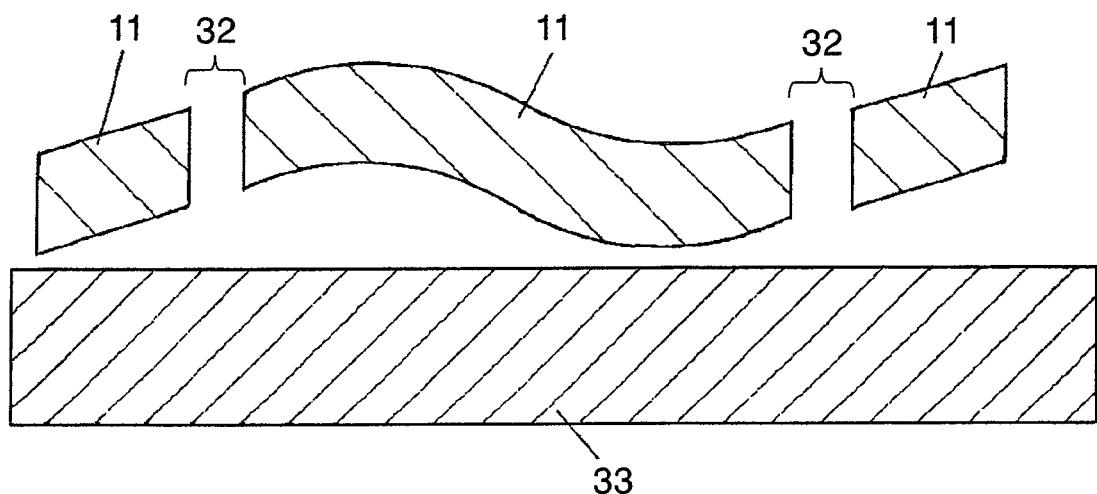


图 15

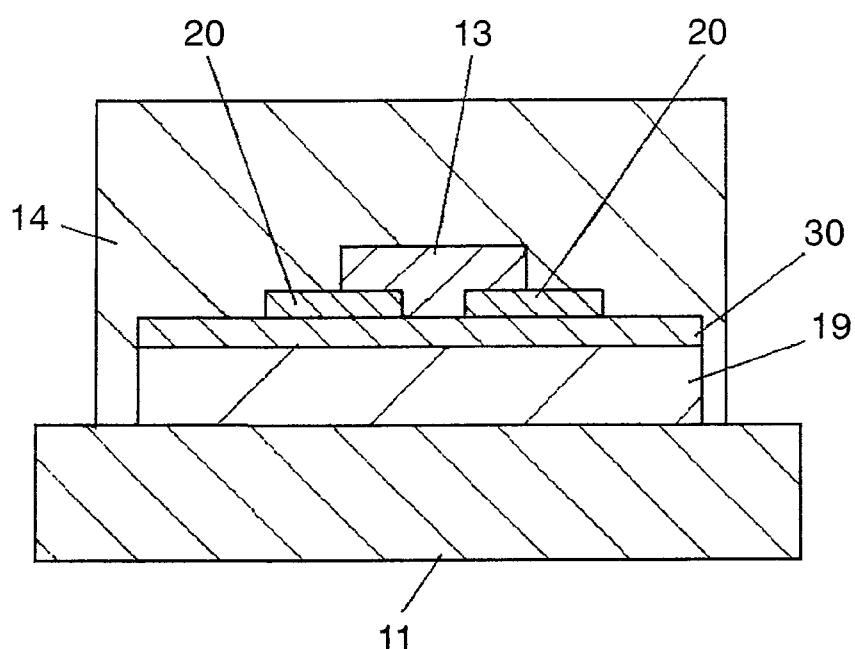


图 16

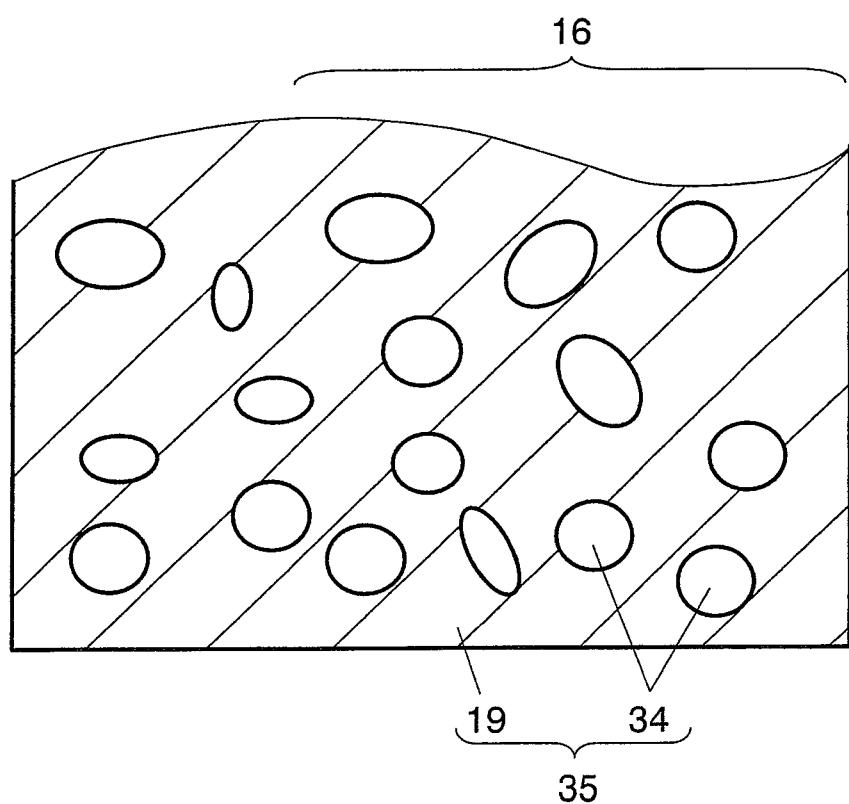


图 17

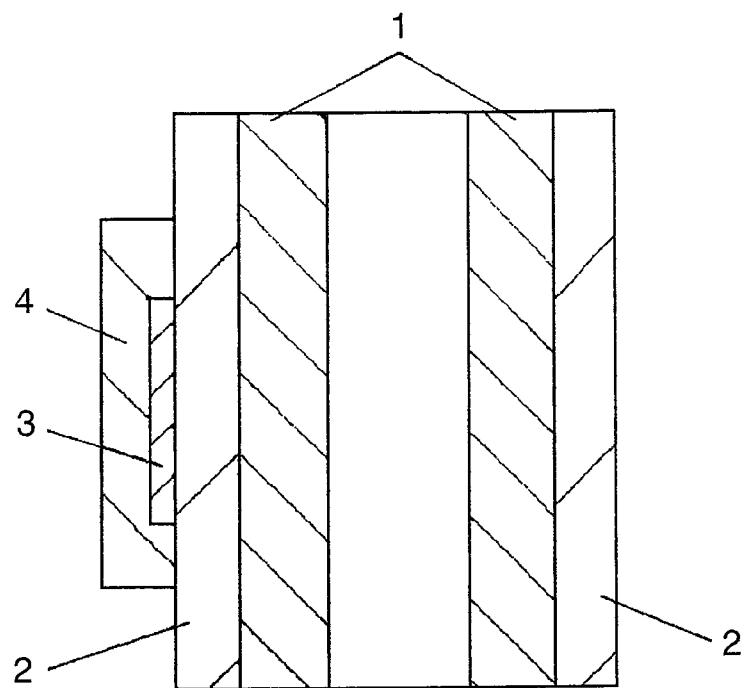


图 18

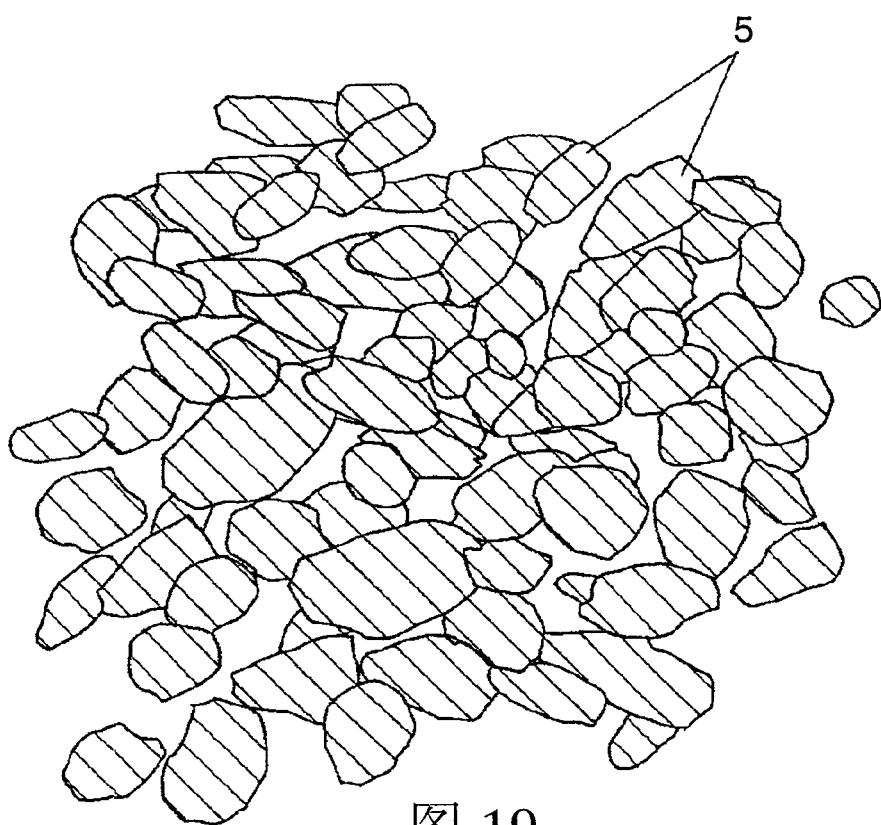


图 19

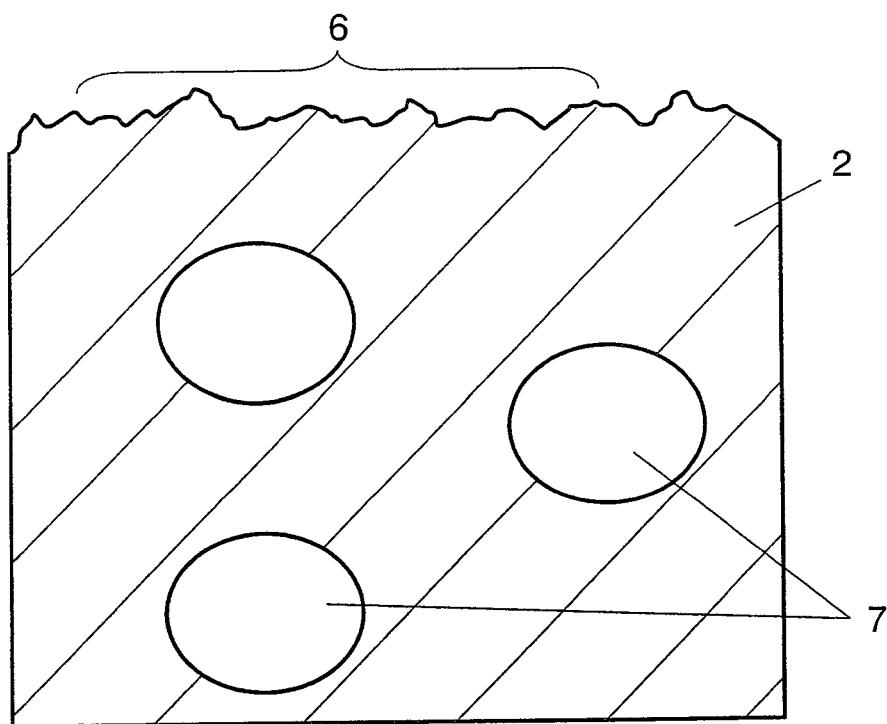


图 20

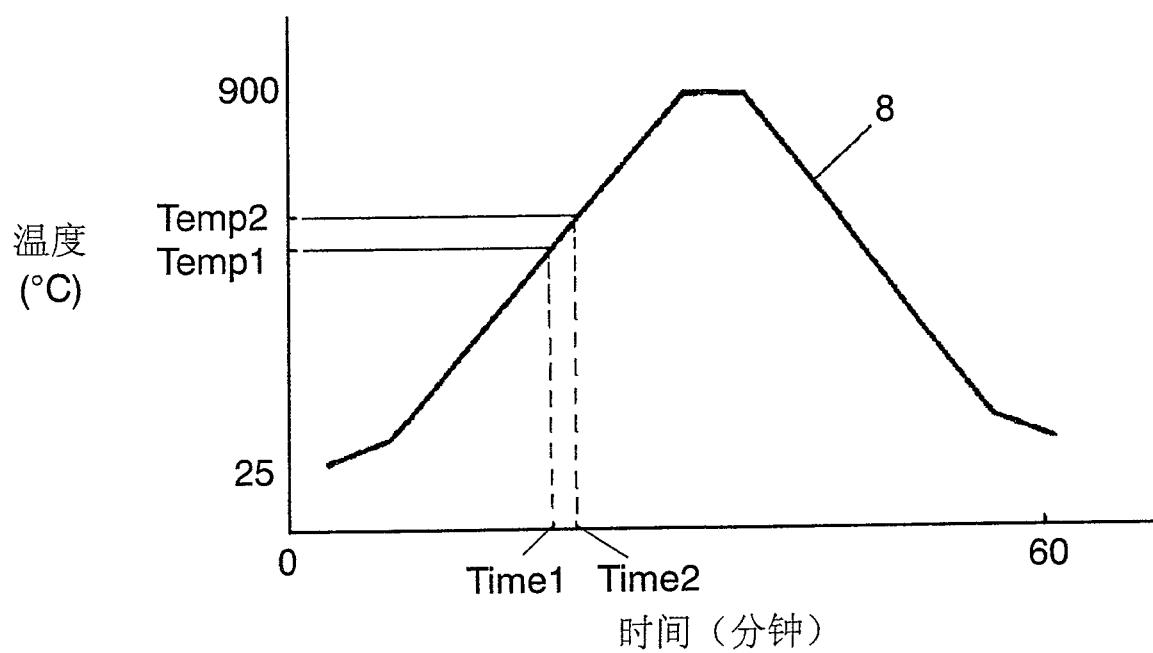


图 21