

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.⁷
H01C 7/10



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98116011.5

[45] 授权公告日 2004 年 5 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 1148760C

[22] 申请日 1998.7.13 [21] 申请号 98116011.5

[30] 优先权

[32] 1997.7.21 [33] US [31] 896874

[71] 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 赫伯特·S·科尔

特里萨·A·西特尼克-尼特尔斯

阿尼尔·R·达加尔

审查员 孙克良

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

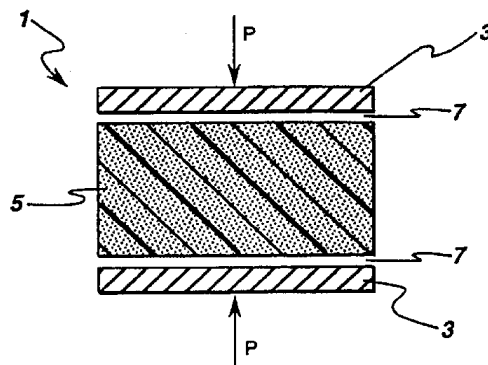
代理人 巫肖南

权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 2 页

[54] 发明名称 具有导电复合物的限流装置及制造
导电复合物的方法

[57] 摘要

一种限流装置，使用导电复合物材料和不均分配的阻抗结构。导电复合物材料包含有机结合剂部分，该结合剂部分包含玻璃转化温度 (T_g) 高的环氧基与粘度低的聚乙二醇环氧基和至少一种环氧基固化剂；以及传导粉末。



ISSN 1008-4274

1. 一种限流装置，包含：
至少两个电极；
5 介于该电极之间的导电复合材料；
介于该电极与该复合材料之间的界面；
位于该界面处的不均分配的阻抗，其中在高电流事件期间，位于该界面处的绝热阻抗加热造成快速的热膨胀和汽化以及在该界面处至少部分的物理分离；与
- 10 在该复合材料上施加压缩压力所用的机构，
其中该导电复合材料包含：
有机结合剂部分，其包含高玻璃化转变温度的环氧树脂、低粘度的聚乙二醇环氧树脂和至少一种环氧树脂固化剂；
与导电粉末。
- 15 2. 根据权利要求 1 的装置，其中导电粉末是镍粉。
3. 根据权利要求 1 的装置，其中有机结合剂部分的高玻璃化转变温度的环氧树脂包含大于有机结合剂部分的重量的 70% 的量且有机结合剂部分的低粘度的聚乙二醇环氧树脂占有有机结合剂部分的重量的多至 30%。
- 20 4. 根据权利要求 1 的装置，其中所述至少一种环氧树脂固化剂由酸、
胺、酞、自由基引发剂所组成的组中选出。
5. 根据权利要求 1 的装置，其中所述至少一种环氧树脂固化剂包含路易斯酸催化剂。
- 25 6. 根据权利要求 1 的装置，其中所述至少一种环氧树脂固化剂占导电复合材料的重量的 4%。
7. 根据权利要求 1 的装置，其中施力机构所提供的压缩压力施加在与所述电极和所述复合材料之间的至少一个界面相垂直的方向上。
8. 根据权利要求 1 的装置，其中处在部分或完全分离状态的装置的总阻抗远高于处在非分离状态以致于限流装置能有效地限制高电流事件。
9. 根据权利要求 1 的装置，其中导电粉末占导电复合材料的重量的 55
30 % 至 70%。
10. 根据权利要求 1 的装置，其中导电粉末包含镍粉，该镍粉具有 2

微米的平均颗粒尺寸。

11. 根据权利要求 1 的装置, 其中导电粉末包含镍粉, 该镍粉具有 $0.75\text{m}^2/\text{g}$ 的平均颗粒表面积。

12. 根据权利要求 1 的装置, 其中导电粉末包含镍粉, 该镍粉具有
5 $0.9\text{g}/\text{cc}$ 的表观密度。

13. 根据权利要求 1 的装置, 其中不均分配的阻抗结构包含选自下列组中的至少一个阻抗结构, 该组的组成是:

以压力方式接触导电复合材料的金属电极与以压力方式接触导电复合材料的半导体电极。

14. 根据权利要求 1 的装置, 其中至少两个电极由选自金属或半导体的材料成形得到。

15. 根据权利要求 1 的装置, 其中压缩压力机构包含弹性装置。

16. 根据权利要求 1 的装置, 其中一旦消除高电流事件后, 则压缩压力施加机构所施加的压力足以使装置回到低阻抗状态。

17. 根据权利要求 1 的装置, 其中在高电流事件期间, 对电流流动的较高的总体装置阻抗在高电流事件期间产生。

18. 根据权利要求 1 的装置, 其中各界面处的阻抗比一层复合材料的平均阻抗至少高出 10%, 该层复合材料的尺寸和方位与界面相同。

19. 根据权利要求 1 的装置, 其中低粘度的聚乙二醇环氧树脂包含低粘度的聚乙二醇环氧树脂软化剂, 该低粘度的聚乙二醇环氧树脂软化剂占有
20 机结合剂溶液的重量的高至 30%。

20. 一种导电复合物, 包含:

有机结合剂部分, 具有高玻璃化转变温度的环氧树脂、低粘度聚乙二醇环氧树脂和至少一种环氧树脂固化剂; 与

25 导电粉末。

21. 根据权利要求 20 的复合物, 其中导电粉末为镍粉。

22. 根据权利要求 20 的复合物, 其中有机结合剂部分的高玻璃化转变温度的环氧树脂占有有机结合剂部分的重量的大于 70% 且有机结合剂部分的低粘度的聚乙二醇环氧树脂占有有机结合剂部分的重量的高至 30%。

23. 根据权利要求 20 的复合物, 其中至少一种环氧树脂固化剂从由酸、胺、酐、自由基引发剂所组成的组中选出。

24. 根据权利要求 20 的复合物, 其中至少一种环氧树脂固化剂包含路易斯酸催化剂。

25. 根据权利要求 20 的复合物, 其中至少一种环氧树脂固化剂占导电复合物的重量的 4%。

5 26. 根据权利要求 20 的复合物, 其中导电粉末占导电复合物的重量的 55% 至 70%。

27. 根据权利要求 20 的复合物, 其中导电粉末包含镍粉, 该镍粉包含 $2\mu\text{m}$ 的平均颗粒尺寸。

10 28. 根据权利要求 20 的复合物, 其中导电粉末包含镍粉, 该镍粉具有 $0.75\text{m}^2/\text{g}$ 的平均颗粒表面积。

29. 根据权利要求 20 的复合物, 其中导电粉末包含镍粉, 该镍粉具有 $0.9\text{g}/\text{cc}$ 的表观密度。

15 30. 根据权利要求 20 的复合物, 其中低粘度的聚乙二醇环氧树脂包含低粘度的聚乙二醇环氧树脂软化剂, 该低粘度的聚乙二醇环氧树脂软化剂占有有机结合剂溶液的重量的高至 30%。

31. 一种导电复合物的制造方法, 所述导电复合物包含有机结合剂部分, 该有机结合剂部分含有高玻璃化转变温度的环氧树脂和低粘度的聚乙二醇环氧树脂; 至少一种环氧树脂固化剂; 以及导电粉末, 该方法包含:

20 制备备用环氧树脂溶液, 该溶液包含高玻璃化转变温度的环氧树脂和低粘度的聚乙二醇环氧树脂; 以及

添加至少一种环氧树脂固化剂和导电粉末;

其中备用环氧基溶液的制备包含在层压机、压机、压热器的至少之一内处理高玻璃化转变温度的环氧树脂和低粘度的聚乙二醇环氧树脂。

25 32. 根据权利要求 31 的方法, 其中至少一种环氧树脂固化剂和导电粉末的添加包含将至少一种环氧树脂固化剂和导电粉末与备用环氧树脂溶液相混合。

33. 根据权利要求 31 的方法, 其中至少一种环氧树脂固化剂和导电粉末的添加包含用手与机械混合器的至少之一将至少一种环氧树脂固化剂和导电粉末与备用环氧树脂溶液相混合。

具有导电复合物的限流装置及制造 导电复合物的方法

5

本发明涉及一种一般电路保护所用的限流装置，该电路保护包括电力分配与马达控制应用。本发明特别涉及一种限流装置，该限流装置能在发生高电流事件或高电流情况时限制电路中的电流。

- 有许多种装置都能在发生高电流情况时限制电路中的电流。某种已知的限制装置含有填充的聚合物材料，该聚合物材料表现出通常称为 PTCR(正温阻抗系数)或 PTC 效应。美国专利第 5,382,938 号、美国专利第 5,313,184 号与欧洲公开专利申请第 0,640,995 A1 号都说明倚赖 PTC 行为的电力装置。PTCR 或 PTC 效应的独特属性为在某个切换温度时 PTCR 材料进行从基本的传导材料至基本的阻抗材料的转变。这些先前的限流装置的某些装置中，PTCR 材料(典型地为载有碳黑的聚乙烯)被置于压触电极之间。

1997 年 3 月 25 日授予 Duggal 等人的美国专利第 5,614,881 号(其全部内容在此引为参考)揭示一种限流装置。此限流装置倚赖复合物材料和不均分配的阻抗结构。

- 限流装置在许多应用中被用来保护电路中的敏感部件免受高故障电流。应用范围从低电压低电流的电路至高电压高电流的电力分配系统。许多应用的重要要求为快速的限流反应时间(即，切换时间)以便将产生的尖峰故障电流减至最小。

- 操作时，限流装置被置于欲保护的电路中。正常的电路情况下，限流装置处于高度传导的状态。当发生高电流的情况时，PTCR 材料便通过阻抗加热而升温直到温度超过“切换温度”为止。此温度时，PTCR 材料阻抗变为高阻抗状态且高电流情况的电流受到限制。当解除高电流情况时，限流装置在一段时间间隔(可为长久时间段)内冷却至切换温度以下并回到高传导状态。处于高传导状态时，限流装置能再响应未来的高电流情况事件切换至高阻抗状态。

- 已知的限流装置包含电极、导电复合材料、低热分解或汽化温度的聚合物结合剂以及导电填充剂，与不均分配的阻抗结构相组合。当复合材料的阻

抗特高部分中的导电填充剂的焦耳热造成足以使结合剂热分解或汽化的加热时，这些限流装置便发生切换作用。

在已知的限流装置的操作期间，在不均匀分配的阻抗结构中的局部切换区域处会发生材料剥离与弧形化的至少其中之一。该剥离与弧形化能导致传导性复合材料上的高机械应力与热应力的至少其中之一。这些高机械应力或热应力通常导致复合材料的机械破坏。

此外，已被用于已知的限流装置中的导电复合材料通常相当脆，且在高电压高电流的事件期间会破裂。还有，导电复合材料批组中通常几乎没有再现性，该导电复合材料批组从前已使用于限流装置中。因此，限流装置中的导电复合物的特征会有变化，且会不利地影响限流装置的操作和操作的可靠性。

从前尝试在限流装置中使用的该种复合材料为 Epotek N30(Epoxy 技术公司)，该材料为市场上可得的环氧基。Epotek N30 内填有镍粒以便提供导电性。测试几个批组的 Epotek 后，发现有些批组具有良好的电气性能。然而 Epotek N30 的批组与批组之间却几乎没有或根本没有重现性。此外，Epotek N30 批组相当脆，从而在测试期间造成破裂。

因此，限流装置中所使用的导电复合材料应具有合乎需要、不变且可再现的电气和机械性质，这些性质适合于高电流多用途的聚合物限流装置。这些电气和机械性质含有(但未受限于)所需的限流装置性质，诸如低起始接触阻抗、高切换阻抗、少于几毫秒的切换时间、机械韧性和耐用性。

因此，需要提出一种快速、可再用的限流装置，其中该限流装置克服相关技术的上述与其他的缺点。

进一步需要的是提出一种限流装置，其中复合材料拥有适于多用途聚合物限流装置所需的电气和机械性质。这些电气与机械性质含有(但未受限于)低起始接触阻抗、高切换阻抗、少于几毫秒的切换时间、机械韧性和耐用性以致于聚合物限流装置具有多用途的能力。

还需要的是提出一种高电流多用途的限流装置。该装置包含至少两个电极；介于该电极之间的导电复合材料；介于该电极与该复合材料之间的界面；位于该界面处的不均分配的阻抗，其中在高电流事件期间位于该界面处的绝热阻抗加热使得结合剂发生快速的热膨胀和汽化而造成该界面处的至少一部分物理分离；以及在该复合材料上施加压缩压力所用的机构。导电复

合材料包含有机结合剂部分, 该结合剂部分具有高 T_g 环氧基和低粘度聚乙二醇环氧基; 至少一个环氧基固化剂; 和传导粉末。

再者, 需要的是提出一种导电复合物与导电复合物的制造方法, 其中导电复合材料包含有机结合剂部分, 该结合剂部分具有高 T_g 环氧基和低粘度聚乙二醇环氧基; 至少一个环氧基固化剂; 与传导粉末。

本发明的这些和其他优点与特征将从下列的详细说明而变得明显, 该说明在与附图结合时揭示出本发明的优选实施方案。

在下列说明中说明本发明的特征的同时, 现在将从结合附图所作的本发明的下列详细说明中说明本发明, 其中:

10 图 1 是本发明体现的限流装置的示意性图示, 且

图 2 是本发明体现的另一种限流装置的示意性图示。

本发明所体现的限流装置包含位于电极之间的导电复合材料, 从而整个限流装置中有不均分配的阻抗。导电复合材料包括至少一导电填料和有机结合剂。本发明体现的限流装置进一步包含在限流装置的导电复合材料上施加压缩压力所用的机构。

20 欲成为可再使用的限流装置, 则安排不均的阻抗分配以致于限流装置的至少一个薄层被定位成垂直于电流流动的方向, 且与装置中的相同尺寸与方位的平均层相比时其阻抗高于平均阻抗。此外, 限流装置受到压缩压力, 该压力方向垂直于选定的高阻抗薄层。压缩压力可以是限流装置中所固有的或由诸如(但未受限于)弹簧等弹性结构、组装件或装置施加。

25 操作时, 本发明所体现的限流装置被置于欲保护的电路中。正常操作期间, 限流装置的阻抗低, 即该实施例中的限流装置的阻抗等于导电复合材料的阻抗加电极阻抗加接触阻抗。当高电流事件或发生高电流事件时, 高电流密度便开始流经限流装置。短路或高电流事件的最初阶段中, 相信限流装置的阻抗加热为绝热式。因此, 据相信的是限流装置中的选定的阻抗较高的薄层的升温远比限流装置的其余部分快得多。通过该正确设计的薄层, 则相信薄层被快速加热以致于薄层的热膨胀与/或来自薄层的气体放射造成限流装置内的薄层处的分离。

30 本发明如图 1 所示, 包含高电流多用途的快速作用限流装置 1。图 1 中, 本发明所体现的限流装置 1 包含电极 3 和具有受到压缩压力 P 的阻抗结构的不均分配 7 的导电复合材料 5。然而, 本发明的范围含有具备任何适合构造

的高电流多用途限流装置，其中电极 3 之间的任何一处都可有较高的阻抗。例如，如图 2 所示，较高的阻抗可介于高电流多用途限流装置中的两个复合材料 55 之间。然而，此仅为范例而不意味着以任何方式限制本发明。

结合剂的选择应使大量的气体放射在低温(将近小于 800 °C)中发生。不均分配的结构的通常选择使得限流装置的至少一个选定的薄层的阻抗远高于限流装置的其余部分。

导电复合物中的不均分配阻抗的安排使得被定位成垂直于电流流动方向的至少一个薄层具有预定的阻抗，该阻抗比相同尺寸和方位的平均层的平均阻抗高出至少约百分之十(10 %)。此外，不均分配的阻抗被定位成靠近至少一个电极导电复合材料界面。

据相信获得本发明的有利结果的原因为高电流事件期间薄层的绝热阻抗加热后发生来自高电流多用途限流装置中的结合材料的快速热膨胀和气体放射。此快速热膨胀和气体放射导致选定的薄层处的限流装置的部分或完全物理分离，且产生对电流流动的较高的整个装置阻抗。因此，限流装置限制经过流路的电流流动。

当以外力清除高电流事件时，相信在限流装置中内建的压缩压力容许电流正常地流动以致于限流装置恢复其低阻抗状态。视许多因素中的诸如各高电流事件的严重性和持久性等而定，本发明所体现的限流装置可重复使用于许多该高电流事件的情况。

本发明所体现的限流装置中，相信复合材料的汽化和/或剥离造成例如电极/材料界面等高阻抗区域处的部分或完全物理分离。此分离状态中，相信会发生复合材料的剥离且会发生限流装置的分离层间的弧形化。不过，分离状态中的整体阻抗远比非分离状态中的高。此高弧形阻抗据信是由于复合结合剂的气体放射加上气体的去离子性质在界面处所产生的高压。无论如何，本发明的限流装置有效地限制高电流事件的电流以致于电路的其它部件不会受到高电流事件的伤害。

高电流事件被中断以后，相信限流装置因压缩压力而重回或改回其非分离状态，该压缩压力的作用将分离的层推在一起。据信一旦限流装置的层已回至非分离状态或低阻抗状态，则限流装置将完全可操作地响应其他高电流事件导体用于未来的限流操作。

使用平行电流路径便可完成本发明的限流装置的替代实施例，该平行电

流路径内含电阻器、变阻器或者其他线性或非线性元件以便达到诸如控制最大电压(该电压出现于特定电路中的整个限流装置内)等目标或者将可替代的路径提供给某些电路能量以增加限流装置的使用寿命。

5 本发明所体现的限流装置中使用的导电复合材料包含至少四个成分。发现至少四个成分中三个在导电复合物的有机结合剂部分内。尤其, 导电复合物的有机结合剂部分中的三个成分包含高 T_g 的环氧基、低粘度的聚乙二醇环氧基和至少一个固化剂。至少四个成分中的另一个包含传导粉末。

10 因此, 本发明所体现的限流装置含有复合材料, 该复合材料提供高电流多用途限流装置中所需的电气与机械性质。所需的电气与机械性质含有(但未受限于)低起始接触阻抗、与高电流事件有关的高切换阻抗、快速的切换时间、多用途能力所需的机械韧性和耐用性。

15 例如, 本发明所体现的示范性限流装置的低起始接触阻抗对本发明所体现的限流装置而言在约 0.05 欧姆(ohm)的级别。与高电流事件相关的高切换阻抗在约 50 欧姆或更高的级别。此外, 本发明所体现的限流装置的切换时间在约小于几微秒的级别上。

20 如本发明所体现, 导电复合物包含高 T_g 的环氧基树脂, 该树脂内加上高至低粘度聚乙二醇环氧基树脂的重量的约 30 % 的量。诸如(但未受限于)细镍粉等传导粉末与至少一个固化剂一起被混入有机结合剂内而形成导电复合物。本发明所体现的由这些导电复合物所制成的聚合物限流装置产生加强且改进的电气性能。

25 本发明所体现的限流装置的导电复合物的有机结合剂部分中所用的高 T_g 环氧基被设置在导电复合物的有机结合剂部分的重量的至少约 70 % 的量的范围内。高 T_g 环氧基优选包含诸如(但未受限于)酚醛(novolac)或双酚 A 结构等高 T_g 环氧基。

低粘度聚乙二醇环氧基形成本发明所体现的导电复合物的有机结合剂部分的其余部分。低粘度聚乙二醇赋予高 T_g 环氧基柔软性。因此, 对本发明所体现的限流装置而言, 低粘度聚乙二醇环氧基包含高至导电复合物的有机结合剂部分的重量的约 30 % 的量。

30 对本发明所体现的限流装置而言, 几个不同型式的固化剂与具有导电性的环氧基一起使用。固化剂包含(但未受限于)已知的环氧基固化剂, 诸如酸、胺、酐、自由基起始剂和其他的固化剂等。例如, 发现具有潜热催化剂形式

的固化剂提供高温时的环氧基的绝佳固化。尤其，含有诸如三氯化硼或三氟化硼的胺络合物等路易斯酸催化剂的固化剂以环氧基重量的约4%的量被添加至导电复合物中。这些催化剂在达到将近约150℃的温度以前不会起环氧基的固化。于是，有可能对本发明所体现的限流装置配制出导电复合物的成形材料并在室温下储存一段较长的时间段。

本发明所体现的导电复合物中的第四个要素为传导粉末。传导粉末容许电流流经导电复合物。传导粉末优选为(但未受限于)细镍粉，以诸如(但未受限于)市场上可买到的 Novamet 公司的镍 255 气体级微细镍粉等为例。被添加的镍粉的优选浓度范围为含有机结合剂部分在内的导电复合物的总样品重量的约55%至约70%的量。镍粉的尺寸、几何、表面积与形态对本发明所体现的限流装置的性能都重要。

尤其，确定平均颗粒尺寸(菲雪尺寸，Fisher size)为约2μm的镍粉能提供本发明所体现的限流装置中的导电复合物所需的性能与特性。此外，表面积为约0.75m²/g且表现密度约为0.9g/cc的镍粉进一步强化本发明所体现的限流装置的性能。

为了较佳地图示本发明所体现的限流装置的具有导电复合物的限流装置的改进性能，故制备并测试导电复合物的样品。下列实施例和附表中的测试结果说明本发明所体现的导电复合物所需的特征和性质。然而，以下仅为范例且不意味以任何方式限制本发明。下文的说明中的测量值、数量和其他定量都为近似值。除非另外指定，否则以下描述的百分比为重量百分比。时间为微秒且阻抗为欧姆。

实施例 1

本发明所体现的限流装置的起始制备是利用备用环氧基溶液作为导电复合物的有机结合剂部分。备用环氧基溶液的制备是将约96克的酚醛环氧基(Ciba Geigy 公司的 EPN 1139)与约4克三氯化硼的胺络合物(Ciba Geigy 公司的 DY 9577)混合成潜热催化剂。接着用此备用环氧基溶液制成混合物，该备用环氧基溶液含10%、约20%或约30%重量的聚乙二醇低粘度软化剂(Dow 化学公司的 DER 736)。内含约10%、约20%和约30%的软化剂的这些合成混合物接着与用作传导粉末的镍粉混合。与上列的不同环氧基溶液混合时，镍粉浓度为导电复合物的总重量的约55%、约60%和约65%的量。

导电复合物被完全混合并以样品的方式放置在以 TEFLON 底基制成

的凹穴内，该凹穴的直径将近 3/4 英寸且其厚度将近 1/8 英寸。该凹穴完全被导电复合物填满且被 TEFLON 顶板盖住。该样品在约 150 °C 下被烘烤约 1.5 小时。合成的固化的镍与环氧基导电复合物碟片被移除并测试其电气性能。

5 镍与环氧基导电复合物碟片的电气性能测试是将镍与环氧基导电复合物碟片置于当作本发明所体现的限流装置的两电极之间。限流装置用适当压力被固定在合适的位置上。高电流脉冲或高电流事件被施加至电极和镍与环氧基导电复合物碟片上。然后测量限流装置的电气特征。记录最初阻抗(Ri)、达到高阻抗状态的切换时间(SWt)、切换阻抗(R)与破坏前的再用脉冲数目。

10 结果示于下表 1 中:

表 1

样品	平均 Ri	平均 SWt	平均 R	脉冲数
10 % 软化剂				
55 % 镍	1.3	0.07	249	11
60 % 镍	0.1	0.23	104	9
65 % 镍	0.05	1.35	97	6
20 % 软化剂				
55 % 镍	10.2	0.14	455	5
60 % 镍	0.23	0.11	249	15
65 % 镍	0.03	1.4	107	9
30 % 软化剂				
55 % 镍	0.49	0.11	259	13
60 % 镍	0.05	0.97	86	4
65 % 镍	0.03	2.35	59	3

上面所述的对实施例 1 的导电复合物所实施的测试结果指出导电复合物的这些成分提供高电流多用途的限流装置所需的电气和其他性质。此外，上述实施例 1 的结果进一步说明本发明所体现的具有上述的成分的导电复合物

15 提供高电流多用途的限流装置所需的电气和其他性质。其它的实验以不同的路易斯酸固化剂、三氟化硼单乙基胺络合物的方式进行。所得的结果类似于上述讨论的使用三氟化硼胺络合物的结果。

然而，为了确定实施例 1 中描述的成分和组成具有决定性，且提供高电

流多用途限流装置所需的结果，进行进一步的测试。

实施例 2

- 实施例 2 以类似于实施例 1 的方式进行，不过实施例 2 使用的样品的环氧基和镍粉不是上述实施例 1 中所列举的。根据不同成分的实施例 2 样品如
- 5 上述的实施例 1 被制备和测量，且结果概括在表 2 中：

表 2

<u>样品</u>	<u>平均 Ri</u>	<u>平均 SWt</u>	<u>平均 R</u>	<u>脉冲数</u>
<u>市售的镍/环氧基 N30</u>	0.03	3	7	1
	0.08	1.8	2	1
	0.36	3.0	5	1
	0.27	2.0	32	1
	0.05	2.33	33	3
<u>粗粉末未分离的 65 % 镍 255</u>	0.04	2.2	5	1
<u>具有 30 % 的软化剂</u>				
<u>Norland 光学粘胶(尿烷/丙烯酸基粘胶系统)中的 55 % 镍</u>	195	0.5	0.88	2
<u>细粒</u>				
<u>Norland 光学粘胶(尿烷/丙烯酸基粘胶系统) 中的 65 %</u>	0.05	2.24	1.2	1
<u>镍细粒</u>				
<u>CY-179(环脂族环氧基)中的 55 % 镍细粒</u>	0.38	测试期间 碟片破裂		
<u>Ricon 环氧基(环氧基化的丁二烯系统)中的 65 % 镍细粒</u>		碟片太软 无法测试		
<u>具有咪唑固化的 OE - 100 酚醛中的 65 % 镍细粒</u>	0.07	1.68	16	2

因此，根据实施例 2 的结果，不仅作为导电复合材料中的成分的镍粉能

重要地将令人满意的结果赋予高电流多用途限流装置中的导电复合物，且适当尺寸的镍粉亦重要地将令人满意的结果赋予本发明所体现的高电流多用途限流装置中的导电复合物。因此，现已发现作为传导粉末的诸如(但未受限于)镍 255 气体级细粒等镍粉为本发明所体现的导电复合物所必需。再者，已决定的是有某些聚合物或环氧基混合物不会将所需的电气和物理性能赋予限流装置的导电复合物。

实施例 3

实施例 3 中，本发明所体现的导电复合物是利用双酚 A 环氧基作为导电复合物的有机结合剂部分中的成分而配制。根据下面所述的导电复合物所作的进一步测试，进一步决定的是至少有另一类环氧基化合物会造成本发明所体现的高电流多用途限流装置中的导电复合物有绝佳的电气性能。这些环氧基在下面的实施例 3 中作了描述。

在实施例 3 中，约 4 % 重量的 DY 9577 的潜热催化剂与 Epon 828 的双酚 A 环氧基(Dow 化学公司)混合而成导电复合物的有机结合剂部分。约 10 % 重量和约 20 % 重量的 DER 736 聚乙二醇低粘度软化剂被当作固化剂加入 DY 9577 和 Epon 828 的组合样品中。还加入作为传导粉末的不同量的镍 255 气体级微细镍粉。按上述讨论制备和测试样品。其结果概括于下表 3 中。

表 3

样品	平均 Ri	平均 SWt	平均 R	脉冲数
10 % 软化剂				
60 % 镍细粒	0.03	0.8	34	4
65 % 镍细粒	0.02	2.1	18	3
20 % 软化剂				
60 % 镍细粒	0.05	0.4	121	8
65 % 镍细粒	0.02	2.3	24	3

基于实施例 3 的结果，本发明所体现且包含高 T_g 环氧基、路易斯酸催化剂、软化剂、与具有适当结构的细镍粉的组合的限流装置中的导电复合物将高电流多用途应用所需且适合的特征赋予限流装置。

如下所述，实施例 4 至 6 讨论具有高浓度软化剂的导电复合物的进一步成分和组成。这些实施例也说明本发明所体现的导电复合物的可替代的加工参数。

实施例 4

实施例 4 中, 诸如(但未受限于)低粘度软化剂 732 等相当长的脂肪链加至诸如上述实施例 3 所讨论的导电复合物的 EPON 828 与 DY 9577 的混合物中。镍粉被用作实施例 4 中的传导粉末且具有气体级细粒的形式。制备并测试多种浓度的成分。结果列于下表 4 中:

表 4

<u>样品</u>	<u>平均 Ri</u>	<u>平均 SWt</u>	<u>平均 R</u>	<u>脉冲数</u>
<u>20 % 软化剂</u>				
65 % 镍细粒	0.03	1.97	148	7
<u>30 % 软化剂</u>				
60 % 镍细粒	0.09	0.23	349	7
65 % 镍细粒	0.03	3.7	198	6
65 % 镍细粒	0.05	1.43	317	7
<u>40 % 软化剂</u>				
60 % 镍细粒	0.04	2.63	364	4
<u>50 % 软化剂</u>				
65 % 镍细粒	0.1	0.57	666	9

实施例 5

实施例 5 中, EPON 828 与 DY 9577 混合物如上所讨论制备成导电复合物。然而, 在固化循环中使用不同的加工设备去决定适当的制造设备和工序。加工设备包括诸如(但未受限于)层合机、压机和压热器等设备。接着用不同设备以如上所述的 732 软化剂和 65 % 镍细粉制备出样品。结果描述于下表 5 中:

表 5

<u>设备/样品</u>	<u>平均 Ri</u>	<u>平均 SWt</u>	<u>平均 R</u>	<u>脉冲数</u>
<u>层合机</u>				
40 % 软化剂	0.03	0.72	123	9
50 % 软化剂	0.02	1.11	229	9
<u>压机</u>				
40 % 软化剂	0.04	0.54	233	9
50 % 软化剂	0.03	1.15	417	6

50 % 软化剂 0.03 1.52 182 6

压热器

40 % 软化剂 0.02 1.188 56.5 8

40 % 软化剂 0.027 1.28 114 5

5 40 % 软化剂 0.027 1.084 148.8 5

实施例 6

实施例 6 中，利用 SEMCO 自动混合器混合出导电复合物。先前，用手混合出导电复合物的样品。就此实施例 6 而言，用来制备导电复合材料的混合物包含具有 DY 9577 的 EPON 828、具有 65 % 镍细粉的 40 % 732。实

10 施例 6 的测试结果描述在下表 6 中：

表 6

<u>样品</u>	<u>平均 Ri</u>	<u>平均 SWt</u>	<u>平均 R</u>	<u>脉冲数</u>
<u>Semco 混合器</u>	0.0233	1.24	92	9

15 上表中的数据为具有不变尺寸的限流装置而提供的，其中导电复合材料尺寸和电极尺寸都不变。此外，上表中，高电流脉冲亦维持在不变的强度，该强度容许有意义的比较。

20 实施例 4 至 6 说明包含多种浓度的软化剂的导电复合物适用于本发明所体现的高电流多用途限流装置且为该装置所需。此外，实施例 4 至 6 也说明诸如(但未受限于)层合、压制和压力加热等不同的固化过程和设备以及例如以 SEMCO 混合器所作的机器混合工序提供本发明所体现的高电流多用途限流装置中的导电复合材料所需且适合的特性。

虽然此处说明的实施方案是优选的，但从说明书中将会认识到本领域技术熟练者可在本发明的范围内完成其元件的多种组合、变化例或改良例。

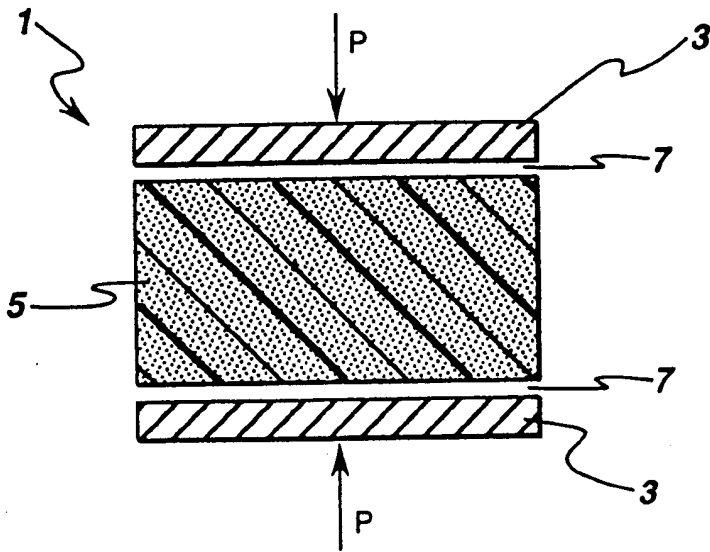


图 1

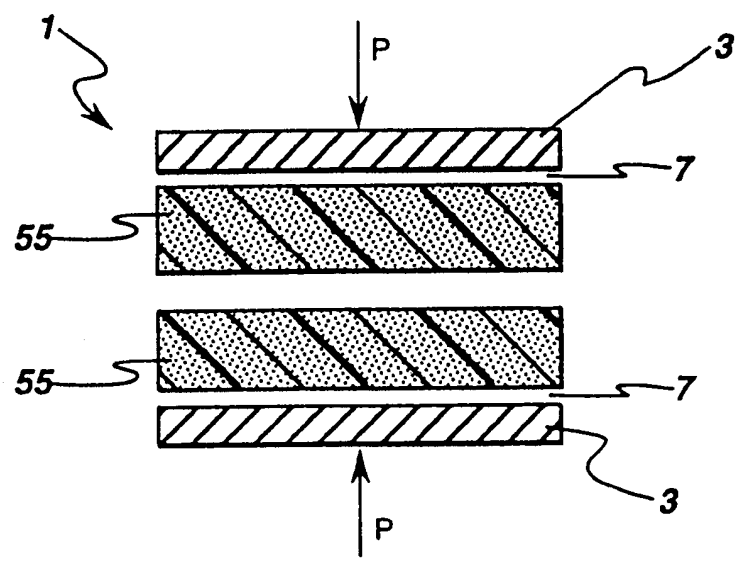


图 2