[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
H01H 85/04
H01H 85/38

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96193743.2

[45]授权公告日 2002 年 5 月 15 日

[11]授权公告号 CN 1084923C

[22]申请日 1996.2.27
[21]申请号 96193743.2
[30]优先权
[32]1995.3.7 [33]US [31]400,046
[32]1996.2.12 [33]US [31]599,813
[86]国际申请 PCT/US96/02630 1996.2.27
[87]国际公布 WO96/27893 英 1996.9.12
[85]进入国家阶段日期 1997.11.5
[73]专利权人 卡杜克电子有限公司
地址 美国加利福尼亚州
[72]发明人 小 R·E·卡多克
[56]参考文献

EP 0270954	1988. 6.15	H01H85/046
GB－A－1184056	1970. 3.11	H01H85/04
US 3401452		1968. 9.17 _
审查员 张 鹏

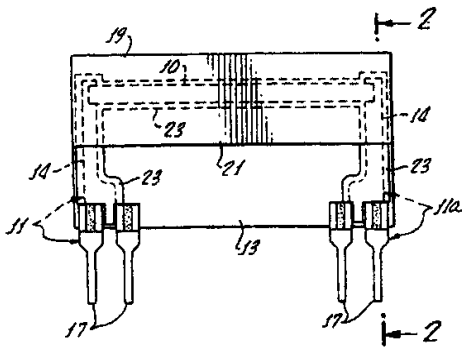
[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 马铁良 张志醒

权利要求书 6 页 说明书 20 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 故障电流熔断电阻及方法

[57]摘要

一种故障电流熔断电阻,包括一个衬底(13),在其上具有由导 电膜中金属和玻璃形成的电阻膜线(10),该线(10)被容纳及密封 材料(19,22)紧密地封闭,以防止由电故障状态引起的熔断期间来 自线(10)的蒸汽外泄。



ISSN1008-4274

权　利　要　求　书

1．一种故障电流熔断电阻，它包括：

一在一个衬底（13）上的线的导电膜（10），

一端子装置（14，17）在相对端部连接到所述线的膜（10），并且

容纳及密封结构（13，19，23），其被连接到该衬底以共同形成一个在所述的线的膜周围的一个坚固密封，以紧密地限定和密封所述线的膜（10），

所述的容纳和密封结构（13，19，23）和所述的衬底具有这样的结构和成分，即在出现电故障期间以及之后它们是保持完整的、未断开的和未破裂的，该电故障在一个故障电压下具有一个故障电流，该故障电压具有足够的峰值以引起该线的膜（10）熔断，和

所述的线的膜（10）当出现故障时流过它的该故障电流停止，并且在所述线的膜中形成许多断点，其沿着它的横向延伸并且在纵向空间上隔开。

2．如权利要求1的故障电流熔断电阻，其中，所述的膜（10）是电阻性的并且含有在重量上大于50％的金属的粒子和在重量上小于50％的玻璃粒子。

3．一种故障电流熔断电阻，含有：

在一个衬底（13）上的电阻膜（10）；

分别连接到所述膜（10）两对立端的第一和第二端子（14，17）；及

容纳及密封结构（13，19，23），其被连接到该衬底以共同形成一个在所述的线的膜周围的一个坚固密封，以紧密地限制和密封所述的线的膜（10），它适用于承受在故障电压下的故障电流组成的电故障突然施加在所述端子（14，17）上及由此施加在所述膜（10）上所引起的压力；

其特征在于：所述电阻膜，所述的第一和第二端子，以及所述的容纳及密封装置的结构和关系是这样的，即使得所述电流非常快速地停止，

及所述膜包括混合有玻璃的金属粒子，和

所述膜（10）的各部分都没有伸出所述的容纳及密封结构（13，

19，23）。

4．根据权利要求2或者3的故障电流熔断电阻，其中，在所述的膜（10）中的所述的金属粒子是钯粒子，或者是钯粒子和银粒子，或者是金粒子和铂粒子，或者是银粒子和铂粒子，或者是含有钯的粒子，或者是含有钯和银的粒子，或者是含有金和铂的粒子，或者是含有银和铂的粒子。

5．根据权利要求1、2或者3的故障电流熔断电阻，另外含有一个在该膜上的面釉（23）以及一个用于防止电故障状态期间破裂的支持层（19，26）。

6．如权利要求5的故障电流熔断电阻，其中，该面釉（23）是一层玻璃，并且支持层（19，26）的强度远远大于该层玻璃。

7．如权利要求1、2或者3的故障电流熔断电阻，其中，所述的容纳及密封结构是一以糊状形式施加在所述膜(10)上的陶瓷(26)，对于衬底（13）是一种粘结的关系并且具有足够的厚度以容纳所述的压力，并且在电故障条件期间没有破裂。

8．如权利要求5的故障电流熔断电阻，另外含有一个粘接物（22）用于使所述的支持层在所述的面釉之上固定到一衬底，在衬底上该膜被沉积。

9．如权利要求1、2或者3的故障电流熔断电阻，其中，所述的膜（10）具有的厚度位于0.0004到大约0.001英寸之间。

10．如上述权利要求之一的本发明，其中，所述的膜（10）具有的电阻位于0.5到30欧姆之间。

11．一种保护电路部分以抗短路及另外由高故障电流和高故障AC/DC电压引起的电故障的方法，所述方法包括：在具有所述电路部分的电路中连接一个故障电流熔断电阻，它具有在衬底上（13）的一线的电阻膜（10），该电阻膜（10）含有在重量上大于50％的金属粒子，其紧密地限定及密封所述电阻膜（10），以便当在所述电路部分出现故障时防止在所述膜上的蒸汽外泄，并选择所述膜，使得当出现所述故障时出现下列条件：使故障电流停止，而不会在靠近所述金属粒子的任何物质中有所述金属粒子明显的熔化，以及在所述的线中形成许多断点，所述的断点沿着所述线的横向延伸，并且沿着所述线的纵向相互在空间上隔开。

12．一种故障电流熔断电阻，它包括：

一个衬底（13），它足够地厚以防止在故障状态期间来自下述电阻膜的蒸汽透过它泄出；

设在所述衬底（13）上的单个电阻膜的线，所述线（10）包括金属粒子，及

限定及密封所述膜（10）的线以防止所述蒸汽外泄的一个层。

13．如权利要求1、2或者3之一的故障电流熔断电阻，其中，所述电阻膜是一个细长线，在细长线中所述线被分成段，所述各段被低电阻率膜导电地彼此隔开，所述低电阻率膜提供所述各段之间的电连接。

14．如权利要求1、2或者3之一的故障电流熔断电阻，其中，所述电阻电阻膜是一个细长线，在细长线中所述线被分成段，所述各段被低电阻率膜导电地彼此隔开，所述低电阻率膜提供所述各段之间的电连接，所述各段彼此不是排成一线，而是彼此成一角度，由此在小空间中获得有效的分压作用。

15．如权利要求1、2或者3之一的故障电流熔断电阻，其中，所述膜是具有在0.01英寸至0.03英寸范围中的宽度的细长线。

16．一种故障电流熔断电阻，它包括：

衬底，

一设在所述衬底上的细长电阻膜；以及

连接在所述膜两对立端上的端子，及

与所述膜相连接的当故障电流状态发生时防止它破裂的一个支持层（19，26），

其中在故障状态期间，所述电阻膜通过许多在其横向上形成的和在其纵向上隔开的断裂点切断电流。

17．根据权利要求16的故障电流熔断电阻，其中，所述细长电阻膜具有这样的成分和形状，以致在第一电压下发生所述故障电流的状态时通过产生许多断裂点所述的电阻膜切断电流，及在比所述第一电压大得多的电压下，在另外相同的故障电流熔断电阻中发生故障电流状态时，在所述相同的电阻中的所述电阻膜通过形成比所述许多断裂点多得多的多个断裂点来切断电流，以此该断裂点的数量是电压幅值的函数。

18.根据权利要求 1、2 或者 3 或 16 至 17 之一所述的故障电流熔断电阻，其中，所述故障电流熔断电阻连接到准备要抗短路保护及抗另外电故障保护的电路部分并与其相结合。

19.一种保护电路部分以抗短路及另外由高故障电流和高故障 AC / DC 电压引起的电故障的方法，所述方法包括：在具有所述电路部分的电路中连接一个故障电流熔断电阻，它具有在衬底上的电阻膜，该电阻膜由金属粒子组成，紧密地限定及密封所述电阻膜，以便当在所述电路部分出现故障时防止所述膜上的蒸汽外泄，并选择所述膜，使得当出现所述故障时使故障电流停止，而不会在靠近所述金属粒子的任何物质中有所述金属粒子明显的熔化。

20.一种保护电路部分以抗短路及另外由高故障电流和高故障 AC / DC 电压引起的电故障的方法，所述方法包括：在具有所述电路部分的电路中连接一个故障电流熔断电阻，它具有在衬底上的电阻膜，该电阻膜由金属组成，紧密地限定及密封所述电阻膜，以便当在所述电路部分出现故障时阻止从所述膜上的蒸汽外泄，并选择所述膜，使得当出现所述故障时使故障电流停止，而不会在靠近所述金属的任何物质中有所述金属的明显熔化。

21.一种故障电流熔断电阻，它包括：

一个衬底，它足够地厚以防止在故障状态期间来自下述电阻膜的蒸汽透过它泄出；

设在所述衬底上的单个电阻膜的线，所述线包括金属粒子，及

限定及密封所述膜的线以防止所述蒸汽外泄的一个覆盖层。

22.如权利要求 11、12、16、17、19 或者 20 之一的故障电流熔断电阻，其中，在所述的膜（10）中的所述的金属粒子是钯粒子，或者是钯粒子和银粒子，或者是金粒子和铂粒子，或者是银粒子和铂粒子，或者是含有钯的粒子，或者是含有钯和银的粒子，或者是含有金和铂的粒子，或者是含有银和铂的粒子。

23.一种故障电流熔断电阻，它包括：

一个衬底，它足够地厚以防止在故障状态期间来自下述电阻膜的蒸汽透过它泄出；

设在所述衬底上的单个电阻熔断膜的线，所述线包括金属粒子，及

紧密地限定及密封所述膜的线以防止所述蒸汽外泄的一个支持层，

其特征在于，所述的衬底和所述的支持层在电故障情况下没有断开，另外所述线的电阻膜是延长的并且具有小于30欧姆的电阻，并且

所述线的膜和所述的限定和密封结构是这样构成的以致于在电故障的情况下不只在一个点沿着所述线的长度存在可见的闪光。

24．一种故障电流熔断电阻，包括：

一个衬底，它足够地厚以防止在故障状态期间来自下述电阻膜的蒸汽透过它泄出；

设在所述衬底上的单个电阻熔断膜的线，所述线包括金属粒子，及

紧密地限定及密封所述膜的线以防止所述蒸汽外泄的一个支持层，

所述的膜如此地进行选择，当出现故障时，流过所述线的膜的故障电流停止，并且在所述线的膜中形成许多断点，这些断点沿着所述线的膜的横向进行延伸并且在所述线的纵向上空间上进行分开。

25．如权利要求1的故障电流熔断电阻，其中，所述线的膜的长度小于1英寸。

26．如权利要求1、2、3、11、12、16、17、19－21、23－25之一的故障电流熔断电阻，其中，所述的故障电压在250到2000伏特的范围内。

27．一种保护电路部分以抗短路及另外由高故障电流和高故障AC/DC电压引起的电故障的方法，所述的方法含有：

提供一个故障电流熔断电阻，其在一个衬底上具有一个电阻膜，

在所述的电路部分中连接所述的故障电流熔断电阻，

将一个电流作用到所述的电路部分，

当在故障电压至少是250伏特在每平方英寸上所述的电阻膜承受的功率密度至少是500千瓦时，停止所述的电流，

限定所述的电阻膜在该衬底上，以使在故障期间包含所述的电阻膜的结构保持完整的、未断裂的、未破裂的和未破损的，

密封所述的电阻膜，以使在故障期间阻止蒸汽从密封所述的电阻

膜的该结构中外泄。

28. 一种故障电流熔断电阻，含有

一线的导电膜，

在相对终端部分连接到所述线的膜的端子，

容纳和密封结构具有如此的结构和成分，在出现电故障期间和之后它保持完整的、未断裂的、未破裂的和未破损的，该电故障具有足够的幅值以导致该线的熔断，和

该线的膜如此地选择，以致当出现电故障时，当在流经所述线的膜的故障电压至少是250伏特时在每平方英寸上的功率密度至少是500千瓦时流过它的故障电流停止，并且其中所述的电流流动的停止极其快速地发生。

29. 一种保护电路部分以抗短路及另外由高故障电流和高故障AC/DC电压引起的电故障的方法，所述的方法含有：

提供一个故障电流熔断电阻，其在一个衬底上具有一个电阻膜，其中所述的膜含有混合有玻璃的金属粒子，

在所述的电路部分中连接所述的故障电流熔断电阻，

将一个电流作用到所述的电路部分，

当在故障电压至少是250伏特在每平方英寸上所述的电阻膜承受的电负载具有的功率密度至少是500千瓦时，极其快速地停止所述的电流，

其中停止所述的电流的所述步骤含有在所述的电阻膜中形成许多横向延伸的断点，和

所述的衬底作为所述电故障的结果保持完整的、未断裂的、未破裂的和未破损的。

说　明　书

故障电流熔断电阻及方法

所涉及申请的相关参考文献

这是1995年3月7日提交的(美国)专利申请系列号No. 08/400,046,题为“故障电流熔断电阻及方法”中部分的继续.

发明背景

在许多工业及应用场合中，极其需要能对相当大的电流及高AC和DC电压非常快速地断开的故障电流熔断电阻．而对于制造成本低及尺寸小的并以高安全性为特征的这种故障电流熔断电阻具有更大的需求.

举一个例子，具有一种功率系统的应用，其中在相当高DC电压下控制大电流的电路内使用了功率半导体器件（晶体管、晶闸管、可控硅整流器等等）．一种实例是如用于电力机车中的电动机的功率驱动装置．与控制电路或驱动电路相连接的功率半导体器件偶然发生内部短路，这可能引起由于短路的功率半导体器件形成的短路通路中的电路部分突然承受很大的故障电流及很高的故障电压.

上段所提供的一个故障电流状态的例子中，电流的建立不是渐渐或递增地达到一个超出值，而是电流以突然的大阶跃或跳跃从常规值变到超出值．“常规”是指在正常工作期间待抗故障电流保护的功率半导体电流部分（可能短路的路径）中出现的电流幅度；它通常为几毫安培至2安培的低电流．“超出值”是值在出现短路时在短路电流路径中实际上立即出现的电流值，它是大的故障电流，通常超过15安培，更典型地在通常超过125伏至1000伏或更高的电压下为50安培至500安培或更大.

非常急需要有一种经济的、快速动作的熔断装置，它可工作在上述那些或另外的相当大（超出）故障电流及高电压下．快速动作能有效地保护短路电流路径中的电流板铜迹及元件.

迄今就本申请人目前所知道的，能工作在相当高电压下及能截断相当大电流的故障电流熔断装置是尺寸很大的，和/或昂贵的，和/或慢动作的，和/或具有另外缺点的.

发明概述

根据本发明的装置及方法，提供了一种故障电流熔断电阻（FCFR），当它受到上述（或另外）的相当大的故障电流及相当高的故障 AC/DC 电压时能非常快速地动作．该装置以可控制、密封及无爆炸的方式断开（切断），因此实质上是安全的，并不会产生碎片．实际上它没有无抑制地燃弧或者说根本没有起弧．

根据本发明的方法，所述的产品或装置将设置在功率半导体电路或类似电路中，用于在仅是常规低电流通过它的情况下长时间周期地工作．但是，在突然出现故障电流时，流过电流的阶跃变化将产生故障电流的所述极快速的停止．

根据该装置的一优选实施例，一个相对低值的细长电阻元件（不是电阻丝）被夹在衬底及盖之间，并如用环氧树脂密封在其中间．在该密封装置内的电阻元件具有这样的特性，即当出现故障电流时，该电流能非常快速地被中止，并包括故障电压的必要阻断．

根据本发明的方法及产品，在导电膜中使用金属、最好是混合了玻璃的金属，以新颖的方式产生出惊人的效果．

优选的电阻元件是设置在基片（衬底）上的电阻膜，该膜具有相当低的电阻．

在电阻膜上沉积了一层面釉（或等同物）的膜．

在衬底上设有用于电阻膜的端子及图迹．在一个实施例中，端子及衬底以及图迹这样地设置及相关，即当常规电流状态期间能保证防止端子（及相应的电路板部分）的过热．

附图的简要说明

图 1 是实施本发明的一种 FCFR 的大比例放大平面图；

图 2 是沿图 1 中线 2 － 2 的更加放大的横截面图；

图 3 表示衬底的一面，在其上只有图迹及端子焊区；

图 4 是图 3、5 及 6 的后视图，用于表示端子焊区；

图 5 表示施加于衬底的电阻膜；及

图 6 表示施加在膜上及除端子焊区外的所有部分上的玻璃涂层；

图 7 表示 FCFR 和被保护的电路部分的组合，后者以框的形式概要地表示；

图 8 是本发明另一实施例的立体图，它的部分被剖割；

图 9 - 14 为涉及另一实施例的制造步骤的前视图；及

图 15 - 16 是表示又一实施例的前视图.

优选实施例的详细说明

尤其参照图 1 、 5 及 6 ，一个细长的电阻元件 10 伸展在端子装置 11 、 11 （ a ）之间（图 1 ）. 元件 10 被容纳及密封装置 12 （图 2 ）容纳及密封在内，装置 12 对于承受由故障电流引起的电阻元件的加热及开断具有足够的强度.

电阻元件 10 最好是基板或衬底 13 上的网板印刷电阻厚膜成分，衬底也形成了以下要描述的容纳及密封装置的一部分. 另外的方式是，电阻元件可通过真空沉积、溅射沉积、“喷墨”或其它类似方式来形成.

最好，厚膜网印元件 10 是一种钯 - 银的合成物. 最好，该元件 10 是使用 325 或 400 目的筛网的网板印刷薄层. 可使用的钯 - 银合成物的一个例子是“ Ferro 850 ”系列，它由加利福尼亚州 Santa Barbara 市的 Ferro 公司电子材料部销售的.

该电阻元件 10 的成分及形状是这样的，即它具有相对低的电阻，通常低于 30 欧姆，最好是 10 欧姆以下到 1.0 到 0.5 欧姆（或甚至再低些）. 该电阻元件 10 的电阻值不低到一欧姆的小分数值，例如几毫欧姆. 形成该电阻元件 10 的材料的电阻率典型为每平方分之数欧姆值.

对于电阻线 10 的长度，它应作为足够长以便在故障电流停止后承受所施加的电压，所应足够的短以防止电阻过高及用于可靠的工作. 最好线长度小于 1 英寸. 该元件的额定电压愈低，对于可靠工作所需的线长度愈短.

对于电阻线 10 的宽度，就故障时工作来说最好使用窄线. 因此相对于 FCFR 功能，宁可用 0.01 英寸线宽而不用 0.03 英寸线宽. 但是在正常工作（故障前）的期间，较宽（如 0.03 英寸）的线可在较大的表面积上传送功率及助散热. 因此，例如当在 FCFR （指电阻线 10 ）中的常规功率是一瓦的分数值时，最好使用 0.01 英寸宽的线. 当常规功率为 1 瓦或更大时，最好使用较宽的线例如 0.03 英寸宽的线.

规定超过例如 1 欧姆的低电阻值要求在该 FCFR 接入的功率半导体电路中（作为例子）由常规方式低幅值电流在 FCFR 中引起低的功率损耗. 在前面段落中所述范围中的较高电阻值（如 10 欧姆）在 FCFR 开断前瞬间限制了故障电流的幅值.

可使用的线的构型包括拱形和弯形，假若设有一个可避免在弯曲形状上相邻线之间小距离的小角度以使得不会在各圈之间燃弧.

最好使用直线. 该线也可为拱形（如所述的）或最好为钝角的宽角度. 该线（形成元件 10 ）应逐渐向前延伸（到对面的端子）而非双线折回. 在任何情况下，不能在双线折回，那里相邻线的不同部分将太靠近以致会引起燃弧.

实际电阻元件 10 的尺寸在一具体例中约为 0.680 英寸长，并具有 0.03 英寸的宽度，该例是为了说明的目的给出的而非限制性的. 该具体例的电阻元件 10 的电阻值为 10 欧姆. 在该具体例中，衬底 13 的尺寸是 0.08 英寸长及 0.50 英寸高.

在该例中，电阻膜的线为 0.0004 英寸至 0.001 英寸厚（烧结厚度）.

接着来描述端子装置 11（图 1），具有各种各样的端子，包括（例如）通常与电阻元件 10 对齐的端子. 并不必需使端子与衬底 13 机械地连接，但在本实施例中最好是衬底具有对端子的焊接连接.

参照图 3，所示的网板印刷图迹 14 及焊区 16 形成端子装置 11 的一部分（图 1），它们位于靠近衬底 13 的各端部并且图迹大致平行于衬底的两端. 图迹 14 和焊区 16 同时地用低电阻率材料网板印刷，其电阻率最好小于每平方 5 毫欧姆. 它的一个例子是 DuPont 9770. 该 DuPont 9770 是一种铂－银合成物. 在端子（端接部分）图迹及焊区被网印沉积后，及在电阻元件 10 被沉积其上以前，该图迹及焊区被烧结. 类似地，在网印的电阻元件 10 沉积后，它也被烧结.

图示例中的端子装置包括爪型端子脚 17，它们被夹在焊区 16、 18 上，并焊在其上.

脚 17 被防止过于加热，这不仅是由于图迹 14 及焊区 16 的高导电率，而且因为电阻元件 10 远离衬底 13 的下边缘布置，相对地接近其上边缘. 因此在热产生电阻元件 10 及插在电路板孔的插脚部分之间具有大的热梯度. 该热梯度随着衬底变薄而增大.

应着重指出，也可使用各种另外的构型，例如使衬底作成非常小的高度，以致插脚非常接近电阻膜. 由此可获得较小的部件，正如当电阻元件 10 的电阻（例如）仅约为 1 欧姆时作法，这时具有常规电流引起的低功率损耗.

现在来详细说明容纳及密封装置（图 2），图示的优选该装置包括

衬底 13，因此它（在该优选形式中）不仅用来施加膜而且也作为容纳及密封装置的一部分．它还包括一个盖 19（图 1 及 2），其最好用它的顶部及侧面边缘与衬底 13 的顶部及垂直边缘对齐，并用它的下边缘 21 离开电阻元件 10 地布置．制作衬底 13 及盖 19 的一种示范材料为氧化铝．

部件 13、19 各可具有的厚度为 0.030 英寸．当压力较高时，各作成 0.040 英寸厚．甚至这些相当薄的由脆性氧化铝（作为例子）作的层将要承受由流过电阻元件 10 的大电流产生的压力．

该容纳及密封装置 12 还包括密封及连接材料 22（图 2），它充填在部件 13、19 面对着的表面之间的整个空间中．最好该材料为环氧树脂粘剂．因为它充填了除膜所占空间外的整个空间，所以在部件 13、19 之间基本上无空气（在环氧树脂中可能有很小的气泡）．

在该优选实施例中，在施加盖及端子以前，电阻元件 10 用面釉（玻璃层）23 覆盖．该玻璃层最好也是网印的并接着被烧结．一种示范材料是 DuPont 9137．最好在网板印刷期间使用 200 目的筛网进行二道处理，每道后在 550 ℃下烧结到形成高的表面光洁度．

如由图 6 能更好地表示的，玻璃层 23 实质上比电阻元件 10 大，以致它基本上延伸过电阻元件的侧面及端部．作为故障操作的结果，电阻元件 10 典型地沿每侧宽度上增大的量小于 10 %．也可能在宽度上不增大．

陶瓷衬底和盖、环氧树脂以及（优选的）玻璃层协同配合形成了一种有效的容纳及密封装置 12（如上所述），它能阻止 FCFR 的爆炸及阻止其断裂．在熔断开以后没有碎片，该产品的特征在于高度的安全性．

在与本产品相对应的另一产品中，除去尺寸外，盖 19 的下边缘比图 1 及 2 中所示的低得多并靠近脚 17 的夹的上部分．

为了实现本发明的方法，本产品或装置（最好是附图中所示的及上面详细描述的优选形式）被安装在电路板上或否则以串联的关系与待抗短路电流保护的元件或电路板图迹相连接．现在参照图 7，在该说明书开始所描述的示例情况下，被保护的是一个功率半导体电路。因此，在该示范情况下，本发明的 FCFR 与功率半导体电路可能发生短路电流的通路相串联．

因为有了本发明，可以相信基本上完全防止了（保护对象的）损伤和损坏的发生。相反地，所发生的将是，流过电阻元件的故障电流引起电阻导电部分熔断，这个熔断将在极短的时间上切断了电流。通过衬底13将非常清楚地看到一个亮的闪烁。在封装结构中图迹14上端之间的距离被作得足够能防止限制电流的重新恢复，而不管引起该装置断开的相对高的电压将继续存在。

上述具体例子的产品（10欧姆），在1000伏特DC及大约出现100安培时，切断电流的时间小于200微秒，其中极大部分电流的下降出现在开始的20微秒中。

因为本发明，就可以用相对少的电路板铜图迹构成一个控制电路。换言之，可在控制电路板上设置最小的图迹尺寸，因为本发明装置的熔断操作是非常快速的。其断路的快速和完全是惊人的。

当不使用玻璃（面釉）时，与使用玻璃的情况相比较，由故障电流操作产生的作用区域的边缘显著地膨胀。

如上所指出的，本发明（在其一个方面）包括功率半导体（以及与它相关的控制电路）与该FCFR的组合。根据本方法的一个方面，在上句中所述的组合能在150伏至1000伏AC/DC的范围中可靠地断开。

本装置将不具有任何未包含的电阻元件的部分。因此，例如，将不含有未盖起来的且暴露在衬底基片背面（露在外面的一侧）的盖与盖着的前面电阻元件在同一电路中的电阻元件部分。

方法与装置的附加讨论

本发明的FCFR方法及装置特征是其结果远超出本申请人曾听到的任何方法及装置的结果。例如，本FCFR的实际尺寸规格可在故障状态期间工作在2000伏DC上，并在50微秒内切断故障。这是安全地发生的，没有任何损坏或其它不希望的后果。仅出现光闪烁，它是故障外部可看到的后果。

本申请人不能确切地知道当故障期间在本FCFR中出现的惊人现象所涉及的若干理论。但现在将要指出：（1）对于获得该说明书中所述结果来说本申请人认为是重要的那些部件，及（2）在故障已出现后电阻元件的状态。

上述的钯－银Ferro 850包含钯和银以及玻璃。它们以粉末形式（颗粒）出现，当施加到衬底期间它们出现在一种合适的载体中（如用网络

印刷时），但通过烧结载体被排除．该钯－银 Ferro 850 是本发明显著优选形式的一个例子，即一定的金属及玻璃粒子（粉末）彼此混合．在烧结后，金属粒子与玻璃结合成一个导电膜．该膜的大部分就重量言是金属粒子．

在前一段中要指出的第二部件是电阻元件（如 10 ）的封闭容器或封闭外壳．在所述例中，衬底 13 、盖 19 、密封和连接材料 22 及面釉（一种形式） 23 以实际和经济的方式实现了封装．在没有封装的情况下，在大电压下的大电流故障状态期间将会是一个外部的“火球”．应当理解，有效的封闭容器涉及基本上排除了空气及基本上消除了空隙；在电阻元件（如 10 ）上或附近不希望有空气，因为应在最大程度上合理地阻止电弧起燃．

另一个在获得最佳结果方面的重要因素是电阻线（如 10 ）应非常薄．因而，典型地在网格印刷操作时使用 325 目至 400 目的筛网．在烧结后膜约为 0.0005 英寸厚．当使用 200 目的筛网时其效果较不能令人满意．

电阻膜 10 中的金属粒子很小．作为例子，这种粒子约为 1 微米的尺寸．

用金属作成非常薄的导电膜但在导电膜中未含玻璃，是非常不可取的．

现在描述在故障后的导电膜（如 10 ），这是通过首先去掉盖 19 ，环氧树脂 22 及面釉 23 来确定的．通过对电阻膜（线） 10 的显微镜检查，于是暴露地揭示了电阻膜（线） 10 中的存在许多间断、破裂或不连续处，并通过是在垂直于膜（线）的纵向轴上．申请人认为，这些破裂点的数目与故障持续期间在 FCFR 上出现的电压幅值有关．这些破碎点在膜（线）的纵向上彼此隔开．

例如，在一个 10 欧姆电阻值的 FCFR 中，当在故障期间出现的电压为 1000 伏时，在 0.68 英寸的膜（线） 10 中具有 63 破裂点．电压愈高产生的破裂点愈多，电压愈低产生愈少的破裂点．

典型地，每个这种破裂点（间断或不连续点）约为 0.0005 英寸到 0.003 英寸宽．这些破裂点通常不是空白，它们包含一些残余物及还有些金属小球．它们还包含一些玻璃，这些玻璃可用酸溶解掉以便能更好地看到金属．

这些破裂点呈现出“大河流的航摄照片”的模样，其中有“岛屿和峡沟”……，该“河流”的边缘（河床）不是直的而是无规则的。该“河流”基本延伸在电阻元件（如电阻线 10 ）的整个距离上（在上述例中为 0.030 英寸）。这些金属球从上方来看呈现非常大的“气球”的模样并悬浮在“河流”上方－典型地在“河床”上方。这些球具有各种尺寸。

这些破裂点（或一系列的破裂点）呈现由在电阻线的纵向上施加拉力来拉电阻膜或线所产生的模样。

本申请人有一些理论可解释所述的现象。但是不管（例如）使用电子显微照相的部件检查如何，大多数“解释”其大部分只是推测。有一些情况的出现是明显的:

（ 1 ）在破裂点中的某些金属变为熔化，因为它们抽缩成球（可能由于表面张力）。

（ 2 ）如上所述，电压愈高断裂点数目愈多。该多破裂点的故障状态明显地与传统的全部金属（线或金属部分）熔断时所发生的状态形成鲜明对照。在那里通常仅有一个断裂点，并且它将愈变愈大。但不知道本装置中的破裂点是同时发生的还是接连地发生的。

（ 3 ）封闭容器中包含着由导电膜的加热所产生的蒸汽，和/或可使熔化金属在其趋于增长成更大的球时受到抑制。这些效应中的一种或两者可阻止或熄灭电弧或电阻过大的破裂点增长。

（ 4 ）闪光似乎沿熔化的电阻长度上发生，而不是在一点上发生。

（ 5 ）故障电流如此快地被切断，以致封装结构不会爆炸或破裂。

（ 6 ）故障电流如此快地被切断，以致面釉的上表面通常不会熔化或受到影响（仅有时稍微产生“斑点”）。

（ 7 ）该现象不是玻璃中的金属熔化（溶解）的结果，溶解是不希望的，尽管有一些是可容许的。

（ 8 ）因为具有许多破裂点，降落在每个破裂点上的电压值大大下降了。这有些分压器之作用。

（ 9 ）任何起弧是容易抑制或熄灭的。

（ 10 ）上述的优选电阻值对于在切断电流紧前面限制故障电流幅值提供了很大便利。

图 8 的实施例

除了具体的描述外，图 8 的实施例与以上所述的及以下具体例子中

示范说明的实例是相同的.

在该实施例中，电阻线（膜）10通常未被面釉23覆盖，尽管它可以这样被覆盖.

盖19不存在，密封及连接材料（环氧树脂22）也不存在.

在电阻线10上，在该线烧结后提供一个化学键合的陶瓷物质26，它具有足够的厚度，以致在故障状态期间不会损坏，并相反地能保持由高电流引起的加热和熔断形成的压力.

作为一例，该物质26的优选形式约为0.03英寸厚，但是对于某些电阻或复合物，厚度作成0.04英寸至0.060英寸，以防止烧坏.

物质26以糊状形式通过注射来施加，然后，允许用空气干燥. 接着进行烘焙及固化. 例如，它可（在空气干燥后）在200℉下烘焙3小时，然后在300℉下固化一小时. 它将非常紧密地粘附在衬底上.

一种优选的这样的陶瓷物质是“Cerama-Dip538”. 它是用于埋置高温电阻丝等的介电涂料. 它的大部分由矾土构成. 它由纽约 Aremco 胶产品公司（Products Inc.,of Ossining）出品.

图9至14的实施例

本简单又经济的FCFR的一个优点是，它能以电子工业所希望的方式封装. 因此，例如它可封装成散热器安装器件，辐射引线器件或轴向引线器件，或表面安装器件. 这些器件能具有标准物理尺寸及引脚.

在图9－14中与图1－8中相对应的部分使用相同的标号，但跟随后标“a”. 衬底13a相应于衬底13，所不同的是垂直方向有些加长. 在其上被网格印刷及然后烧结了低电阻率的图迹14a和焊区16a. 接着，在其上网格印刷了电阻膜（线）10a并烧结. 在它们上面再网络印刷面釉23a并烧结.

然后，将引线或脚28焊到焊区16a上，并使其彼此平行地从衬底13a上向外伸出. 盖19a（图13）通过保持及密封材料（环氧树脂）来施加. 或者使用陶瓷材料（如26）.

接着使一种合成树脂的模制封装或壳体29（图14）通过转移模或注模形成在图13中所示的组件的外围. 图示的封装29具有一个穿透的螺杆孔30，以便使该器件作为散热器安装器件使用.

图15－16的实施例

根据本实施例，该电阻膜（线）106相当于复合物等作的线10和

10a，但在主要方面有区别．它不是连续的而是分段的．各个段通过低电阻率的焊区连接在一起，这些焊区相当于焊区（及图述）14 - 16 和 14a - 16a 的复合物．

在图示的形式中，在衬底 13a（它与前面实施例中的衬底相同的角部分具有四个焊区 32、33、34 和 35．

电阻膜（线）的各部分 36、37 和 38 分别连接在焊区 32 - 33，33 - 34 和 34 - 35 之间．除去长度及方向外，各部分 36、37 和 38 各与电阻膜 10 相同．

图示部分 36、37 和 38 彼此成直角．它们的组合长度比图 10a 的长度（作为例子）长得多．因此，图 15 - 16 的实施例在故障状态结束后能比图 9 - 14 的实施例耐更高的电压．故障电压降沿膜长度－更具体地沿该线中的破裂点分布，因此较长的线提供了对更高故障电压的更好绝缘．

低电阻率的角焊区 33、34 减少了在角区上可能起弧的机会、或在角区上产生不希望有的大的破裂点的机会．大的破裂点是不希望有的，所希望的是如涉及第一实施例所述的多个小破裂点．

图 15 - 16 的装置是通过按照涉及图 11、12、13 及 14 所示和所述的步骤来完成的．其结果是高压 FCFR，它为小型的并如希望的那样成形和封装，及能以惊人的速度切断大电流．

为了完整地提交，附上 11 页的题为“附加具体例”的附录，以便结合于此作为参考．

在附设权利要求中使用的词“玻璃”不仅包含该词的传统意思，而且也包含在烧结导电膜中的玻璃状基质时具有成形能力的任何陶瓷物质，该玻璃状基质其功能等同于玻璃，以使得能获得如上详细描述的多个破裂点．也可以理解，在某些情况下在烧结时可由沉积材料中的玻璃形成组分“制成”玻璃．玻璃材料可包含加强的填充物．在附设权利要求中所用的词“金属”也可包括与金属性金属一起使用的某些导电金属氧化物．

显然，对于以上的详细说明可以理解为仅是通过图解及例子的方式给出的，本发明的精神和范围仅由附设权利要求书来限定．

附加具体例

使用在 FCFR 测试组的结构中的材料

衬底：在所有测试方案中使用 96 % AL_2O_3（矾土）的平衬底。

端子：正面端子及适用场合用的背面端子。

DuPont 9770 导体混合物。约 3 微欧姆每平方的非常低的电阻率。端子设计的电阻率和/或尺寸给出了相对 FCFR 的低端子电阻，以避免当元件的故障电流熔断期间端子图迹的过热和故障。250 目网印（背面及前面）。根据通用的厚膜烧结方法在 850 ℃下烧结。

FCFR 元件材料 A：Ferro 850 系列配方号 No.1/5。钯银混合物。当用 200 目网印沉积及在 850 ℃下烧结时由 Ferro 规定的电阻率为每平方 1/5Ω（0.20Ω 每平方）。

该材料是由金属粉末、陶瓷粉末及有机载体组合成的。该混合物是由下列（按重量）组成的：

钯 15 % 至 75 %，约 1μm 的粒度；

银 10 % 至 50 %，约 1μm 的粒度；

钡硼硅玻璃 5 % 至 30 %，约 1μm 的粒度；

该玻璃在约 700 ℃至 800 ℃的范围中熔化。

载体 8 % 至 25 %。

有机载体提供了厚膜网板印刷所需的粒子悬浮及流体特性。为了形成 FCFR 装置的电阻元件，该材料用最好 325 目筛网、更好为 400 目筛网被网板印刷，形成一个薄沉积膜。在网印后该材料在 100 ℃下干燥 15 分钟。然后该材料在 800 ℃至 900 ℃范围中烧结，使用 60 分钟烧结分布图及在峰值温度上约 10 分钟。该烧结处理使有机载体成分干净地烧毁及去除而留下金属及玻璃粒子。这发生在烧结初始阶段期间的较低温度时。在烧结处理的高温时，玻璃熔化，使金属粒子粘结成导电膜并使该元件粘结到衬底上及与端子形成导电接触。这与标准厚膜工艺相一致。

故障电流熔断电阻材料 B：DuPont 9596 铂金。该材料是由金属粉末，玻璃和/或陶瓷成分，及有机载体成分组合成的。该材料由 DuPont（按重量）给出如下：

金的金属粉末 30 % 至 60 %；

钯的金属粉末 1 % 至 5 %；

铂的金属粉末 10 % 至 30 %；

玻璃或陶瓷成分 10 % 至 30 %；

载体 10 % 至 30 %.

有机载体提供了厚膜网板印刷所需的粒子悬浮及流体特性. 为了形成 FCFR 装置的电阻元件, 该材料用最好 325 目筛网, 更好为 400 目筛网被网印, 形成一薄沉积膜. 在网印后该材料在 100 ℃下干燥 10 分钟, 然后该材料在 800 ℃至 900 ℃范围中烧结, 使用 60 分钟烧结分布图及在峰值温度上约 10 分钟. 该烧结处理使有机载体成分干净地烧毁及去除而留下金属及玻璃粒子. 这发生在烧结初始阶段期间的较低温度时. 在烧结处理的高温时, 玻璃熔化, 使金属粒子粘结成导电膜并使该元件粘结到衬底上及与端子形成导电接触. 这与标准厚膜工艺相一致.

FCFR 元件材料 C:

Caddock PH-DC 钯混合物.

该材料是由金属粉末、玻璃和/或玻璃形成配方及有机载体组合成的. 该材料的组成(按重量)如下:

钯金属粉末 75 % 至 80 %, 约 1μm 的粒度;

玻璃和/或陶瓷粉末 10 % 至 12 %, 约 1μm 的粒度;

该玻璃在 700 ℃至 800 ℃的范围中熔化;

载体 11 % 至 14 %.

有机载体提供了厚膜网板印刷所需的粒子悬浮及流体特性. 为了形成 FCFR 装置的电阻元件, 该材料用最好 325 目筛网、更好为 400 目筛网被网板印刷, 形成一个薄沉积膜. 在网印后该材料在 100 ℃干燥 15 分钟. 然后该材料在 850 ℃至 900 ℃范围中烧结, 使用 60 分钟烧结分布图及在峰值温度上约 10 分钟. 该烧结处理使有机载体成分干净地烧毁及去除而留下金属及玻璃粒子. 这发生在烧结初始阶段期间的较低温度时, 在烧结处理的高温时, 玻璃熔化, 使金属粒子粘结成导电膜并使该元件粘结到衬底上及与端子形成导电接触. 这与标准厚膜工艺相一致.

FCFR 元件材料 D:

DuPont 9770 铂银混合物.

当以 200 目筛网沉积及在 850 ℃烧结时, 电阻率约 3 毫欧姆/平方.

该材料是由金属粉末、玻璃和/或玻璃形成配方及有机载体组合成的. 该材料由 DuPont (按重量) 给出如下:

银金属粉末大于 60 %,

铂， 0.1 % 至 1 %，

玻璃和/或玻璃形成配方， 0.2 % 至 2 %，

氧化铜 0.1 % 至 1 %，

铜金属粉末，小于 0.1 %，

载体， 12 % 至 25 %.

有机载体提供了厚膜网板印刷所需的粒子悬浮及流体特性. 为了形成 FCFR 装置的电阻元件，该材料最好用 325 目筛网，更好为 400 目筛网被网板印刷，形成一个薄沉积膜. 在网印后，该材料在 100 ℃下干燥 15 分钟. 然后该材料在 850 ℃至 900 ℃范围中烧结，使用 60 分钟烧结分布图及在峰值温度上约 10 分钟. 该烧结处理使有机载体成分干净地烧毁及去除，而留下金属及玻璃粒子. 这发生在烧结初始阶段期间的较低温度时. 在烧结处理的高温时，玻璃及玻璃形成材料熔化，使金属粒子粘结成导电膜并使该元件粘结到衬底上且与端子形成导电接触. 粘结是由铜成分与矾土衬底的化学键合增强的. 这与标准厚膜工艺相一致.

面釉: DuPont 9137，绿玻璃. 用 105 目筛网网印，或最好用 200 目筛网网印二道，以消除针孔并获得最可靠的纯化（高熔断电阻）. 在每道网印后在 550 ℃上烧结到高表面光洁度.

陶瓷盖及环氧树脂填充料: Al_2O_3 的平陶瓷平被放置到元件上面. 环氧树脂是 Emerson & Cuming 公司的产品 Ecco Bond 27 . 环氧树脂在衬底与盖的交面上沿端子附近的盖边缘被分配. 通过毛细作用环氧树脂被吸入并填充在陶瓷盖和陶瓷衬底之间. 实质上消除了所有的空气. 该组件经过时间及炉烘工序被固化.

陶瓷涂料: Aremco 产品: Ceramic Dip 538 .

矾土基糊剂被稀释到在分配后能自均化的点上. 然后利用射被施加在元件区域上，并具有足够的重叠及厚度（约 0.040 英寸），以提供所需的强度，并如专利说明书中所述地通过时间及炉烘来固化.

测试组 A:

其结果如图 1 至图 6 所示:

前面端子: DuPont 9770,325 目沉积;

背面端子: DuPont 9770,250 目沉积;

FCFR 元件尺寸: 0.03 英寸 × 0.680 英寸;

FCFR 元件: 电阻值 10Ω，材料 A ferro 850-1/5， 400 目沉积，

800 ℃烧结.

面釉: 2层, 200目沉积;

元件区域封装: 陶瓷盖及环氧树脂填充料;

故障电流熔断电阻性能: 初始电阻10Ω±10 %

样品:	故障电压:	结果:
组 A No.1	250V,DC	断开－切断到大于
	约 25A	约 50MegΩ,在 250VDC 下测得,
		时间: 约 200μs 到约 90 % 切断,
		约 800μs 到约 100 % 切断,
		元件中破裂点一个破裂点.
组 A No.2	500V, DC	断开－切断到大于
	约 50A	约 100MegΩ,在 500VDC 下测得,
		时间: 约 70μs 到约 90 % 切断,
		约 300μs 到约 100 % 切断,
		元件中破裂点－ 23 个破裂点.
组 ANo.3	100V,DC	断开－切断到大于
	约 100A	约 1000MegΩ,在 1000VDC 下测得,
		时间: 约 20μs 到约 90 % 切断,
		约 200μs 到约 100 % 切断,
		元件中破裂点－ 63 个破裂点.
组 A No.4	1500V, DC	断开－切断到大于
	约 150A	约 10,000MegΩ, 在 1000VDC 下测得
		时间: 约 20μs 到约 90 % 切断,
		约 100μs 到约 100 % 切断,
		元件中破裂点－ 89 个破裂点.

测试组 B:

其结构如图 3 至图 6 中所示, 具有陶瓷涂剂封装, 所不同者为衬底稍大及元件稍长.

衬底尺寸: 1,050 英寸 × 0,630 英寸 × 0,040 英寸;

前面端子: DuPont 9770, 325 目沉积;

背面端子: DuPont 9770,250 目沉积;

FCFR 元件尺寸: 0.030 英寸 × 0.790 英寸;

FCFR 元件：电阻值 10Ω，材料 A Ferro 850-1/5，400 目沉积，800 ℃烧结；

面釉：2 层，200 目沉积；

元件区域封装：陶瓷涂剂.

故障电流熔断电阻性能：初始电阻 10Ω±10 %

样品：	故障电压：	结果：
组 A No.1	250V,DC	断开－切断到大于
	约 50A	约 10MegΩ,在 500VDC 下测得，
		时间：约 100μs 到约 90 % 切断，
		约 300μs 到约 100 % 切断，
组 B No.2	1000V，DC	断开－切断到大于
	约 100A	约 10MegΩ,在 1000VDC 下测得，
		时间：约 20μs 到约 90 % 切断，
		约 200μs 到约 100 % 切断，
组 B No.3	1500V,DC	断开－切断到大于
	约 150A	约 100MegΩ,在 1000VDC 下测得，
		时间：约 15μs 到约 90 % 切断，
		约 50μs 到约 100 % 切断，

测试组 C：

其结构如图 3、4 及 5 所示．所不同者是衬底稍大及元件稍大．没有面釉．该组使用陶瓷涂剂作为封装．

衬底尺寸：1,050 英寸 × 0,630 英寸 × 0,040 英寸；

前面端子：DuPont 9770，325 目沉积；

背面端子：DuPont 9770,250 目沉积；

FCFR 元件尺寸：0.030 英寸 × 0.790 英寸；

FCFR 元件：电阻值 10Ω，材料 A Ferro 850-1/5，400 目沉积，800 ℃烧结；

面釉：无；

文件区域封装：陶瓷涂剂.

故障电流熔断电阻性能：初始电阻 10Ω±10 %

样品:	故障电压:	结果:
组 C No.1	500V,DC	断开－切断到大于
	约 50A	约 3MegΩ,在 500VDC 下测得,
		时间: 约 70μs 到约 90 % 切断,
		约 300μs 到约 100 % 切断,
组 C No.2	1000V， DC	断开－切断到大于
	约 100A	约 6MegΩ,在 1000VDC 下测得,
		时间: 约 10μs 到约 90 % 切断,
		约 100μs 到约 100 % 切断,
组 C No.3	1500V,DC	断开－切断到大于
		约 20MegΩ,在 1000VDC 下测得,
		时间: 约 10μs 到约 90 % 切断,
		约 70μs 到约 100 % 切断,

测试组 D:

其结构如图 3 至图 6 中所示，所不同者是 0.015 英寸宽（垂直尺寸）的有盖元件．并且衬底稍大及元件稍大．

衬底尺寸: 1,050 英寸 × 0,630 英寸 × 0,040 英寸;

前面端子: DuPont 9770， 325 目沉积;

背面端子: DuPont 9770,250 目沉积;

FCFR 元件尺寸: 0.015 英寸 × 0.790 英寸;

FCFR 元件: 电阻值 10Ω，材料 A Ferro 850-1/5， 400 目沉积，800 ℃烧结;

面釉: 2 层， 200 目沉积;

元件区域封装: 陶瓷盖及环氧树脂填充料.

故障电流熔断电阻性能: 初始电阻 18Ω±10 %

样品:	故障电压:	结果:
组 D No.1	500V,DC	断开－切断到大于
	约 27.8A	约 10,000MegΩ,在 500VDC 下测得,
		时间: 约 50μs 到约 90 % 切断,
		约 200μs 到约 100 % 切断,

元件中破裂点－20个破裂点

组 D No.2	1000V， DC 约 55.5A	断开－切断到大于 约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得， 时间：约 10μs 到约 90 % 切断， 约 150μs 到约 100 % 切断， 元件破裂点－44 个破裂点
组 D No.3	1500V,DC 约 83.3A	断开－切断到大于 约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得， 时间：约 10μs 到约 90 % 切断， 约 100μs 到约 100 % 切断， 元件中破裂点－71 个破裂点.
组 DNo.4	2000V， DC 约 111.1A	断开－切断到大于 约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得， 时间：约 10μs 到约 90 % 切断， 约 100μs 到约 100 % 切断 元件中破裂点－78 个破裂点.

测试组 E：

其结构如图 3 至 6 所示. 所不同者是 0.015 英寸宽（垂直尺寸）的元件有面釉及陶瓷涂剂封装.

衬底尺寸： 1,050 英寸 × 0,630 英寸 × 0,040 英寸；

前面端子： DuPont 9770， 325 目沉积；

背面端子： DuPont 9770,250 目沉积；

FCFR 元件尺寸： 0.015 英寸 × 0.790 英寸；

FCFR 元件：电阻值 7Ω，材料 B DuPont 9596;400 目沉积， 850 ℃烧结；

面釉： 2 层 200 目沉积；

元件区域封装：陶瓷涂剂.

故障电流熔断电阻性能：初始电阻 7Ω±10 %

样品：	故障电压：	结果：
组 E No.1	500V,DC 约 71.4A	断开－切断到大于 约 10,000MegΩ,在 500VDC 下测得， 时间：约 50μs 到约 90 % 切断，

约 200μs 到约 100 % 切断，

组 ENo.2	1000V， DC	断开－切断到大于
	约 142.9A	约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得，
		时间：约 10μs 到约 90 % 切断，
		约 100μs 到约 100 % 切断，
组 E No.3	1500V,DC	断开－切断到大于
	约 214.3A	约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得，
		时间：约 10μs 到约 90 % 切断，
		约 100μs 到约 100 % 切断，
组 E No.4	2000V,DC	断开－切断到大于
	约 285.7A	约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得，
		时间：约 10μs 到约 90 % 切断，
		约 100μs 到约 100 % 切断

测试组 E：

其结构如图 1 至 6 所示，所不同者是衬底较大及元件稍长；

衬底尺寸：1,050 英寸 × 0,630 英寸 × 0,040 英寸；

前面端子：DuPont 9770， 325 目沉积；

背面端子：DuPont 9770,250 目沉积；

FCFR 元件尺寸：0.030 英寸 × 0.790 英寸；

FCFR 元件：电阻值 7Ω，材料 C Caddock PH-DC;400 目沉积， 800 ℃烧结；

面釉：2 层,200 目沉积；

文件区域封装：陶瓷盖及环氧树脂填充料.

故障电流熔断电阻性能：初始电阻 7Ω±10 %

样品：	故障电压：	结果：
组 F No.1	500V,DC	断开－切断到大于
	约 71.4A	约 10,000MegΩ,在 500VDC 下测得，
		时间：约 50μs 到约 90 % 切断，
		约 200μs 到约 100 % 切断，

		元件中破裂点－22个破裂点.
组 FNo.2	1000V， DC	断开－切断到大于
	约 142.9A	约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得,
		时间: 约 30μs 到约 90 % 切断,
		约 150μs 到约 100 % 切断,
		元件中破裂点－55个破裂点.
组 F No.3	1500V,DC	断开－切断到大于
	约 214.3A	约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得,
		时间: 约 20μs 到约 90 % 切断,
		约 100μs 到约 100 % 切断,
		元件中破裂点－86个破裂点.
组 E No.4	2000V,DC	断开－切断到大于
	约 285.7A	约 10,000MegΩ,在 1000VDC 下测得,
		时间: 约 10μs 到约 90 % 切断,
		约 100μs 到约 100 % 切断
		元件中断裂点－远大于 86 个破裂点.

测试组 G:

其结构如图 3、4 及 5 所示. 所不同者是 0.015 英寸宽（垂直尺寸）的元件，有面釉及陶瓷涂剂封装.

衬底尺寸: 1,050 英寸 × 0,630 英寸 × 0,040 英寸;

前面端子: DuPont 9770， 325 目沉积;

背面端子: DuPont 9770,250 目沉积;

FCFR 元件尺寸: 0.015 英寸 × 0.790 英寸;

FCFR 元件: 电阻值 0.35Ω，材料 D DuPont 9770, 400 目沉积， 850 ℃烧结;

面釉: 2 层,200 目沉积;

元件区域封装: 陶瓷涂剂,该涂层厚度当固化时必需大于 0.040 英寸.

故障电流熔断电阻性能: 初始电阻 0.35Ω±10 %

样品:	故障电压:	结果:
组 G No.1	300V,DC	断开－切断到大于
	约 857A	约 5,000MegΩ,在 300VDC 下测得,

时间: 约 50μs 到约 90 % 切断,
约 200μs 到约 100 % 切断,

组 G No.2	500V， DC 约 1428A	断开－切断到大于 约 5,000MegΩ,在 500VDC 下测得, 时间: 约 30μs 到约 90 % 切断, 约 300μs 到约 100 % 切断,
组 G No.3	1000V,DC 约 2857A	断开－切断到大于 约 5,000MegΩ,在 1000VDC 下测得, 时间: 约 5μs 到约 90 % 切断, 约 300μs 到约 100 % 切断,

说 明 书 附 图

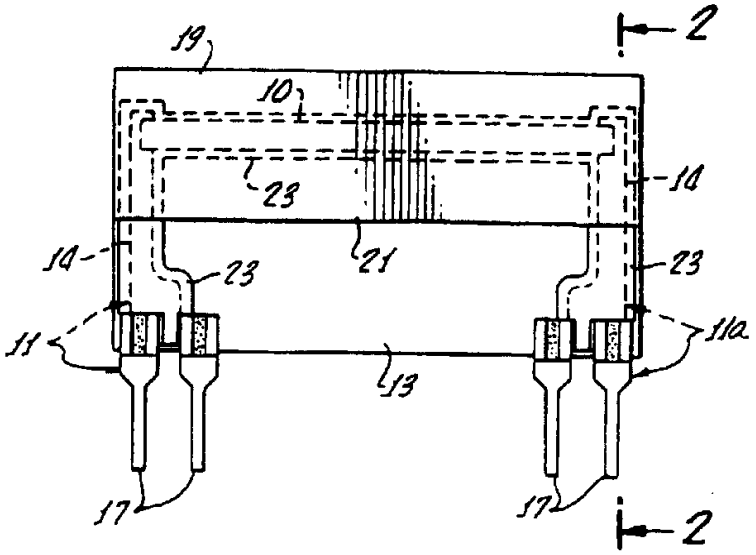


图 1

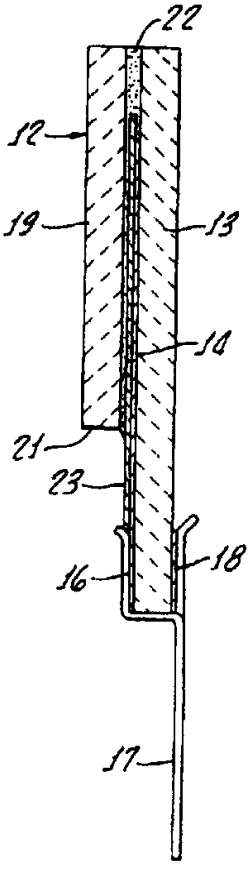


图 2

图 3

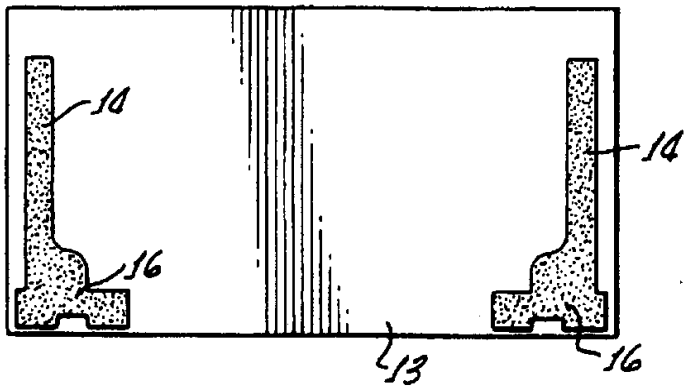


图 4

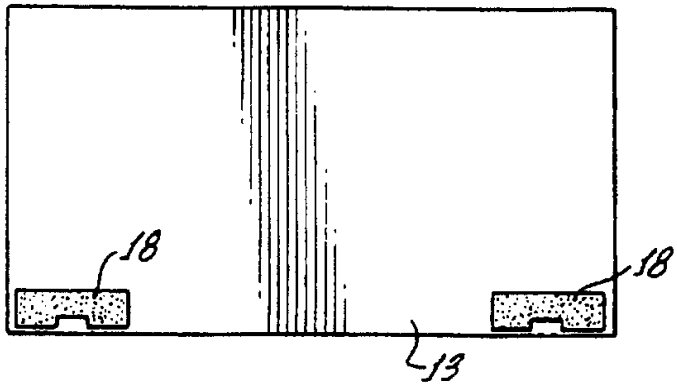


图 5

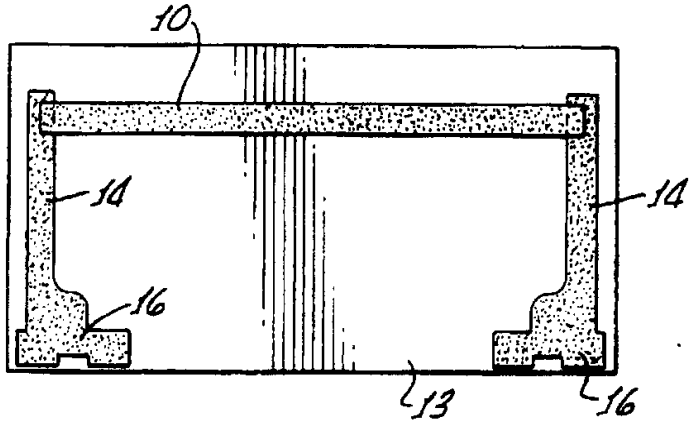
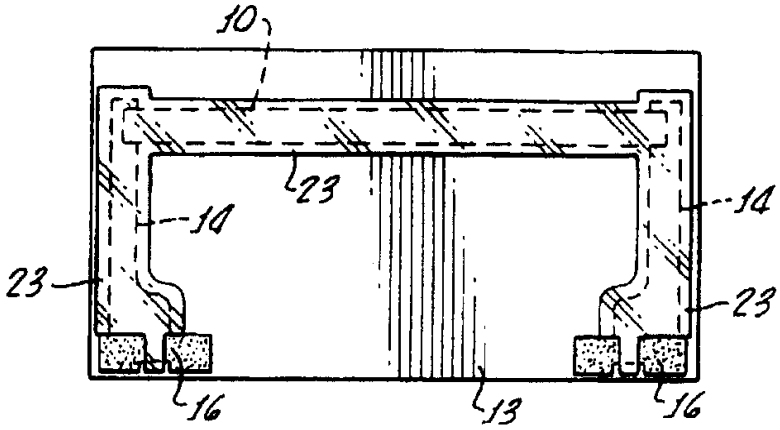


图 6



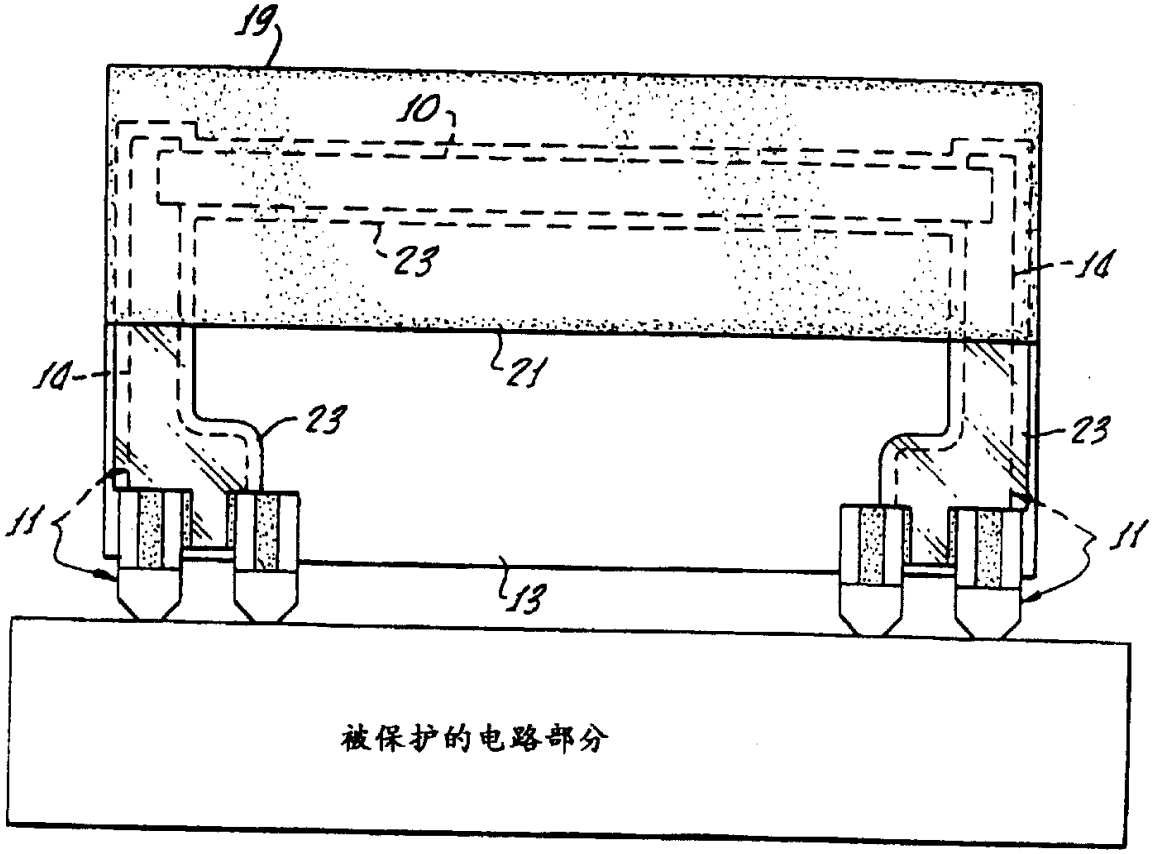


图 7

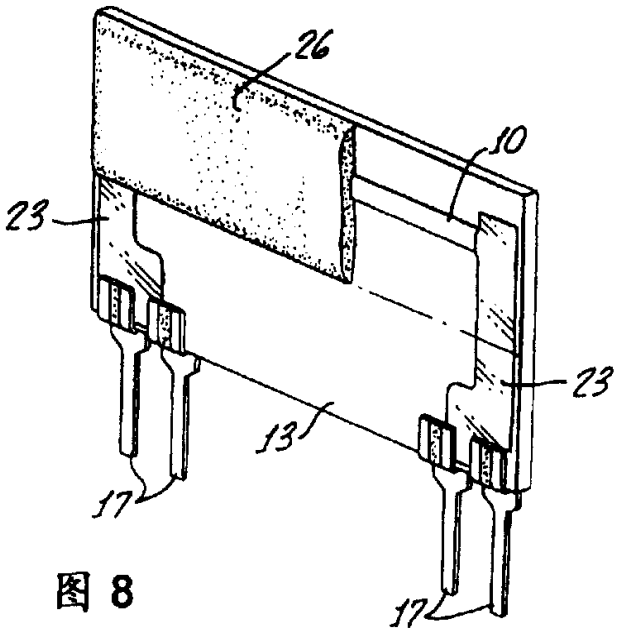


图 8

图 9

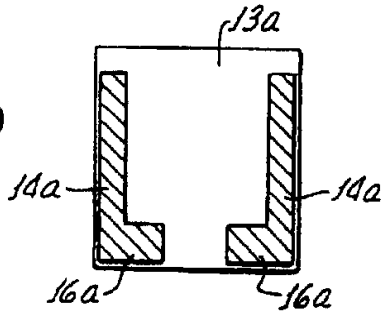


图 10

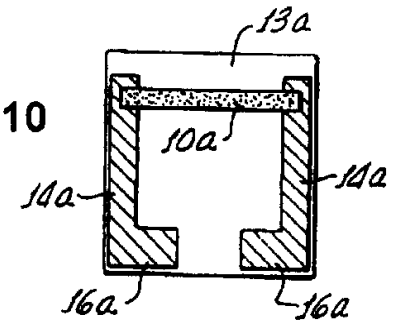


图 11

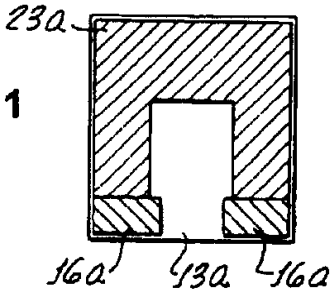


图 12

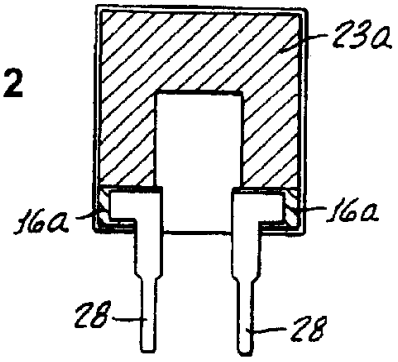


图 13

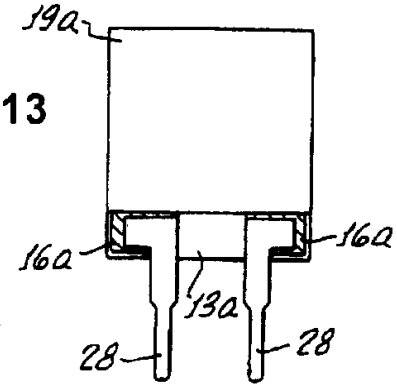


图 14

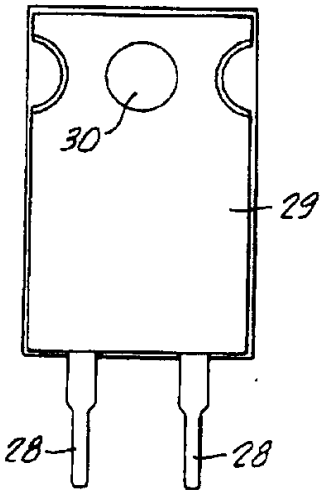


图 15

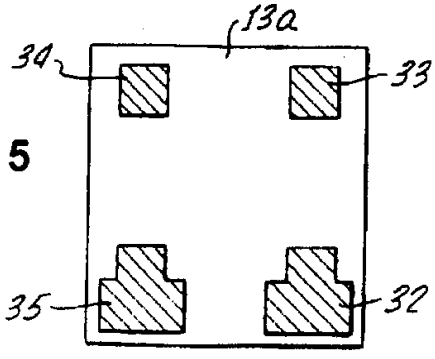


图 16

