



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107004547 B

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201580064075.9

(22)申请日 2015.12.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107004547 A

(43)申请公布日 2017.08.01

(30)优先权数据
62/086472 2014.12.02 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.05.25

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/063334 2015.12.02

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/133574 EN 2016.08.25

(73)专利权人 伊顿智能动力有限公司
地址 爱尔兰都柏林

(72)发明人 R·S·道格拉斯 S·怀尔亚纳
黄刚 冯大成 杨辉

(74)专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理
有限公司 11280

代理人 王勇 王博

(51)Int.Cl.
H01H 85/08(2006.01)
H01H 85/18(2006.01)

(56)对比文件
JP 2011060687 A,2011.03.24
JP 2011060687 A,2011.03.24
US 4358747 A,1982.11.09
US 5270679 A,1993.12.14
US 2008314070 A1,2008.12.25
US 2882244 A,1959.04.14
CN 101527235 A,2009.09.09
CN 101615525 A,2009.12.30
CA 1186716 A,1985.05.07
DE 2932570 A1,1980.11.13
US 3838375 A,1974.09.24
JP H10125212 A,1998.05.15

审查员 陈丽婷

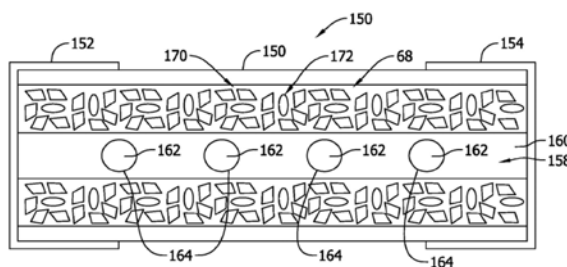
权利要求书1页 说明书14页 附图14页

(54)发明名称

具有增强的电弧缓解和热管理的电力熔丝及制造方法

(57)摘要

具有包含水合沸石材料(170)和石英砂(172)的填充物材料的电力熔丝促进了减小封装大小的电熔丝的增加功率密度。所述水合沸石材料释放水以冷却且抑制较高功率电路中经历的电弧条件。熔丝元件(158)形成为具有若干孔口(162)的平面条带(160),所述孔口界定减少的横截面积的区域(162),所述区域充当弱点以促进电弧划分。



1. 一种电力熔丝,其包括:

外壳;

耦合到所述外壳的第一和第二导电端子;

在所述外壳中且电连接到所述第一和第二导电端子的导电熔丝元件,所述导电熔丝元件是导电金属的平面条带,其在电力系统中响应于预定电流条件而断开所述第一和第二导电端子之间的电路,并且在所述导电熔丝元件在结构上失效以断开所述电路时,所述导电熔丝元件促进电弧划分;以及

填充物材料形式的有效冷却机制,其在所述外壳中包围所述导电熔丝元件并且被调配为冷却所述导电熔丝元件以及在不足以使所述导电熔丝元件失效并断开通过所述第一和第二导电端子连接的电路的重复加载电流循环事件时减少所述导电熔丝元件上的热-机械应变,从而增加所述电力熔丝的预期寿命;

其中所述有效冷却机制的填充物材料包括分子筛材料,所述分子筛材料以所选择的量水合,以响应于所述预定电流条件而在所述重复加载电流循环事件时有效地冷却所述导电熔丝元件,同时还维持所述导电熔丝元件的预定熔化时间-电流特性;

其中所述填充物材料是100%分子筛材料。

2. 根据权利要求1所述的电力熔丝,其中所述分子筛材料包括沸石材料。

3. 根据权利要求1所述的电力熔丝,其中所述分子筛材料包括天然分子筛材料。

4. 根据权利要求3所述的电力熔丝,其中所述天然分子筛材料是无机沸石材料。

5. 根据权利要求1所述的电力熔丝,其中所述分子筛材料包括合成分子筛材料。

6. 根据权利要求5所述的电力熔丝,其中所述合成分子筛材料展现结晶-铝硅酸盐-微孔结构。

7. 根据权利要求1所述的电力熔丝,其中所述分子筛材料包括两种或更多种不同沸石材料。

8. 根据权利要求1所述的电力熔丝,其中所述分子筛材料包括斜发沸石。

具有增强的电弧缓解和热管理的电力熔丝及制造方法

[0001] 相关申请案的交叉参考

[0002] 本申请案要求2014年12月2日申请的第62/086,472号美国临时申请案的权益,所述美国临时申请案的完整公开内容以全文引用的方式并入本文。

背景技术

[0003] 本发明的领域大体上涉及电路保护熔丝及制造方法,且更具体来说涉及用以在熔丝断开电路路径时增强电弧缓解和热管理的电路保护熔丝及制造方法。

[0004] 熔丝广泛地用作过电流保护装置以防止对电路的代价高的损坏。熔丝端子通常在电源或电力供应器与布置于电路中的电组件或组件组合之间形成电连接。一个或多个可熔的链接或元件或熔丝元件组合件连接于熔丝端子之间,以使得当通过熔丝的电流超过预定极限时,所述可熔的元件熔化且通过所述熔丝断开一个或多个电路以防止电组件损坏。

[0005] 鉴于电力系统的持续扩大的变化,已知的电熔丝在一些方面中是有缺点的。确切地说,行业趋向于提供较高表现的熔丝而无需改变熔丝相对于常规熔丝的物理封装大小,或替代地以比常规熔丝小的物理封装大小提供较高表现的熔丝,从而对电熔丝制造商带来实际挑战。高功率、高电流应用在电力系统中变得较为流行,且对熔丝制造商施加了增加的需求以提供能够在所需封装大小约束内这些应用中表现较好的熔丝。确切地说,在较高功率、较高电流和/或较高电压应用中,相对于常规提供的熔丝,电弧能量可能在熔丝操作时显著地增加。常规熔丝构造在这些应用中并未经良好配备以容纳所述电弧能量,且因此完全无法以某些封装大小来可靠地提供。需要做出改进来满足市场的需要。

附图说明

[0006] 参考以下图式描述非限制性且非详尽性实施例,其中除非另外指定,否则类似参考标号贯穿各图指代类似部分。

[0007] 图1是包含熔丝的示范性电力系统的框图。

[0008] 图2是图1中示出的电力系统的示范性示意图。

[0009] 图3示意性地说明在熔丝的操作期间的电弧条件。

[0010] 图4说明用于图1到3中所示的熔丝的填充物材料的沸石成份的结晶结构。

[0011] 图5说明在用于图1到3中所示的熔丝的示范性填充物材料的一部分中水分子与金属阳离子相互作用。

[0012] 图6说明包含图5中所示的水分子与金属阳离子相互作用的填充物材料结构。

[0013] 图7说明在电弧条件中提供离子交换和离子捕获功能的填充物材料的沸石成份的结晶结构。

[0014] 图8说明根据本发明的实施例形成的示范性熔丝的侧视立面图。

[0015] 图9是图8中所示的熔丝的端视图。

[0016] 图10是图8中所示的熔丝沿着图9中的线A-A的截面图。

[0017] 图11示出了在第一操作阶段中的图9中所示的熔丝的一部分。

- [0018] 图12示出了在第二操作阶段中的图9中所示的熔丝的一部分。
- [0019] 图13说明用于图8中所示的熔丝的示范性电流加载。
- [0020] 图14说明图8中所示的熔丝的一部分上的加热和冷却效应。
- [0021] 图15说明图14中所示的熔丝的一部分上的热应变效应。
- [0022] 图16说明根据本发明的制造熔丝的示范性方法的流程图。

具体实施方式

[0023] 在下文描述电熔丝的示范性实施例,其包含增强的电弧缓解和热管理特征以促进较高功率、较高电流和/或较高电压应用中的较高表现的熔丝。所述增强的电弧缓解和热管理特征促进了具有与常规熔丝约相同大小的电熔丝中的增加功率密度和/或相对于常规熔丝具有较小物理大小的熔丝中的增加功率密度。所述增强的电弧缓解和热管理特征也使得可能制造某一物理大小的熔丝,其具有使用常规熔丝制造技术可难以获得(如果并非不可能)的熔丝额定值。

[0024] 经由下文进一步描述的增强型熔丝填充物材料,有时称为电弧猝灭或电弧抑制介质或材料,使这些和其它益处成为可能。与所述电弧猝灭或电弧抑制材料以及包含这些材料的电熔丝相关联的方法方面将部分地显而易见且部分地在下文论述中显现。

[0025] 图1是示范性电力系统50的框图,所述电力系统包含与电熔丝56介接的电力供应器或线路侧电路52和电力接收或负载电路54。电熔丝56对负载电路54提供过电流保护。在正常操作条件中,熔丝56完成电路路径且促进线路侧电路52与负载侧电路54之间的电流流动。因此,当线路侧电路52供能时电流可通过熔丝56从线路侧52流动到负载侧54。

[0026] 然而,响应于预定电流条件,熔丝56断开通过熔丝56的电路路径且断开线路侧电路52与负载侧电路54之间的连接。即,当熔丝从其正常电流携载状态操作到其不可再导电的断开状态时,熔丝56建立开路。造成熔丝56断开的预定电流条件可以在应用之间不同,且可以由电故障条件引起。在任何情况下,一旦熔丝56操作以断开线路侧电路52与负载侧电路54之间的连接,线路侧电路54便与线路侧电路52电隔离,且潜在地防止到线路侧电路54的损坏性电流。

[0027] 线路侧电路52和负载侧电路54可以是或可以包含任何类型的交流(AC)或直流(DC)电路。电力系统50可为任何装置、系统或设备的独立电力系统,包含但不限于用于交通工具的交通工具电力系统。在交通工具以及连接到交通工具电气系统的各种电装置和电器的情境中,所述交通工具在各种示范性实施例中可以是乘客交通工具(例如,被设计用于道路使用的摩托车、汽车、卡车和公共汽车)、商业交通工具(例如,拖拉机拖车、邮政卡车、送货交通工具、垃圾车和搬运车、叉车)、建筑交通工具(例如,挖掘机、反铲挖土机、推土机、装载机以及运土设备、平路机、辊压机、自卸卡车)、经装备以用于军事用途的所有类型的交通工具、被设计用于道路外使用的交通工具(例如,拖拉机和农场交通工具、四轮驱动交通工具、运动型多用途车、全地形交通工具、越野摩托车、沙滩车、攀岩车、钢管车、雪地机动车、高尔夫车)、各种类型的海洋交通工具(例如,舰、船、潜艇、个人船艇和其它船舶)、各种类型的飞机(例如,飞机和直升飞机)、航天器(例如,导弹、火箭、卫星和穿梭机)、休闲交通工具(例如,RV和野营拖车),或者由机械、电以及其它系统和子系统推动和/或供电的运输人或事物的其它模式。熔丝56可与交通工具的任何系统或子系统相关联,无论是主要的还

是的。

[0028] 现代的交通工具设计和要求大体上但尤其对于电动和所谓的混合动力交通工具来说现在要求较轻重量的组件以及尺寸减少,以满足里程要求和成本减少目标。现代的交通工具设计也采用比常规交通工具电力系统更高操作电压、且有时大体上更高电压和电流的电力系统。这些需求变得越来越难以使用现有熔丝制造技术来满足。

[0029] 电力系统50可同样与例如所有种类的电子装置等特定装置相关联。线路侧电路52可包含电池电力供应器或其它能量存储装置或电力源。在一些情况下,包含电力系统50的电子装置可为便携式或手持式装置。这些便携式或移动电子装置包含以下装置,例如蜂窝式电话、智能电话、笔记本或膝上型计算机、平板计算机、便携式DVD播放器、音频和视频媒体娱乐装置、电子阅读器装置、便携式游戏装置、便携式全球定位系统(GPS)装置、无线电装置、数码相机装置和视频记录器,等等。当然,非便携式电子装置也可包含电力系统50,例如但不限于音频/视频接收器、DVD播放器、电视机、监视器、游戏系统、个人计算机等。

[0030] 替代地,电力系统50可介接不同的配电系统,此发电系统(未图示)以及住宅、商业或其它市电系统。电力系统50可同样是为例如制造工厂等工业设施供电的现场工业电力系统。

[0031] 无论上文预期的各种电力系统如何,预期的熔丝56是所谓的电力熔丝且经受相对高的操作电压和/或电流,本文统称为“高功率”应用。认识到电力系统可粗略地分类为高电压、中等电压和低电压,术语“高功率”不一定对应于“高电压”系统。实际上,术语“高功率”既定作为对相对于常规熔丝兼容的常规系统的相对功率增加的参考。作为一个非限制性实例,用于常规内燃机提供动力的交通工具的电功率系统在相对低电压下操作,通常处于或低于约48VDC,而用于最近电动力交通工具(电动交通工具或(EV))的电功率系统在高得多的电压下操作(例如,200VDC),而现有技术水平EV可能在高达450VDC的电压下操作。也可引用相似且可能较不极端的实例,包含但不一定限于具有一直扩大的大量特征、功能性以及与其它电子装置和系统的通信能力的越来越有力的电子装置的电力系统。

[0032] 如图1中以影线所示,熔丝56可耦合到附件58,所述附件又连接到所述线路和负载电路52、54。所述附件在各种实施例中可以是熔丝座、端子块、熔丝块、断接装置、充电器电器、电子装置、插头、电缆、线束、连接器或者任何其它已知的电气装置或附件,其与熔丝56组合提供且促进熔丝56到线路侧电路52和负载侧电路54的连接。

[0033] 图2更详细地说明电力系统50,其中见到熔丝56包含外壳60、外壳60中的熔丝元件62,以及耦合到外壳60且电连接到熔丝元件62的第一导电端子64和第二导电端子66(图2中指示为端子1和端子2)。

[0034] 熔丝元件62可使用已知的技术从已知的导电材料制造,且通过例如软焊连接、焊接连接、铜焊连接或其它已知的技术电连接到熔丝端子64、66。在正常操作条件中,熔丝元件62保持完整且完成端子元件64与66之间的电连接(即,提供低电阻电路路径)。因此,当电力系统50通常操作时,熔丝元件62在端子64与端子66之间传导电流。

[0035] 熔丝元件62通常处于完成端子64与66之间的电路路径的电流携载状态或条件。然而,熔丝元件62经配置以当经受上文所论述的预定电流条件时熔化、蒸发、崩解或另外结构上失效。在高功率应用中熔丝元件62断开时,电弧在外壳62内发生。因此,外壳60包含填充物材料,例如包围熔丝元件62的电弧熄灭介质68。电弧熄灭介质68吸收由电弧产生的能量

直到电弧安全地熄灭。一旦熔丝元件62已断开且任何电弧已消退,则必须用另一熔丝替换熔丝56以恢复线路侧电路52与负载侧电路54之间的电连接且继续负载侧电路58的操作。

[0036] 如图2所示,附件58同样包含一对导电端子70和72(图2中指示为端子3和端子4)。附件端子70(端子3)与熔丝端子64(端子1)介接,且附件端子72(端子4)与熔丝端子66(端子2)介接。附件端子70和72又以此项技术中已知的任何方式电连接到线路侧电路52和负载侧电路54。熔丝端子64和66可通过例如下文描述的那些多种公和母端子结构与附件端子70、72机械和电接合及脱开。端子64、66和端子70、72也可以形成有熔丝排斥特征及类似物,如本领域的技术人员所熟悉。

[0037] 熔丝56、附件58和端子结构的许多变化在许多预期实施例中是可能的。举例来说,熔丝外壳60可为大体上伸长且圆柱形的管。外壳60可使用已知的技术从任何电绝缘或不导电材料制造,包含但不一定限于塑料、玻璃、陶瓷或此项技术中已知的其它合适的材料。在某些实施例中,熔丝外壳60可由导电材料形成,其条件是端子64、66可与熔丝外壳60电隔离。

[0038] 熔丝外壳60可替代地按需要制造成本领域的技术人员熟悉的其它形状。举例来说,外壳60可以具有平坦侧面而不是具有圆形横截面的弯曲外表面的大体上矩形形状或其它多边形形状形成。此外,熔丝外壳60可形成为单个零件、单式外壳、两件式外壳或包含额外零件的外壳组合件。仅举例来说,当熔丝56提供为所谓的筒形熔丝时,熔丝外壳62可提供为圆柱形熔丝管,当熔丝56提供为例如购自Bussmann by Eaton的CUBEFuse™电力熔丝模块等模块化熔丝时,所述熔丝外壳可提供为基底外壳零件和盖外壳零件,或者当熔丝56提供为所谓的径向熔丝时,所述熔丝外壳可提供为基底外壳零件和封盖。多件式外壳的各种其它配置对于各种其它类型的熔丝和应用是已知的,包含但不限于某些类型的超小型、表面安装熔丝以及所谓的芯片熔丝。在一些情况下,熔丝外壳60可为模块化的,且可经配置为触摸安全的且可手动地且无需工具而从附件端子70、72抽出。

[0039] 熔丝元件62可从具有响应于预定电流条件而断开的配置的导电材料制造。在一些实施例中,熔丝元件62可包含具有被选择为当暴露于预定条件时断开的横截面积的一个或多个熔丝导线。所述熔丝导线可以缠绕在如此项技术中已知的线圈架元件或芯周围,或者可在熔丝端子64、66之间延伸而无任何支撑元件。

[0040] 在其它实施例中,熔丝元件62可制造作为具有可变横截面积的导电材料条带,所述可变横截面积界定一个或多个弱点,如下文进一步描述。即,熔丝元件条带62可以一种几何形状构造,其中熔丝元件熔化的位置以及电弧的对应位置可为预定的。熔丝元件条带62还可包含例如所谓的M效应材料的处理,其以已知方式影响熔丝元件62的断开的定时。此熔丝元件条带可作为在熔丝端子64、66之间延伸的大体上平坦且平面元件而延伸。在其它实施例中,所述熔丝元件条带可形成或成形为具有平面外区段,且可以折叠状Z形形状在熔丝端子62、64之间延伸。

[0041] 在一些情况下,熔丝元件62可使用例如印刷或光刻技术等已知的技术形成于衬底材料的表面上。

[0042] 虽然已经描述各种熔丝元件,但有时称为可熔元件或可熔链接的多于一个熔丝元件62可组合地组装且串联或并联布置于同一熔丝56中。熔丝56可因此经配置为所谓的全范围熔丝、时间延迟熔丝、高速熔丝或具有所需断开特性的再另一类型的熔丝。并且,熔丝56

可任选地按需要包含本地状态指示器,借此对熔丝56的外部的目视检查可揭示熔丝56是否已经断开。

[0043] 关于端子结构,熔丝端子64、66可为在熔丝外壳60的对置末端上延伸的大体上圆柱形端盖或套管。这些套管可与被形成为接纳套管的弹性熔丝夹片的端子70和72啮合。然而,熔丝端子64、44的其它配置也是可能的。

[0044] 举例来说,熔丝端子64、66可以是或可以包含端子刀片接触件或刀片接触件,可接纳于被形成为弹性熔丝夹片的端子70、72中。在端子刀片接触件的情况下,所述端子刀片接触件可在熔丝外壳60的对置末端或侧面上轴向延伸,或可在熔丝外壳60的共同侧上延伸。这些端子刀片接触件可进一步以共面关系、在间隔开且平行的定向、偏移定向、交错定向或垂直定向上延伸。在一些情况下,包含端子刀片接触件的熔丝可经配置以用于手动地且无需工具而与附件端子70、72成插入啮合。

[0045] 在再其它实施例中,熔丝端子64、66可包含从外壳60的对置末端或从外壳的共同侧轴向延伸的柔性轴向引线。这些轴向引线可使用已知的连接器连接到线路和负载侧导线,或可经由通孔安装而安装到电路板。

[0046] 在再其它实施例中,熔丝端子64、66可以是或可以包含可表面安装到电路板的平坦且平面的表面安装终端。所述端子可与熔丝外壳60一起预制且装配,或可通过浸渍或涂覆外壳60的末端而形成。

[0047] 现在参考图3,在熔丝56经受预定电流条件时,熔丝元件62在熔丝端子62、64之间的一个更多位置处熔化断开,但电流继续流动且形成一个或多个电弧。此电弧或电弧放电是产生进行中的等离子放电的气体的电击穿,其由于通过包围熔丝元件62的通常不导电的电弧猝灭介质68的电流而产生。

[0048] 一般来说,当熔丝元件62在较高功率、较高电流电路中操作时,存在增加量的电能,这造成电弧的增加的严重度或强度。然而,这些较高功率系统中的电熔丝的操作条件比较低功率系统苛刻得多。更具体来说,涉及在熔丝断开时的电弧条件的规范对于较高功率系统可能特别难以满足,尤其是当与减少电熔丝的尺寸的行业偏好相结合时。虽然已知的电力熔丝当前可用于可在不同电压和电流下操作的多种电力系统,但能够满足越来越高功率系统的要求的常规电力熔丝的大小和重量、更不用说成本对于某些应用中的实施方案是不合实际地高的。

[0049] 确切地说,虽然存在已知的电弧猝灭介质和材料,但它们在一些方面中是有缺点的,从而将熔丝56的功率密度增加到实现市场需求所需的水平。如本文所使用,术语“功率密度”指代每单位体积的熔丝安培数。可通过界定熔丝的体积的给定熔丝外壳60中的熔丝元件62的电流越大,熔丝密度越大。改善或增加熔丝56的功率密度在至少三个方面中提供实质益处。

[0050] 首先,增加熔丝56的功率密度可促进熔丝比某些类型常规熔丝中常规可能的情况具有用于高功率应用的更高额定值。

[0051] 第二,增加熔丝56的功率密度实现用于较高功率应用的较高熔丝额定值和性能,同时另外提供与具有较低额定值的常规制造的熔丝大小相当的熔丝。即,可提供改进的熔丝56,其具有与现有且常规的熔丝相似的大小,但比之前更大且可能大体上更大的熔丝额定值和能力。

[0052] 第三,增加熔丝56的功率密度促进了与具有相同额定值的常规熔丝相比具有更小尺寸的熔丝。即,可提供改进的熔丝56,其具有相对于现有熔丝更小且可能大体上更小的尺寸,但具有与之前相比相等或更大的熔丝额定值。当然,熔丝构造的尺寸的任何减少都提供材料节省且减少制造较高表现的熔丝的成本。在包含大量熔丝56的电力系统中,可实现实施电力系统所必要的空间的实质减少。

[0053] 然而,增加熔丝56的功率密度的需要与常规熔丝制造技术之间存在一些张力。历史上且出于良好原因,电路保护熔丝已趋于增加尺寸以满足较高功率电力系统的需求。因此,某些类型的电力熔丝是相对大且相对重的组件。这是至少部分地归因于相对于较低功率电路在较高功率电路中变得越来越苛刻的容纳电弧能量的必要性。较大且较长的电弧以及在较高功率电路中保持较长时期的电弧需要较大量的电弧熄灭介质来吸收电弧能量。然而,已知的电弧熄灭介质在某些情形中大体上不能容纳增加的电弧能量,且因此对使用现有制造方法的熔丝性能带来实际上限。如果熔丝56中无法安全地容纳电弧能量,那么熔丝外壳60的不合意的不可接受的断裂可能发生。

[0054] 因此,且如下文所解释,在本发明的实施例中,调配熔丝填充物或电弧猝灭介质68以在熔丝操作时提供熔丝56中的增强的电弧缓解和热管理,以在带来增加的电弧严重度的较高功率电路中更有力地表现。相对于常规制造的熔丝的较高功率密度因此是可能的。并且因此熔丝56的增加的熔丝额定值和/或物理尺寸的减少以满足此项技术中长期存在且未解决的需要。

[0055] 现在参看图3,且如先前所提及,电熔丝56、且更具体来说熔丝元件62经设计以传导正常电路操作电流,且经设计以通过响应于由预定电流条件产生的热而熔化并断开以停止通过熔丝56的电流流动,来响应于预定异常过电流条件。在断开过程期间,熔丝56承受熔丝元件62的熔化时间的时间-电流校准,但一旦熔化过程完成,则电弧80点燃且此电弧现将响应于由电压源(例如,线路侧电路52或电力供应器)递送的能量以及归因于电感和或电容而存储在电路中的任何能量而燃烧。一旦点燃,电弧80(或可能多个电弧)便在数千摄氏度下燃烧,且如果不快速缓解,便会造成熔丝56、且更具体来说熔丝外壳60断裂且彻底失效。

[0056] 在某些条件下,电弧80可在高达50,000°K的温度下操作。使电弧80熄灭或冷却可通过各种方法和材料来实现,包含使用填充物材料从电弧吸收热能、在电弧发生的位置减少电弧强度的电弧划分特征,以及经由气体的产生来抑制电弧条件。然而实现后,由电弧80产生的任何热能的移除是改善熔丝56的功率密度的关键。

[0057] 在常规电熔丝中,熔丝填充物材料常规地用以帮助冷却或猝灭且缩短在熔丝元件断开时的电弧事件。随着熔丝尺寸变得更小和/或操作电压或功率变得更高,如各种用户逐渐需要,电弧80变成安全地容纳于熔丝罩壳或外壳60内的更大挑战。

[0058] 一种极常见且极有效的熔丝填充材料是常规熔丝构造中的石英硅砂,且确切地说,当今在用于冷却电弧的大多数现代电力型熔丝中相当广泛地使用硅砂。石英硅砂填充材料在许多情况下可在熔丝断开过程的熔化阶段期间热平衡熔丝元件的时间-电流操作性能。另外,石英硅砂提供用于在熔丝断开过程的气化阶段期间冷却且猝灭电弧的良好热能吸收介质和隔热介质。此外,石英硅砂的无机性质使得其对熔丝元件断开时的电弧和气化过程基本上是惰性的。然而,硅砂的使用对于当尺寸减小或电压额定值增加时熔丝安全地操作具有众所周知的设计限制。石英硅砂因此不能比已经获得的那些更多地改善熔丝的功

率密度。

[0059] 对熔丝填充物介质添加水可辅助熔丝断开过程的热平衡和电弧冷却方面,且在某些情况下提供一些性能改进。包含例如硫酸铝($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ (十八水合物))和硫酸钙($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (二水合物))等无机盐的填充物材料因此由于其以分子的水合物形式保持水的亲和力而在常规熔丝构造中使用。这些水合材料化合物已经用于通过移除热以冷却电弧的水分子相变的简单机制而冷却熔丝中的电弧。

[0060] 然而,例如硫酸铝或硫酸钙等水合盐在晶体结构上具有松散地结合或悬挂的水分子。这对于提供增加的电弧强度和严重度的较高功率条件是成问题的。具体来说,当将这些水合盐稍微加热到例如约 50°C 时,结晶分子的松散地结合水开始脱离且变为游离水。当这发生时,由于这些盐容易地溶解于水中,因此它们快速地变为液化。当用作电弧猝灭熔丝填充材料时,填充物的液化将在正常电流操作期间从熔丝罩壳渗出和泄漏,从而使其成为不可靠的水电弧猝灭介质,以及从用户的角度来看是大体上不合意的。在许多情况下,熔丝在其周围环境中的正常使用的稍微加热可足以使填充物液化。在涉及较大电流的较高功率电路中甚至更是如此,因为即使在正常条件中通过熔丝元件的电流也将造成熔丝元件的加热而到达与针对较低功率应用或较小功率密度设计的常规熔丝相比升高的水平。

[0061] 但是这些水合盐材料中的水可提供良好的熔丝填充物,从而提供用于在一些情况下使熔丝电弧熄灭的有效冷却机构,其中到液化点的加热不发生。控制熔丝操作中的热条件以避免此情况在大多数应用中是大体上不可行的,但即使在无液化的情况下问题仍可能存在。

[0062] 举例来说,水合盐材料在许多情况下在正常熔丝加热和电路电流操作期间将不保持其所有水,并且因此对于较高功率、较高电流应用是有缺点的。在正常操作期间,通过熔丝元件62的电流产生热,在本文中被称作熔丝加热。在熔丝加热发生时,例如硫酸铝和硫酸钙等水合盐中存在的许多松散地结合的水分子被释放。如上所提到,这可在低至 50°C 的温度下发生,这可通过熔丝加热和/或高功率、高电流电路中的周围操作环境而容易地达到。如果此熔丝加热在足够的时间周期中发生,那么水合盐中的水分子会从熔丝罩壳或外壳60丢失且因此不再可用于在需要时的电弧冷却。硫酸铝和硫酸钙因此具有将熔丝56的功率密度增加到一般使用条件所需的水平的有限有效性。

[0063] 为了解决这些问题,熔丝56的熔丝外壳60中的电弧熄灭介质或材料68包含分子筛材料,且更具体来说水合沸石分子筛。分子筛是并入具有精确且均匀大小和几何形状的极小孔或孔隙和腔的材料。所述孔、孔隙和腔的大小和几何形状将阻挡大分子通过材料,同时允许较小分子通过。

[0064] 沸石分子筛由于其捕获有机和无机材料的能力而是突出的。它们常用作用于移除水分的干燥剂或用作捕获目标离子或分子的吸附剂。硅胶和活性炭是实例。它们不同于其它已知的过滤介质之处在于它们在分子级上截留或吸附材料。因此,沸石分子筛提供为了冷却熔丝56内的电弧80的目的而保持和释放结合水的优良机制。

[0065] 如下文进一步所论述,取决于熔丝元件62的断开中经历的实际电弧能量,结合到填充物材料68中的沸石分子筛的水以多种不同方式有利地冷却电弧。具体地说,可释放水以直接冷却电弧,并且还当气化时产生蒸汽压力。经由蒸汽产生的增加压力有助于压缩离子化气体,且快速增加电弧电压并将故障电流驱动为零。

[0066] 如果水未气化,那么填充物材料68中的沸石分子筛可重新得到或重新吸附先前释放用于冷却的水分子。不同于上文所论述的水合盐材料,如果熔丝56临时加热到从沸石材料的水释放的点,那么水不丢失。即,水不逸出但保持于熔丝外壳60内部,且在熔丝56的冷却后,水实际上再次结合到沸石材料。因此,当熔丝56由另一加热事件充分重新加热时,结合水可从沸石材料重新释放。特别地对于经受重复加热循环的熔丝,释放和重新吸收的此过程可无限地重复而构成有效相变冷却系统,以用于减少熔丝元件62上的热-机械应变或疲劳的目的,如下文进一步详细论述。

[0067] 在另一方面中,沸石分子筛能够在熔丝元件断开时的电弧过程期间捕获和交换金属蒸气离子。金属离子的捕获也有利地有助于减少或去电离金属蒸气气体或等离子且有效地中和电弧电位。

[0068] 在本文中被称为沸石的沸石分子筛以天然和合成形式存在。天然或合成沸石可在熔丝56的不同实施例中用作填充物材料68。在天然形式中,沸石是通常在火山活动期间形成的微孔天然产生的矿石,其具有对液体和气体两者中的离子吸收的亲合力。天然沸石在许多不同分子配置中存在,但仅在早期火山过程已经发生的极特定地质学区域中存在。然而,天然沸石容易有一个缺陷在于它们常常与具有对于熔丝56中当前预期的电弧猝灭填充物介质应用不合意的性质的其它元素或矿石混杂。然而,可能在需要时处理天然沸石以将其提纯或另外移除不合意的组分。

[0069] 本发明的实施例中可使用的示范性天然沸石包含但不一定限于由以下名称和通式识别的以下沸石:

方沸石	$\text{Na}_{16}[\text{Al}_{16}\text{Si}_{32}\text{O}_{96}] \cdot 16(\text{H}_2\text{O});$
菱沸石	$(\text{Ca}_{0.5}, \text{Na}, \text{K})_4[\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{24}] \cdot 12(\text{H}_2\text{O});$
斜发沸石	$(\text{Na}, \text{K})_6[\text{Al}_6\text{Si}_{30}\text{O}_{72}] \cdot 20(\text{H}_2\text{O});$
毛沸石	$\text{K}_2(\text{Na}, \text{Ca}_{0.5})_8[\text{Al}_{10}\text{Si}_{26}\text{O}_{72}] \cdot 28(\text{H}_2\text{O});$
八面沸石	$(\text{Na}_2, \text{Ca}, \text{Mg})_{3.5}[\text{Al}_7\text{Si}_{17}\text{O}_{48}] \cdot 32(\text{H}_2\text{O});$
[0070] 片沸石	$(\text{Na}, \text{K})\text{Ca}_4[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 24(\text{H}_2\text{O});$
浊沸石	$\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}] \cdot 18(\text{H}_2\text{O});$
中性沸石	$(\text{Na}_{16}\text{Ca}_{16}[\text{Al}_{48}\text{Si}_{72}\text{O}_{240}] \cdot 64(\text{H}_2\text{O});$
钙沸石	$\text{Ca}_8[\text{Al}_{16}\text{Si}_{24}\text{O}_{80}] \cdot 24(\text{H}_2\text{O});$ 以及
辉沸石	$\text{NaCa}_4[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 30(\text{H}_2\text{O})。$

[0071] 对于熔丝填充物电弧猝灭介质68,无机沸石物种可能是优选的,因为有机沸石的碳含量可能贡献于电弧电离电位。通过避免此情况,无机沸石物种可更有效地且高效地贡献于电弧的抑制。沸石的合成也可能是优选的,因为可精确地控制组成以及粒径和形状以实现最佳性质。

[0072] 合成沸石在预期实例中可通过从例如硅酸钠、铝酸钠、氧化铝三水合物和氢氧化钠等原材料的水热合成而制造。可通过采用例如水热合成或溶胶-凝胶合成技术的各种过程制造合成沸石。

[0073] 当前存在建置于常见的容纳Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺等各种阳离子的铝硅酸盐“框架”上的数百种合成沸石,所述各种阳离子可容易交换其它正离子类型(离子交换)且因此较适合于熔丝元件62断开时的较高功率条件中的电弧抑制目的。举例来说,已知的合成沸石包括但不限于以下各项:

β	(Na _{0.92} K _{0.62} (TEA) _{7.6} [Al _{4.53} Si _{59.47} O ₁₂₈]);
林德 A 型	((Na ₁₂ [(AlO ₂) ₁₂ (SiO ₂) ₁₂] : 27 H ₂ O);
沸石 P	((NaAlO ₂) ₇ (SiO ₂) ₉);
林德 F 型	((K ₁₀ (Al ₁₀ Si ₁₀ O ₄₀) . wH ₂ O (w ~ 8));
林德 L 型	(K ₉ [Al ₉ Si ₂₇ O ₇₂] : wH ₂ O (w = 0 到 36));
[0074] 林德 W 型	(K ₁₁ Al ₁₁ Si ₂₁ O ₆₄ . 20H ₂ O);
林德 X 型	(Na ₈₆ Al ₈₆ Si ₁₀₆ O ₃₈₄ : wH ₂ O (w ~ 260));
林德 Y 型	((Na ₅₆ [Al ₅₆ Si ₁₃₆ O ₃₈₄] : 250 H ₂ O);
硅质岩类-1	(Si ₉₆ O ₁₉₂ F ₄ (TPA) ₄);
SSZ-23	([Si ₆₄ O ₁₂₈]); 以及
ZSM-5	(Na ₇ [Al ₁₇ Si ₈₉ O ₁₉₂] : wH ₂ O)。

[0075] 展现例如在图4的实例中以参考标号100指示的结晶-铝硅酸盐-微孔结构的沸石在以比常规熔丝填充物材料更有效的热性质缓解和冷却电弧方面是有利的。它们通常是具有唯一分子尺寸的极高度结晶度的多孔氧化物结构。铝硅酸盐是包括铝的金属氧化物和具有4个氧阴离子的硅酮的矿石,这形成在中心的金属阳离子102和在顶点的四个氧原子104的其唯一四面体形状,如所说明的实例中所示。在所实例中说明的结构有时称为林德A型LTA结构,其可在林德A型LTA框架结构中与其它结构组合。

[0076] 铝硅酸盐进一步具有包括铝、硅酮和氧加上抗衡阳离子(Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺)的唯一微孔结晶结构。这些多孔结构形成极好地且在高温下保持水分子的分子或离子阱。Al/Si/O框架结构不可溶于水且在水合作用和脱水循环期间保持为固体,从而使沸石成为用于熔丝填充物电弧猝灭介质68的理想水存储和递送系统。不同于上述水合盐填充物材料,包含沸石的填充物材料68在正常熔丝加热期间将不液化。

[0077] 关于其水亲和力,已知沸石可按重量计保持55%的水并且还在极高温下保持水,使得沸石唯一地适用作电弧冷却机制。可能合成沸石而变为甚至比此情况更大量地水合,以提供甚至更多保持的水,所述水在电弧条件期间释放时提供直接冷却。在一些实施例中,对于所需较高功率操作或功率密度的某些范围,沸石优选地尽可能地水合以提供当熔丝元件62断开时电弧发生时的最大冷却效应。

[0078] 在预期实施例中,保持的水可用于液相中的热能吸收以及蒸气阶段中的压力产生。水到蒸汽的简单相变或40.7kJ/摩尔的汽化热可提供大量的冷却。同样,因蒸汽水汽的膨胀的压力增加提供了又一电弧熄灭功能。此组合效应可同时或分段发生,这取决于获得的水合作用量以及其发生时的实际电弧能量。

[0079] 在某些预期实施例中,且认识到可根据当熔丝断开时的预期量的电弧能量定制填

充物材料68的冷却效应,沸石分子筛可以某一量水合或在水合作用中经调整为某一量,以当被包含沸石分子筛的填充物材料68包围时实现且维持熔丝元件62的特定熔化时间-电流特性。获得的水合作用的量可针对预定的量,以用于通过气体等离子体的直接冷却而使电弧去电离。

[0080] 给定所提议的任何特定沸石,可通过添加待吸附的更多水或通过谨慎受控的加热来补充或减弱水合作用量以释放所需量的水,同时保持目标量的水合作用。在两种或更多种不同沸石材料可水合为不同量的程度上,填充物材料可以所需比例包含不同水合沸石以提供总体足够的水释放,单独使用单一沸石不可能达到此目的。

[0081] 也可以选择或确定水合作用的量,包含沸石分子筛的经增强水合作用,以用于产生内部水汽压力以通过减少带电粒子移动性且增加电弧电压而使电弧去电离。

[0082] 最后,也可以选择或确定水合作用的量,包含沸石分子筛的经增强水合作用以用于产生有效冷却机制以减少熔丝元件上的热-机械应变(疲劳)且因此当暴露于重复加载电流循环事件时增加熔丝的预期寿命。

[0083] 可选择沸石材料中的水合作用量以实现以上目的中的一个或这些目的的组合。取决于电弧的严重度以及其保持多久,在不同情况中,可实现所有目的,而在其它情况下可实现少于全部的目的。可提供包含以不同量水合的沸石的填充物材料的不同配方用于较高功率条件的不同范围(例如,操作电压或电流)中的特定使用。

[0084] 在进一步预期实施例中,对于例如包含沸石的电弧熄灭介质68等熔丝填充物介质,沸石可以100%浓度或当与另一材料组合时以减少的浓度应用,所述另一材料包含但不一定限于石英硅砂。以沸石替代或混合石英砂填充物将提供每一材料提供的猝灭电弧的合意的双重效应。可以不同的有效性程度提供沸石和硅砂(或另一材料)的相对比例。在预期实施例中也可以与例如硅酸钠等结合剂组合地利用水合沸石。

[0085] 更具体来说,在预期实施例中,沸石和沸石-石英砂混合物可与硅酸钠结合溶液机械地结合以增加个别晶粒或粒子与熔丝元件62和例如熔丝元件62和端子64、66等其它熔丝组件之间的热导率。使用例如硅酸钠等可溶于水的结合剂还提供了在同一机械结合操作期间用于沸石的水合过程。以硅酸钠的机械结合过程有时称为磨砺。

[0086] 电弧熄灭介质68中的沸石分子筛的引入有助于解决常规水合填充物材料由于其唯一铝硅酸盐晶体结构或框架的水滞留问题。通过设计和组成,沸石由于其高熔化温度和无机性质而表现得稍微类似于石英硅砂。

[0087] 所有铝硅酸盐沸石具有相同的基本经验配方:



[0089] 其中M是任何碱性或碱土金属,n是金属的氧化程度,其中x是通常范围从2到10的可变数字,且y是通常范围从2到7的数字。然而,这些范围外的沸石是可能的。举例来说,在斜发沸石、也是上文所列的最常见天然沸石中,经验的且单胞化学式是:



[0091] 沸石具有对于水的强亲和力。一些沸石可吸附按重量计多达55%的量的水。这是由于土金属的阳离子(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 或 Mg^{2+})和极性水分子的吸引力,一个末端侧稍微为负且另一末端侧稍微为正。然而,所述阳离子不是永久性沸石框架的部分,且在正确条件下可交换其它阳离子。

[0092] 如图5所示,说明四个水分子与镁阳离子110相互作用。水偶极子的负末端朝向带正电镁离子引导。此处虚线并不表示氢键。此类型的相互作用称为偶极子-电荷或离子-偶极子相互作用。图5中所示的相互作用在图6中所示的结构中重复,所述结构对应于呈水合形式的斜发沸石材料。

[0093] 另外,且现参看图7的实例,填充物材料中的沸石分子筛可提供离子交换和离子捕获功能,其中在熔丝元件气化阶段期间,可捕获一些金属离子(例如,指示为Cu⁺的铜离子)以通过使电弧等离子体去电离而辅助冷却电弧80。沸石可经设计以促进特定离子捕获或离子交换,这可有益于中和电弧。在一些实施例中,沸石可被设计且合成以吸附铜离子且减少电弧80中的电弧柱电导率。还如图7中所见,在离子交换发生的同时,水正从沸石释放。金属蒸气等离子体冷却是水冷却的另一益处,其中气化金属熔丝元件的快速冷却减少了电弧柱中的金属离子的对流流动。在图7中说明的特定沸石结构对应于上文所列的合成沸石ZSM-5的结构。

[0094] 通过引入包含如上文所描述的沸石的较好电弧缓解填充物材料68,可设计具有较小尺寸和或较高电压额定值的熔丝。并且,据信可以在比具有相当能力的其它材料更低的成本下提供例如上述那些包含沸石的填充物材料。

[0095] 图8到10说明根据本发明的实施例形成的示范性熔丝150的各种视图。熔丝包含外壳150,其形成为大体上伸长且圆柱形的熔丝管,具有大体上圆形横截面和圆的外表面。导电端盖或套管152、154耦合到熔丝管的每一相对端,且如图10中所见,熔丝元件158在套管端子元件152、154之间延伸且完成其间的电连接。

[0096] 在所示的实例中,熔丝元件158形成为导电金属的平面条带160。熔丝元件条带160进一步形成有若干间隔开的孔口162,所述孔口又各自界定减少的横截面积的区域,此项技术中称为弱点164。弱点164对应于熔丝元件条带160的在相邻孔口162之间的最薄部分。在弱点164处的减少横截面区域将在电流流动通过熔丝元件158时经历热集中,且战略上选择弱点164的横截面积以使得在经历指定电流条件的情况下熔丝元件158在弱点164的位置中的一个或多个位置处断开。

[0097] 熔丝元件条带160中提供的所述多个孔口162和所述多个弱点164促进了在熔丝元件158操作且响应于预定电流条件而断开时的电弧划分。在说明的实例中,熔丝元件158可在四个弱点164中的每一个处同时断开。每一位置处的电弧电位由所述数目的弱点164划分。所述电弧划分允许减少量的填充物材料68,以及外壳150的半径的减少以使得熔丝150的大小可减小。如上文所描述包含沸石170和石英砂172的组的填充物材料68的增加的电弧冷却提供了熔丝外壳150的半径的甚至进一步减少的进一步可能性。

[0098] 图11示出了处于第一操作阶段中的熔丝元件160的一部分。在所示的阶段中,当熔丝元件经受预定电流条件且熔丝元件在弱点164的位置断开的过程中时,电弧80在弱点164处点燃。看见水从最接近于由点燃的电弧80加热的弱点的沸石材料释放。释放的水开始冷却电弧80。更远离弱点164的沸石材料仍保持其水,且在那些粒子被加热到释放点时,取决于电弧80的实际强度,将释放额外的水以进一步冷却电弧80。在释放的水由电弧加热时,所述水开始转换成蒸汽,且由于相变而发生电弧的冷却。同时,不直接在电弧中的沸石也将由于加热而释放其液态水,一些可以蒸发,一些可以在沸石之外冷凝,其全部将提供热能的进一步吸收。

[0099] 图12示出了处于第二操作阶段中的熔丝元件160的一部分,其中电弧80继续燃烧且在填充物材料68中产生甚至更多热。最接近于弱点释放的水现在变为蒸汽并且进一步移除热,同时压力增加以在每一弱点164处使电弧80去电离。当水合作用的沸石水气化时,熔丝内的压力增加,且电弧柱内的气体的密度也增加。举例来说,结合水的气化将扩展约1700倍且因此显著加压熔丝罩壳。此压力增加连同电弧温度的减小对于使电弧中的气体等离子去电离都是关键的。

[0100] 具体地说,气体压力的增加意味着电弧80中的气体粒子变得更靠近在一起,从而还允许减少这些粒子的平均自由路径。此减少的路径增加了带电粒子之间的碰撞率,使得其移动性减少且用以维持电弧的电压增加。此电弧电压的增加对于将电流驱动为零(电弧熄灭)是必要的。

[0101] 还如图12中所见,来自断开的熔丝元件158的金属离子正在沸石材料中吸附。带电粒子的密度越大,相反带电的粒子的重组的数目越高,从而允许电弧等离子中的气体的去电离的较大比率。

[0102] 在这一点上,天然沸石斜发沸石已经用于借助于与沸石阳离子(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})的离子交换从水溶液移除Cu、Pb和Zn的重金属废水处理。在此处描述的熔丝操作电弧情境中,电弧等离子气体类似于水溶液。让我们假定铜熔丝元件正在电弧等离子中气化。铜阳离子(Cu^{2+})现在存在于气体等离子中且正贯穿沸石结构而分散。一些沸石正在电弧等离子中气化从而释放其冷却水,且一些沸石正在熔化,其中Al/Si框架在吸收显著热能。在电弧柱之外的沸石也在释放其水,从而增加冷却效应。另外,这些外部沸石在吸附且与沸石阳离子交换铜阳离子。这种从外部电弧等离子气体柱吸收铜离子进一步减少了气体的热电离。

[0103] 图13说明图8中所示的熔丝的示范性电流加载循环,包含图10到12中所示的熔丝元件158。看见电流在较大量与较小量之间循环。因为熔丝加热随着电流变化,所以这意味着熔丝元件158经历对应加热循环且在较高温度与较低温度之间波动。如图14中所说明,这产生熔丝元件158中的传播热波,其中熔丝元件158的不同部分随着电流循环继续而在不同时间且以不同速率加热和冷却。在常规熔丝中,这会不合需要地导致熔丝元件中的弱点处的热应变,从而会减损熔丝的可靠操作。

[0104] 熔丝元件疲劳是由于负载电流循环操作而直接聚集于元件弱点上的累积热-机械应变效应。施加于弱点上的应变与在任何电流脉冲事件期间的变温的量值成正比。因为包含沸石的填充物材料68充当如上文所描述的有效冷却系统,所以即使在电流增加且使熔丝元件在使用中经受大量的热时,也可有效地管理原本可能发生的热应变的效应。由材料中的沸石提供的有效热管理可用以在电流脉冲事件期间冷却熔丝元件,且因此减少变温和对应的应变。

[0105] 沸石及其水吸收性质可用于在负载电流加热循环期间熔丝元件的有效冷却,且避免相对于图13到15论述的问题。在电流循环期间,熔丝元件以弱点处的最高温度变热。存在于弱点周围的沸石变为受热且释放其水。此水现在可提供弱点的冷却且因此减少热-机械应变量值。在冷却后,沸石将重新吸附释放水且使其准备好下一加热循环。

[0106] 图16说明制造上述熔丝56或150的示范性方法200的流程图。

[0107] 所述方法包含在步骤202提供外壳。提供的外壳可对应于上述外壳中的任一个。

[0108] 在步骤204,提供至少一个熔丝元件。所述至少一个熔丝元件可包含上述熔丝元件

或熔丝元件组合件中的任一个。

[0109] 在步骤206,提供熔丝端子。熔丝端子可对应于上述端子结构中的任一个。

[0110] 在步骤208,可部分或完全地组装在步骤202、204和206提供的组件,作为方法200的其余部分的预备步骤。

[0111] 在步骤210,提供填充物材料。所述填充物材料可为上述填充物材料68,且因此可包含仅一种或多种沸石,或者沸石材料和石英砂材料或如上文所描述的其它材料的组合。预期的步骤210可包含沸石的合成。如上文所描述,可改变沸石类型和粒子大小以用于控制完成的熔丝中存在多少水体积,且具体来说用于控制在熔丝中断期间在电弧将开始的位置处的熔丝元件周围存在多少水体积。预期的步骤210还包含水合、调整或更改吸附的水的量以获得水合到目标量或程度的沸石材料的方法步骤。

[0112] 在步骤212,将硅酸盐结合剂施加于在步骤210提供的填充物材料。在一个实例中,硅酸盐结合剂可作为硅酸钠液体溶液添加到填充物材料。任选地,硅酸盐材料可经干燥以移除水分,且接着可为了步骤210的目的而提供。

[0113] 在步骤214,可用在步骤212提供的硅酸盐填充物材料填充外壳且在外壳中在熔丝元件周围松散地压实。可在外壳中或熔丝的另一外部组件中提供开口,以使得可将填充物材料引入到外壳。任选地,在填充之后使填充物干燥以固化硅酸盐且产生填充物材料与熔丝元件的部分之间的结合。在一些实施例中,可在用填充物介质填充熔丝且进行干燥以产生填充物材料与熔丝元件的部分之间的结合之后添加硅酸钠液体溶液。

[0114] 在步骤216密封熔丝以完成组合件。

[0115] 应理解,所示的方法200仅是示范性的且是非限制性的。如所示的某些步骤在一些实施例中可视为任选的,且可包含其它步骤。描述的方法、步骤和过程可与其它方法、步骤和过程组合以实现本文所描述的本发明概念的益处和优点中的一些(如果不是全部)。

[0116] 综上所述,沸石的分子结构具有在其唯一晶体框架内紧密地吸引且固持水分子的较大亲和力。不同于硫酸铝和硫酸钙填充物材料,沸石的截留水仅在比无机盐高得多的温度下释放,且在释放后沸石晶体结构不液化。另外,从沸石释放的水可在冷却后被重新吸附,且在需要时再次可用。沸石在加热后释放水并且然后在冷却后重新吸附相同的水的此能力可提供在从瞬时过电流事件的临时高热事件期间熔丝将利用的有效相冷却机制。在瞬态电流事件期间减少熔丝元件系统上的热机械疲劳应变是此有效冷却机制的一个益处。

[0117] 本发明概念公开的益处和优点现在被认为已经与所公开的示范性实施例相关地充分说明。

[0118] 已经公开一种电力熔丝的实施例,其包含外壳、耦合到所述外壳的第一和第二导电端子,以及在所述外壳中且电连接到所述第一和第二导电端子的导电熔丝元件。所述导电熔丝元件被构造为当在电力系统中经受预定电流条件时在结构上失效,且电弧熄灭填充物在所述外壳中包围所述导电熔丝元件。所述电弧熄灭填充物材料包含分子筛材料,所述分子筛材料以目标量水合或在水合作用中调整到目标量,以响应于所述预定电流条件而实现和维持所述导电熔丝元件的预定熔化时间-电流特性。

[0119] 任选地,所述分子筛材料可包含水合沸石材料。所述电弧熄灭填充物材料可为100%水合沸石。替代地,所述电弧熄灭填充物材料可包含石英硅砂。所述电弧熄灭填充物材料还可包含结合剂。所述结合剂可为硅酸钠。

[0120] 作为进一步选项,所述分子筛材料可包含天然分子筛材料。所述天然分子筛材料可为无机沸石材料。

[0121] 所述分子筛材料任选地还可包含合成分子筛材料。所述合成分子筛材料可展现结晶-铝硅酸盐-微孔结构。

[0122] 任选地,所述分子筛材料包括两种或更多种不同沸石材料。所述分子筛材料可包含斜发沸石。所述导电熔丝元件也可以经构造以促进当经受预定电流条件时所述熔丝元件结构上失效时的电弧划分。

[0123] 还已经公开了一种电力熔丝的实施例,其包含外壳、耦合到所述外壳的第一和第二导电端子,以及在所述外壳中且连接于所述第一与第二导电端子之间的导电熔丝元件。所述熔丝元件经构造以促进在预定过电流条件中所述熔丝元件断开时的电弧划分,且电弧熄灭填充物在所述外壳中包围所述熔丝元件。所述电弧熄灭填充物材料包含至少一种沸石材料,所述沸石材料以目标量水合或在水合作用中调整到目标量,以响应于所述预定电流条件而实现和维持所述导电熔丝元件的预定熔化时间-电流特性。

[0124] 任选地,所述电弧熄灭填充物进一步可包含石英硅砂。所述电弧熄灭填充物进一步还可包含硅酸钠。所述至少一种沸石材料可包含第一沸石材料以及不同于所述第一沸石材料的第二沸石材料。所述至少一种沸石材料可为斜发沸石。

[0125] 还已经公开了制作电力熔丝的方法,所述电力熔丝包含在外壳内部在第一与第二导电端子之间延伸的导电熔丝元件。所述方法包含:在所述外壳中以包含至少一种沸石材料的电弧熄灭填充物材料包围所述熔丝元件,所述沸石材料以目标量水合或在水合作用中经调整到目标量,以响应于所述预定电流条件而实现和维持所述导电熔丝元件的预定熔化时间-电流特性。

[0126] 任选地,所述方法可包含将所述至少一种沸石材料与石英砂混合。

[0127] 此书面说明书使用实例来公开本发明,包括最佳模式,并且还使得所属领域的技术人员能够实施本发明,包括制造和使用任何装置或系统并且执行任何所并入的方法。本发明的可获专利的范围由权利要求书界定,并且可以包括所属领域的技术人员所想到的其它实例。如果所述其它实例具有并非不同于权利要求书的字面语言的结构要素,或如果其包括与权利要求书的字面语言无实质差异的等效结构要素,那么预期其在权利要求书的范围内。

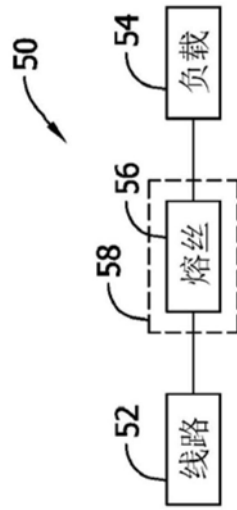


图1

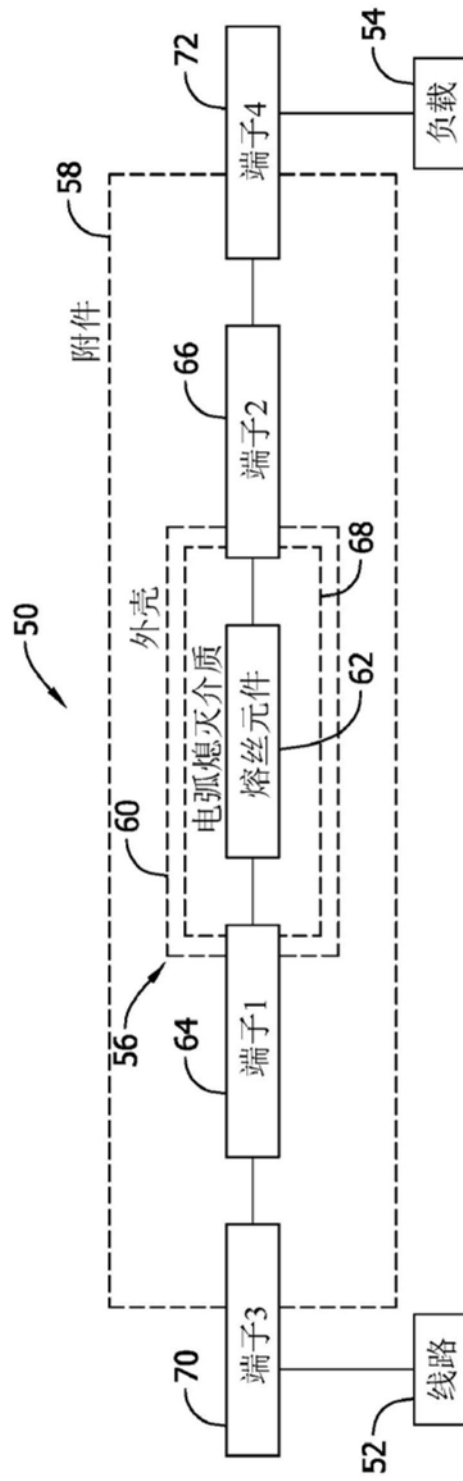


图2

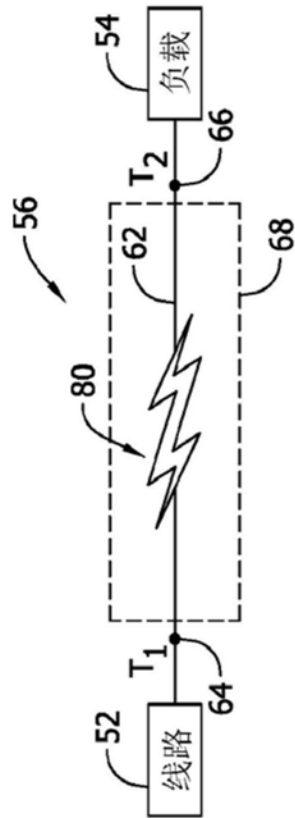


图3

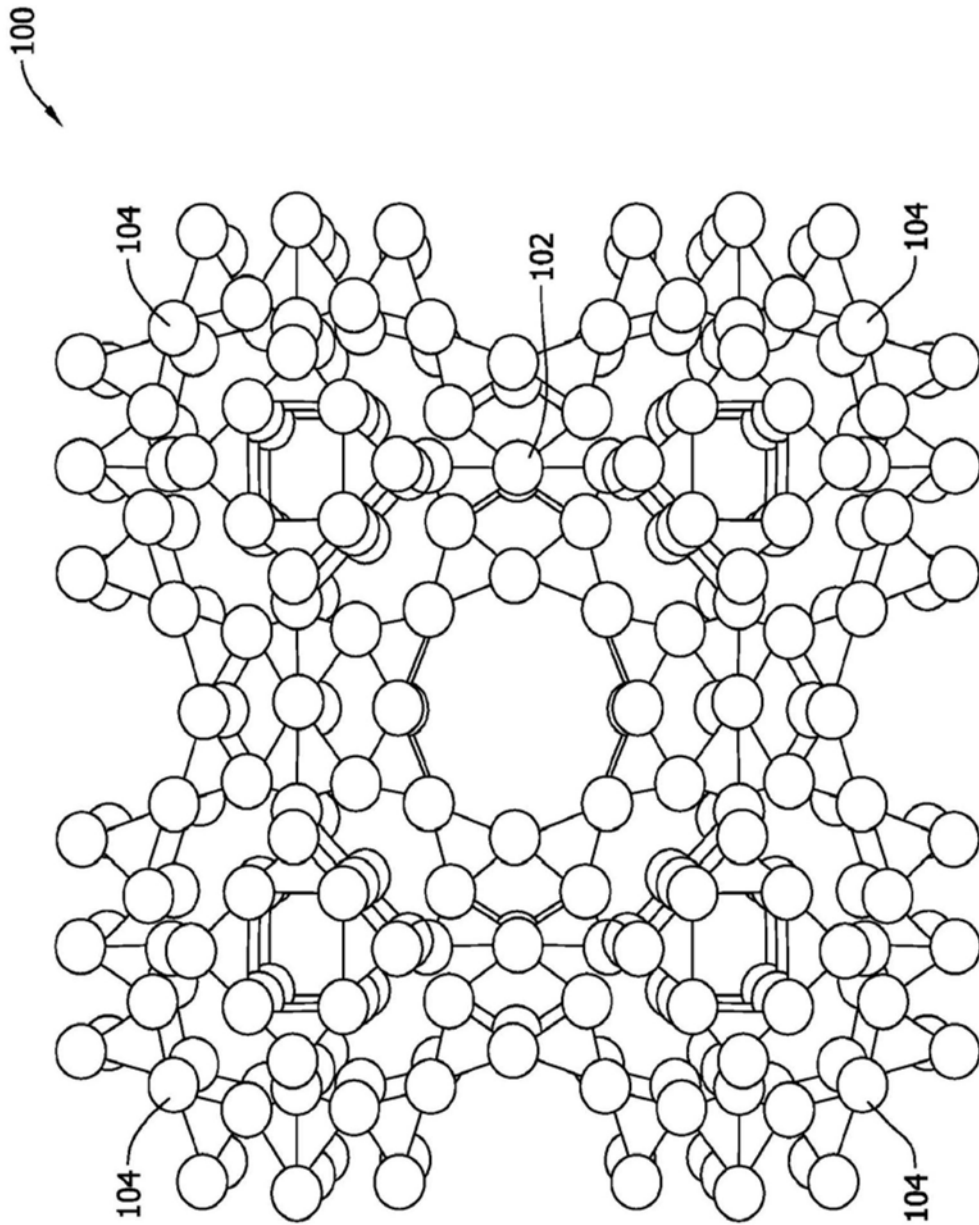


图4

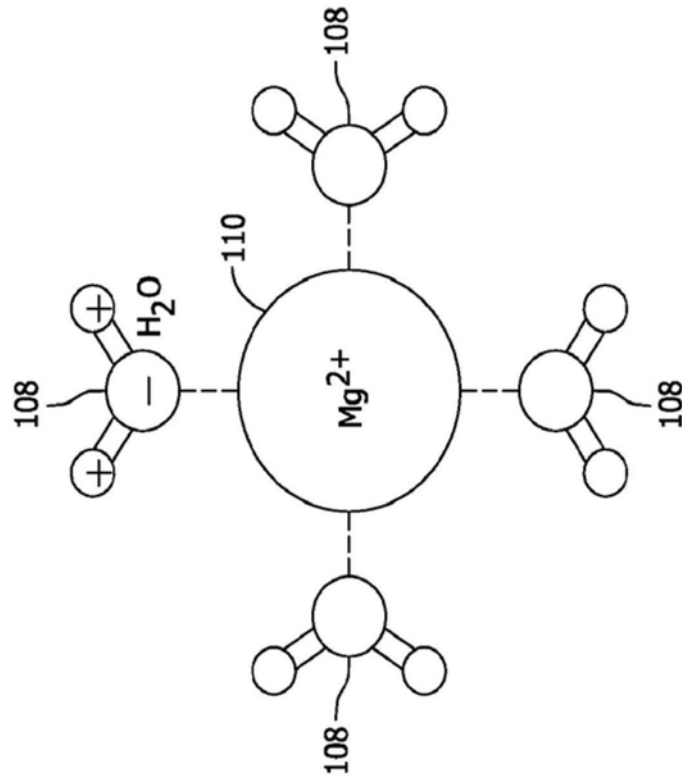


图5

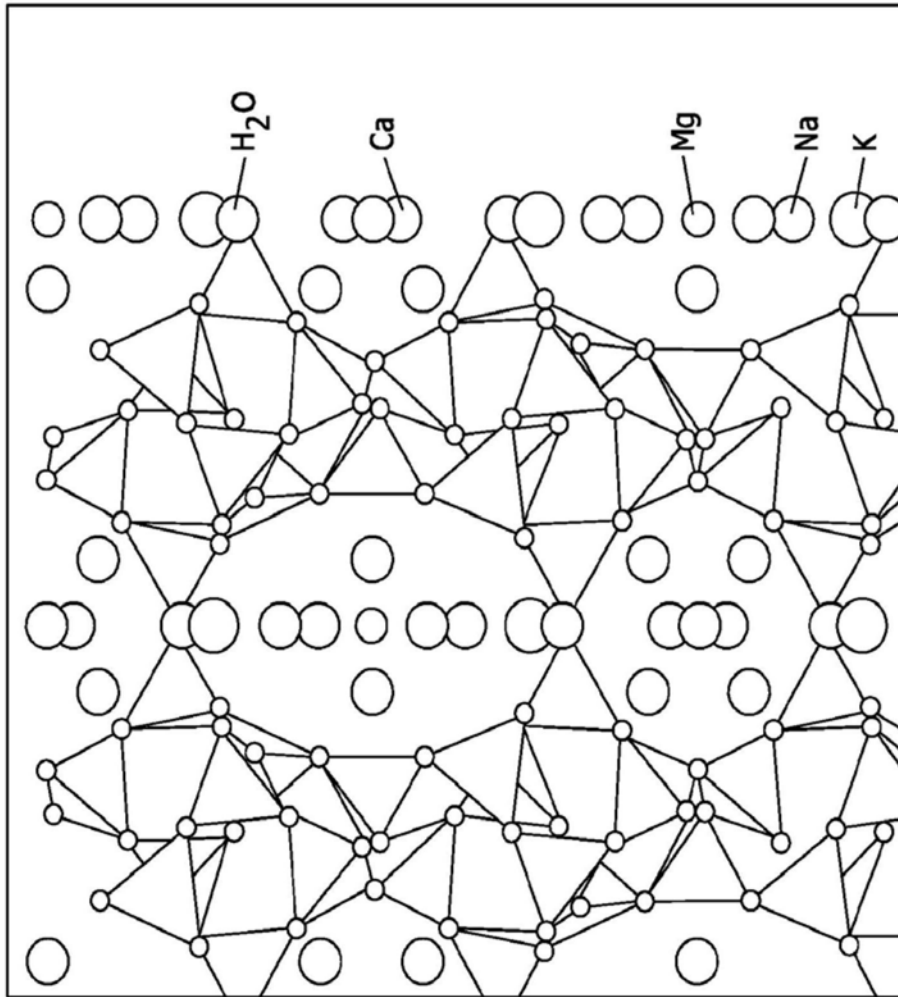


图6

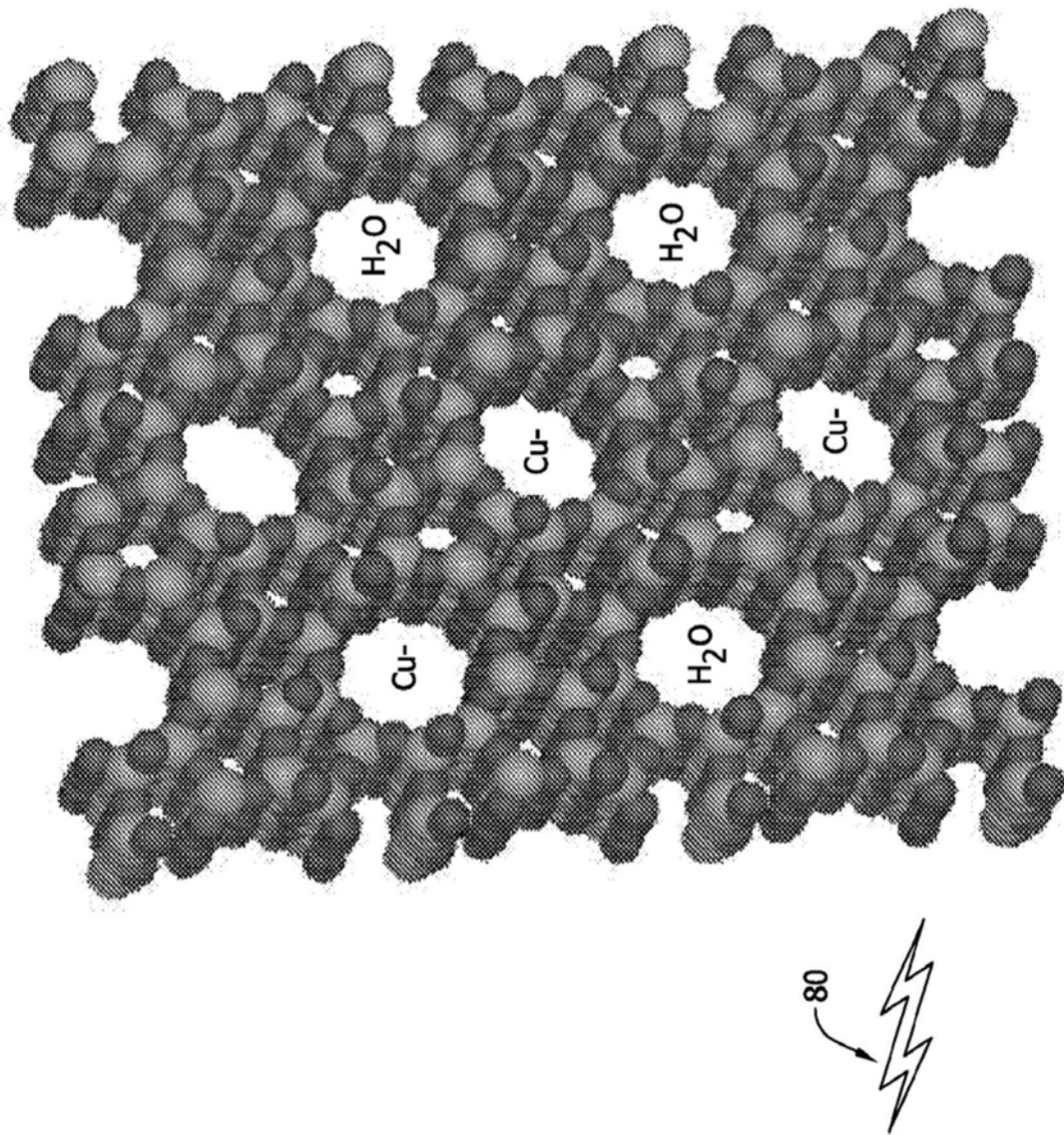


图7

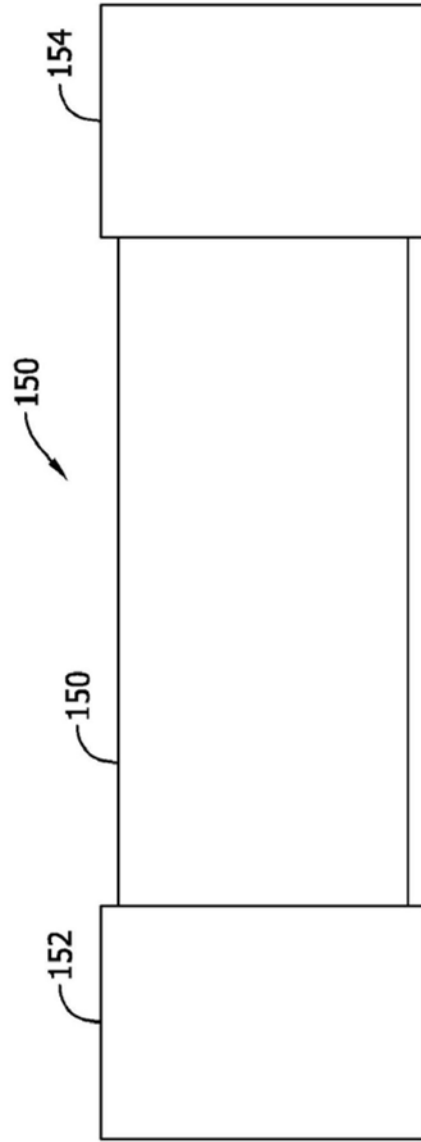


图8

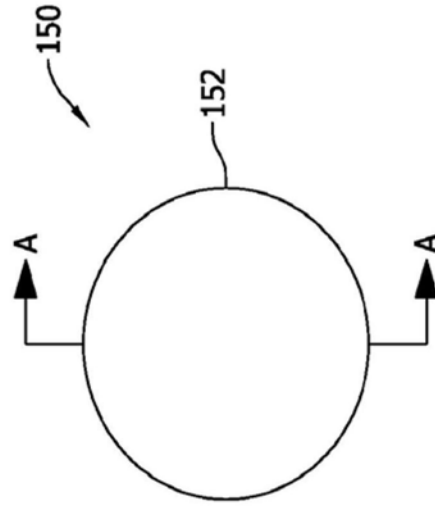


图9

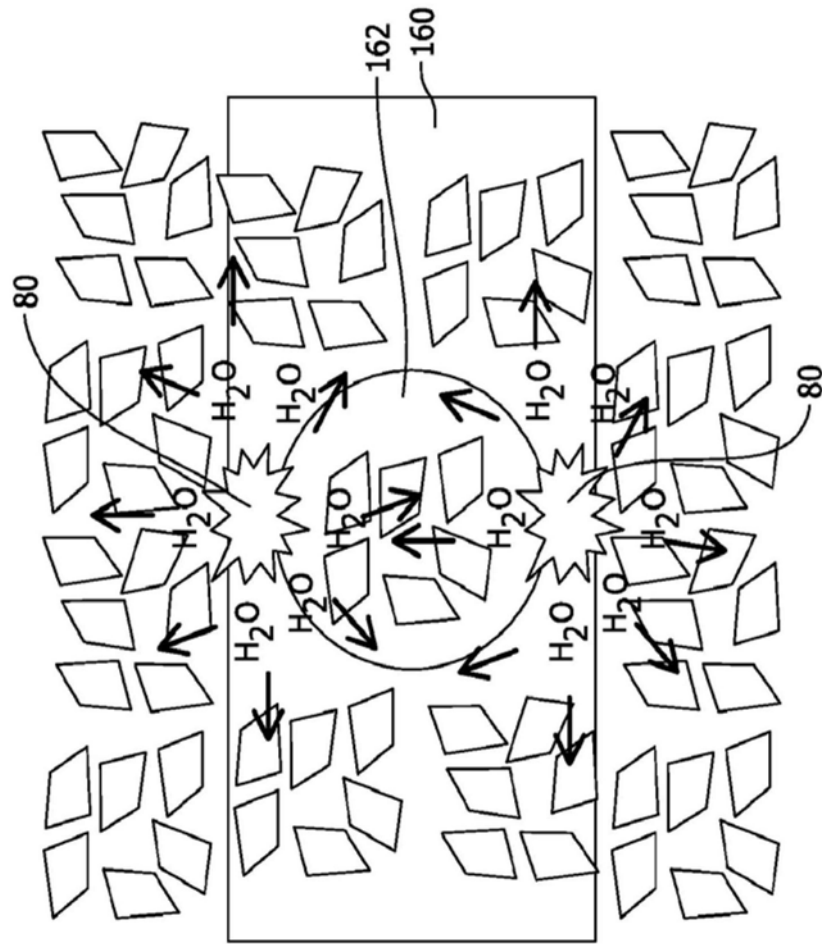


图11

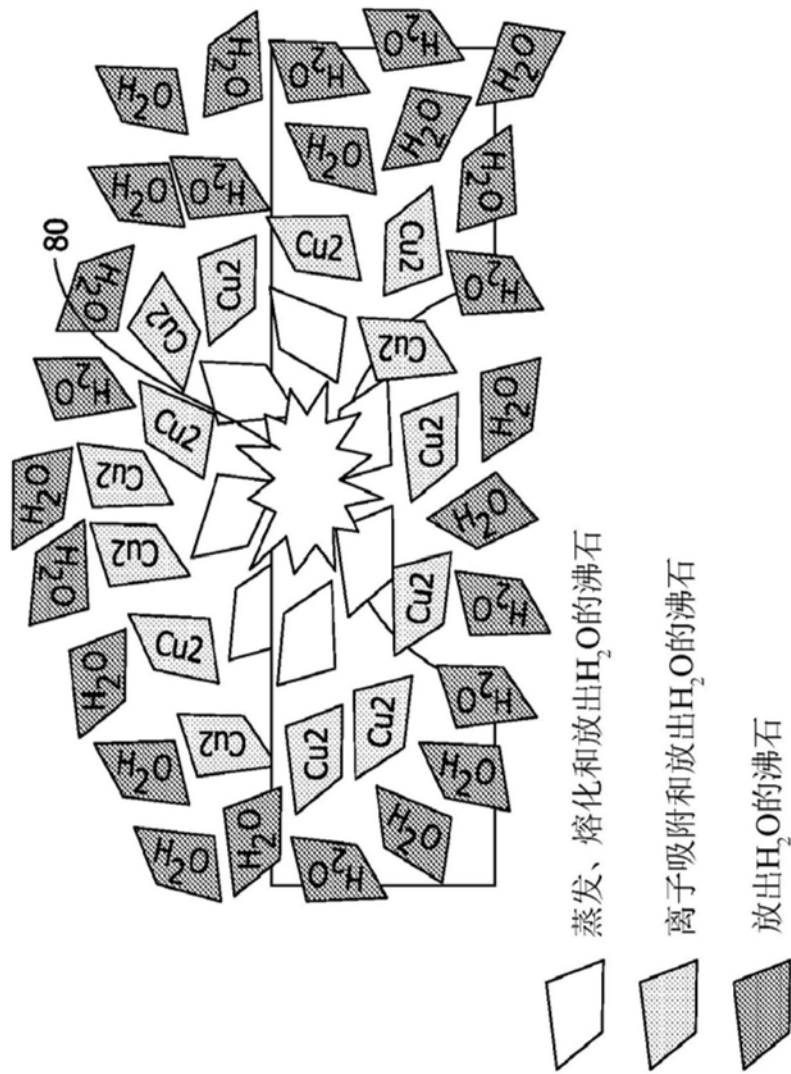


图12

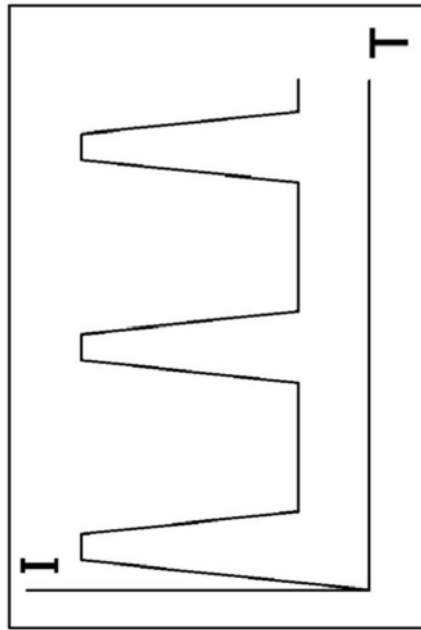


图13

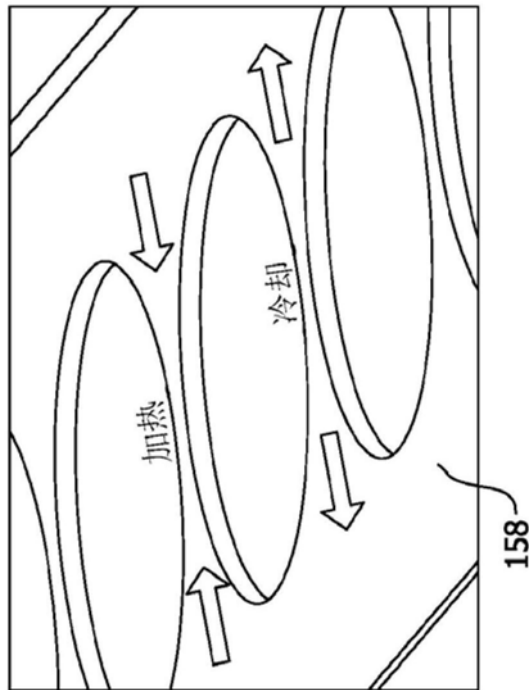


图14

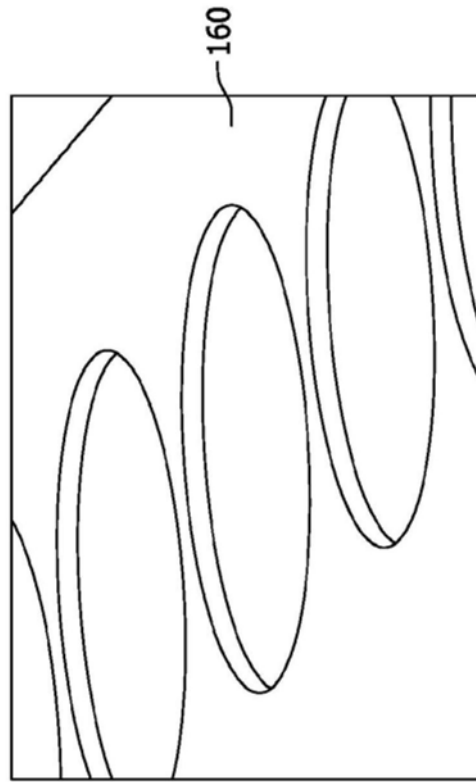


图15

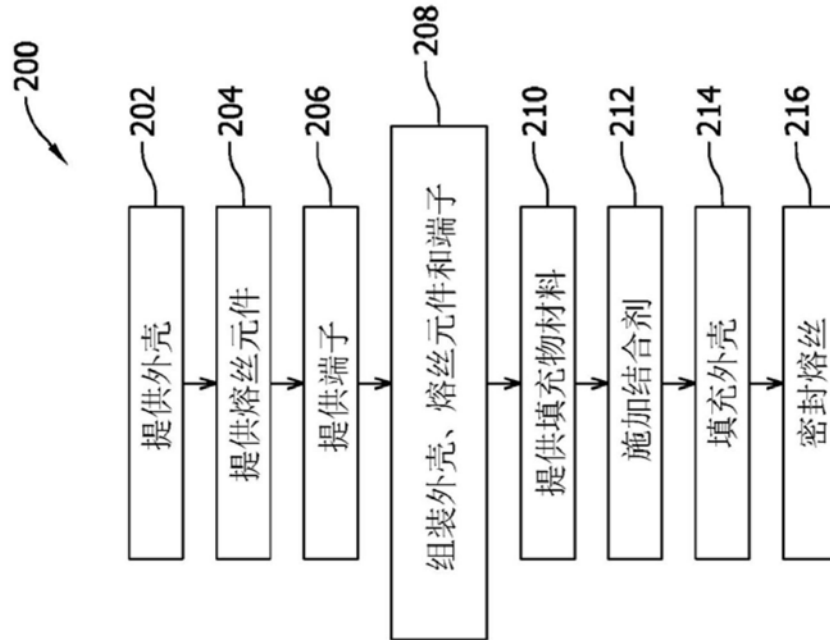


图16