



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117642911 A

(43) 申请公布日 2024.03.01

(21) 申请号 202280048238.4

(22) 申请日 2022.07.01

(30) 优先权数据

21191198.7 2021.08.13 EP

63/219,241 2021.07.07 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.01.05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/035912 2022.07.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/283120 EN 2023.01.12

(71) 申请人 朗盛公司

地址 美国宾夕法尼亚州

(72) 发明人 迈克尔·弗莱辛格 尼尔·米尔恩

特拉维斯·贝南蒂

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

专利代理师 李杰

(51) Int.Cl.

H01M 10/613 (2006.01)

C09K 5/10 (2006.01)

C09K 21/06 (2006.01)

C09K 5/00 (2006.01)

H01M 10/6568 (2006.01)

H01M 10/6567 (2006.01)

H01M 10/625 (2006.01)

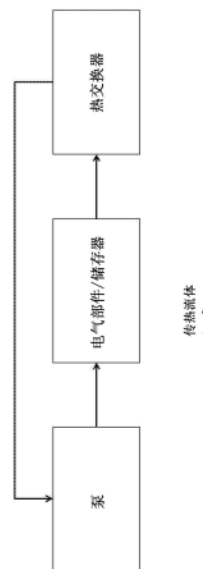
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

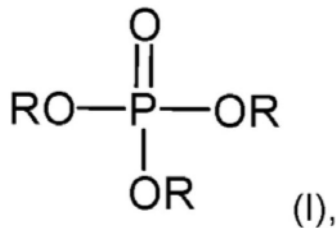
用于浸没式冷却系统的磷酸酯传热流体

(57) 摘要

一种浸没式冷却系统包括电气部件、传热流体和储存器。电气部件至少部分地浸没在储存器内的传热流体中,并且循环系统使传热流体循环出储存器、通过循环管道并且返回至储存器中。传热流体包含一种或多种含有烷基和芳基的分子内混合物的磷酸酯化合物,并且在循环浸没式冷却系统中表现出有利的性质,如低可燃性、低倾点、高电阻率 and 对于可泵送性的低粘度。



1. 一种浸没式冷却系统,包括:  
 电气部件,  
 传热流体,以及  
 储存器,其中,所述电气部件至少部分地浸没在所述储存器内的所述传热流体中,以及  
 循环系统,所述循环系统能够使所述传热流体循环出所述储存器、通过所述循环系统的  
 循环管道并且返回至所述储存器中,  
 其中,所述传热流体包含一种或多于一种式(I)的磷酸酯



其中,式I中每个R独立地选自C<sub>1-18</sub>烷基、未取代的苯基和C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基,条件是:  
 至少一个R基团是C<sub>1-18</sub>烷基并且至少一个其它R基团是未取代的苯基或C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。

2. 根据权利要求1所述的浸没式冷却系统,其中,所述电气部件包括电池。
3. 根据权利要求2所述的浸没式冷却系统,其中,所述电池是用于电动车辆的电池模块。
4. 根据权利要求1所述的浸没式冷却系统,其中,所述循环系统包括泵和热交换器。
5. 根据权利要求4所述的浸没式冷却系统,其中,所述循环系统还包括传热流体罐。
6. 根据权利要求1所述的浸没式冷却系统,其中,式(I)中的一个R基团是C<sub>1-18</sub>烷基,并且  
 剩余的两个R基团独立地选自未取代的苯基和C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。
7. 根据权利要求1所述的浸没式冷却系统,其中,式(I)中的两个R基团独立地选自C<sub>1-18</sub>  
 烷基。
8. 根据权利要求1所述的浸没式冷却系统,其中,所述传热流体包含多于一种式(I)的  
 磷酸酯。
9. 根据权利要求1-8中任一项所述的浸没式冷却系统,其中,式(I)中作为烷基的R是  
 C<sub>1-12</sub>烷基。
10. 一种冷却电气部件的方法,包括:提供根据权利要求1-9中任一项所述的浸没式冷  
 却系统,以及使所述传热流体循环出所述储存器、通过循环系统的循环管道并且返回至所  
 述储存器中。
11. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述电气部件包括电池。
12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述电池是用于电动车辆的电池模块。
13. 根据权利要求10所述的方法,其中,所述循环系统包括泵和热交换器,并且使所述  
 传热流体循环的步骤包括:将所述传热流体泵送出所述储存器、通过循环管道、通过所述热  
 交换器并且返回至所述储存器中。
14. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述循环系统还包括传热流体罐,并且将流动  
 通过所述热交换器的所述传热流体泵送到所述传热流体罐中并且从所述传热流体罐泵送

回至所述储存器中。

## 用于浸没式冷却系统的磷酸酯传热流体

### 技术领域

[0001] 本公开涉及用于电气部件的浸没式冷却系统 (immersion cooling system for electrical componentry), 诸如用于冷却电动车辆的动力系统 (例如, 电池模块)。浸没式冷却系统使用如本文所述的包含至少一种磷酸酯的传热流体。特别地, 本公开的磷酸酯在循环浸没式冷却系统中表现出有利的性质, 如低可燃性、低倾点、高电阻率和对于可泵送性的低粘度。

### 背景技术

[0002] 使用、储存和/或产生能量或功率的电气部件可以产生热量。例如, 电池单元 (诸如锂离子电池) 在充电和放电操作期间产生大量热量。传统的冷却系统采用空气冷却或间接液体冷却。通常, 水/二醇溶液用作传热流体以通过间接冷却来散热。在这种冷却技术中, 水/二醇冷却剂流动通过电池周围的通道 (如管道或夹套) 或流动通过电池框架内的板。然而, 水/二醇溶液是高度导电性的, 并且必须不能接触电气部件, 诸如通过泄露, 以免引起短路的风险, 短路可能导致热传播和热失控。此外, 在对于高负载 (快速充电)、大容量电池的日益增长的需求下, 间接冷却系统是否能够充分地且有效地去除热量仍然存在问题。

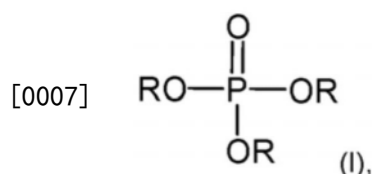
[0003] 通过将电气部件浸没到冷却剂中进行冷却是传统冷却系统的有前途的替代方案。例如, US2018/0233791 A1 公开了用于抑制热失控的电池组系统, 其中电池模块至少部分地浸没在电池盒中的冷却剂中。冷却剂可以泵出电池盒, 通过热交换器, 并且返回至电池盒中。作为冷却剂, 除了其他化学品之外, 提及磷酸三甲基酯和磷酸三丙基酯。然而, 如本申请所示, 磷酸三甲基酯流体或磷酸三丙基酯流体表现出低直流 (DC) 电阻率, 且各自表现出低闪点, 使得每种流体的可燃性使得其不适当。

[0004] 需要开发使用具有低可燃性、低倾点、高电阻率和低粘度的可流动传热流体的循环浸没式冷却系统。

[0005] 为了满足这种需要, 本文公开了含有烷基和芳基的分子内混合物的式 (I) 的磷酸酯。

### 发明内容

[0006] 本公开的浸没式冷却系统包括: 电气部件、传热流体和储存器, 其中电气部件至少部分地浸没在储存器内的传热流体中; 以及循环系统, 其能够使传热流体循环出储存器、通过循环系统的循环管道并返回到储存器中, 其中传热流体包含一种或多于一种式 (I) 的磷酸酯:



[0008] 其中式 I 中每个 R 基团独立地选自 C<sub>1-18</sub> 烷基、未取代的苯基和 C<sub>1-12</sub> 烷基取代的苯基,

条件是至少一个R基团是C<sub>1-18</sub>烷基并且至少一个其它R基团是未取代的苯基或C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。

[0009] 还公开了冷却电气部件的方法,包括将电气部件至少部分地浸没在储存器内的传热流体中,以及使传热流体循环出储存器、通过循环系统的循环管道并返回至储存器中,其中传热流体包含至少一种上述式(I)的磷酸酯。

[0010] 本公开的系统和方法适用于各种各样的电气部件,并且特别适用于冷却电池系统。

[0011] 前面的概述并不旨在以任何方式限制所要求保护发明的范围。此外,应当理解的是,上述一般性描述和以下详细描述两者均仅是示例性和说明性的,并且不限制所要求保护的发明。

## 附图说明

[0012] 图1和图2各自示出根据本公开的示例性浸没式冷却系统的方框流程图。

[0013] 图3和图4是根据本公开的示例性浸没式冷却系统的示意图。

## 具体实施方式

[0014] 除非另外指明,否则本申请中的词语“一个”或“一种”是指“一种或多种”。

[0015] 根据本公开,浸没式冷却系统包括:电气部件、传热流体和储存器,其中电气部件至少部分地浸没在储存器内的传热流体中;以及循环系统,其能够使传热流体循环出储存器、通过循环系统的循环管道并返回到储存器中。

[0016] 电气部件包括为了安全使用需要散热的产生热能的任何电子器件。实例包括电池、燃料电池单元、飞机电子器件、计算机电子器件(如微处理器)、不间断电源(UPS)、功率电子器件(如IGBT、SCR、晶闸管、电容器、二极管、晶体管、整流器等)、逆变器、DC至DC转换器、充电器(例如,在加载站或充电点内)、相变逆变器、电动机、电动机控制器、DC至AC逆变器、以及光伏电池单元。

[0017] 本公开的系统和方法对于冷却电池系统特别有用,诸如在电动车辆(包括客用车辆和商用车辆)中的电池系统,例如,在电动汽车、卡车、公共汽车、工业卡车(例如,叉车等)、公共交通车辆(例如,火车或有轨电车)和其他形式的电动运输中的电池系统。

[0018] 通常,电气化运输由电池模块供电。电池模块可以包括相对于彼此布置或堆叠的一个或多个电池单元。例如,模块可以包括棱柱形电池单元、袋式电池单元或圆柱形电池单元。在电池的充电和放电(使用)操作期间,通常由电池单元产生热,该热量可以由浸没式冷却系统散热。经由浸没式冷却系统有效地冷却电池允许以高负载快速充电时间,同时保持安全条件并避免热传播和热失控。电动运输中的电气部件还包括电动机,所述电动机可以通过浸没式冷却系统冷却。

[0019] 根据本公开,电气部件至少部分地浸没在储存器内的传热流体中。通常,电气部件基本上浸没或完全浸没于传热流体中,诸如浸没(在电池模块的情况下)电池单元壁、凸片和导线。储存器可以是适于保持电气部件浸入其中的传热流体的任何容器。例如,储存器可以是用于电气部件的容器或壳体,诸如电池模块容器或壳体。

[0020] 浸没式冷却系统还包括循环系统,其能够使传热流体循环出储存器、通过循环系

统的循环管道并返回到储存器中。通常,循环系统包括泵和热交换器。在操作中,例如如图1所示,循环系统可以将加热的传热流体泵送出储存器、通过循环管道并且通过热交换器以冷却传热流体并且将冷却的传热流体泵送通过循环管道回到储存器中。以此方式,在电气部件(其至少部分地浸没在储存器内的传热流体中)的操作期间,诸如在电池的充电或放电操作期间,操作浸没式冷却系统以吸收由电气部件产生的热量,以取出已经被电气部件加热的传热流体以在热交换器中冷却,并且使冷却的传热流体循环回到储存器中。

[0021] 热交换器可以是能够将加热的传热流体冷却至适合于特定应用的温度的任何传热单元。例如,热交换器可以使用空气冷却(液体至空气)或液体冷却(液体至液体)。热交换器例如可以是与电气设备或装置内的另一流体回路(诸如电动车辆中的制冷/空调回路)共享的传热单元。循环系统可以使传热流体流动通过多个热交换器,如空气冷却和液体冷却热交换器。

[0022] 循环系统的循环管道可以将传热流体流动到电气设备或装置内需要散热的产生热能的其他电气部件。例如,如图2所示,对于浸没冷却电池,传热流体还可以用于浸没冷却由电池供电的电气部件(例如,电动机)和/或浸没冷却为电池充电所使用的电气部件。可以在一个或多个热交换器中冷却从各种电气部件的容器或壳体流出的加热的传热流体,并且可以将冷却的传热流体循环回到容器或壳体。

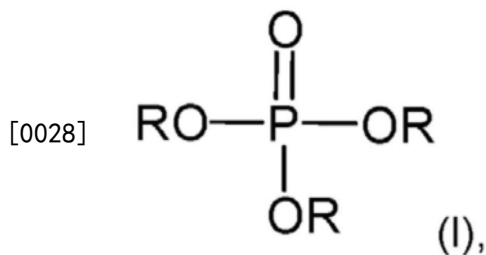
[0023] 循环系统还可以包括用于储存和/或维持一定体积传热流体的传热流体罐(tank)。例如,可以将来自热交换器的冷却的传热流体泵送到传热流体罐中并且从传热流体罐泵送回到储存器中。

[0024] 图3示出了根据本公开的浸没式冷却系统的实例。为了说明的目的,将电气部件和储存器放大。该系统包括电气部件1(在该实例中,其是电池模块的电池单元)、传热流体2和储存器3。电气部件1至少部分地浸入(在图3中,完全浸入)储存器3内的传热流体2中。包括循环管道4、热交换器5和泵6的循环系统将加热的传热流体2从储存器移出以在热交换器5中冷却,并且将冷却的传热流体循环回到储存器3中。如图4所示,循环系统还可以包括传热流体罐7。

[0025] 如图3和图4所示的传热流体2在电气部件1上方和周围描绘的流动仅是示例性的。电气部件可以以适用于电气部件的类型和预期应用的任何方式布置在储存器内。类似地,传热流体流入和流出储存器的流动和流动通过储存器的流动可以以适于确保电气部件保持至少部分地浸没在传热流体中的任何方式实现。例如,储存器可以包括多个入口和出口。传热流体可以从储存器的一侧流到另一侧、从顶部流到底部或从底部流到顶部或其组合,这取决于电气部件所希望取向以及系统所希望的流体流动。储存器可以包括用于引导传热流体在电气部件上方和/或周围流动的挡板。作为另一个实例,传热流体可以经由喷射系统进入储存器,诸如从储存器的一个或多个顶部入口喷射到电气部件上。

[0026] 虽然本公开的系统和方法对于冷却电气部件(诸如电池模块)特别有用,但本公开的电气部件在传热流体中的浸没布置还允许流体将热量传递到电气部件,以在寒冷环境中提供温度控制。例如,浸没式冷却系统可以配备有加热器以加热传热流体,诸如图2中所示,其中热交换器可以以“加热模式”操作。加热的流体可以将热量传递至浸没的电气部件,以实现和/或维持电气部件的期望或最佳温度,诸如用于电池充电的期望或最佳温度。

[0027] 浸没式冷却系统的传热流体包含一种或多于一种式(I)的磷酸酯:



[0029] 其中式I中每个R基团独立地选自C<sub>1-18</sub>烷基、未取代的苯基和C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基，条件是至少一个R基团是C<sub>1-18</sub>烷基并且至少一个其它R基团是未取代的苯基或C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。

[0030] 尽管传热流体可以含有一种或多种不具有式(I)的磷酸酯，但是基于传热流体中所有磷酸酯的总重量，式(I)的磷酸酯或其混合物通常按重量计占大于50%，例如按传热流体中所有磷酸酯的重量计，至少60%、至少70%、至少80%、至少90%、至少95%或至少99%。

[0031] 在一些实施方式中，式(I)中的一个R基团是C<sub>1-18</sub>烷基并且剩余的两个R基团独立地选自未取代的苯基和C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。例如，在某些实施方式中，剩余的两个R基团是未取代的苯基。在某些其他实施方式中，剩余的两个R基团独立地选自C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。

[0032] 在另外的实施方式中，式(I)中的两个R基团独立地选自C<sub>1-18</sub>烷基。所述两个R基团可以是相同的或可以选自不同的C<sub>1-18</sub>烷基。在另外的实施方式中，剩余的R基团是未取代的苯基。在其他实施方式中，剩余的R基团是C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。

[0033] 式(I)中作为“C<sub>1-18</sub>烷基”的R可以是具有指定数目碳原子的直链或支链烷基。优选地，作为C<sub>1-18</sub>烷基的R是C<sub>1-12</sub>烷基、C<sub>3-12</sub>烷基或C<sub>4-10</sub>烷基。未支化烷基的实例包括甲基、乙基、正丙基、正丁基、正戊基、正己基、正庚基、正辛基、正壬基、正癸基、正十一烷基和正十二烷基。支链烷基的实例包括2-甲基戊基、2-乙基丁基、2,2-二甲基丁基、6-甲基庚基、2-乙基己基、叔辛基、3,5,5-三甲基己基、7-甲基辛基、2-丁基己基、8-甲基壬基、2-丁基辛基、11-甲基十二烷基等。直链烷基和支链烷基的实例还包括通常称为异壬基、异癸基、异十三烷基等的部分，其中前缀“异”应理解为是指烷基的混合物，如衍生自羰基合成法(oxo process)的那些。

[0034] 式(I)中作为“C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基”的R是指被C<sub>1-12</sub>烷基取代的苯基。烷基可以是具有指定数目碳原子的直链或支链烷基。苯环上可以存在多于一个烷基(例如被两个烷基或三个烷基取代的苯基)。然而，苯基经常被一个烷基取代(即，单烷基化的)。优选地，C<sub>1-12</sub>烷基选自C<sub>1-10</sub>或C<sub>3-10</sub>烷基，更优选C<sub>1-8</sub>或C<sub>3-8</sub>烷基，或C<sub>1-6</sub>或C<sub>3-6</sub>烷基。此类烷基的实例包括甲基、乙基、正丙基、异丙基、正丁基、异丁基、仲丁基、叔丁基、戊基、异戊基、叔戊基、2-甲基丁基、正己基、2-甲基戊基、2-乙基丁基、2,2-二甲基丁基、6-甲基庚基、2-乙基己基、异辛基、叔辛基和异壬基、3,5,5-三甲基己基、2-丁基己基、异癸基和2-丁基辛基等。烷基化剂可以包括衍生自石脑油裂化的烯烃，如丙烯、丁烯、二异丁烯和丙烯四聚物。苯环上的所述烷基取代可以在邻-、间-、或对-位，或它们的组合。通常，烷基取代是在对位或主要在对位。

[0035] 本公开的传热流体可以包含多于一种式(I)的磷酸酯，即式(I)的磷酸酯的混合物，如式(I)的化合物的混合物，所述式(I)的化合物在为C<sub>1-18</sub>烷基的R基团的数目上彼此不

同,和/或在为 $C_{1-12}$ 烷基取代的苯基的R基团的数目上不同,和/或基于烷基和/或烷基取代的苯基的烷基化程度或烷基化链长度有所不同。

[0036] 本公开的传热流体还可以包含一种或多种其他基础油,如矿物油、聚 $\alpha$ 烯烃、酯等。应当选择其他基础油及其量以与适用于本文所述的循环浸没冷却流体的性质一致。通常,按传热流体的重量计,式(I)的磷酸酯或其混合物占大于50%。例如,在许多实施方式中,按传热流体的重量计,一种或多于一种式(I)的磷酸酯为至少60%、至少70%、至少80%、至少90%、至少95%或至少99%。

[0037] 本公开的传热流体还可以包含一种或多种性能添加剂。此类添加剂的实例包括但不限于抗氧化剂、金属钝化剂、流动添加剂、腐蚀抑制剂、泡沫抑制剂、破乳剂、倾点下降剂、以及它们的任何组合或混合物。完全配制的传热流体通常包含这些性能添加剂中的一种或多种,并且通常包含多种性能添加剂的包。通常,一种或多种性能添加剂以基于传热流体的重量的0.0001wt%至高达3wt%、或0.05wt%至高达1.5wt%、或0.1wt%至高达1.0wt%的量存在。

[0038] 在一些实施方式中,传热流体基本上由一种或多于一种式(I)的磷酸酯以及任选的一种或多种性能添加剂组成。在一些实施方式中,传热流体由一种或多于一种式(I)的磷酸酯以及任选的一种或多种性能添加剂组成。在另外的实施方式中,传热流体基本上由一种或多于一种式(I)的磷酸酯、一种或多于一种不具有式(I)的磷酸酯、以及任选的一种或多种性能添加剂组成。在另外的实施方式中,传热流体由一种或多于一种式(I)的磷酸酯、一种或多于一种不具有式(I)的磷酸酯、以及任选的一种或多种性能添加剂组成。

[0039] 本公开的磷酸酯是已知的或可以通过已知的技术制备。已知的方法描述于例如美国专利号2,504,121、2,656,373、6,299,887和7,700,807。

[0040] 本公开的传热流体的物理性质可以至少部分地基于式(I)的磷酸酯的烷基化程度进行调节或优化。

[0041] 通常,本公开的传热流体具有根据ASTM D92的 $\geq 190^{\circ}\text{C}$ 、优选 $\geq 200^{\circ}\text{C}$ 的闪点;根据ASTM D445在 $40^{\circ}\text{C}$ 下测量的小于50cSt、优选 $\leq 40\text{cSt}$ 或 $\leq 35\text{cSt}$ 并且更优选 $\leq 30\text{cSt}$ 的运动粘度;根据ASTM D5950的 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ 、优选地 $\leq -25^{\circ}\text{C}$ 并且更优选地 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ 的倾点;以及根据IEC 60247在 $25^{\circ}\text{C}$ 下测量的 $>0.25\text{G}\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ 、优选地 $>0.5\text{G}\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ 并且更优选地 $>1\text{G}\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ 或 $>5\text{G}\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ 的DC电阻率。

[0042] 例如,在许多实施方式中,本公开的传热流体具有根据ASTM D92的 $\geq 200^{\circ}\text{C}$ 的闪点;根据ASTM D445在 $40^{\circ}\text{C}$ 下测量的 $\leq 30\text{cSt}$ 的运动粘度;根据ASTM D5950的 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ 的倾点;以及根据IEC 60247在 $25^{\circ}\text{C}$ 下测量的 $>0.5\text{G}\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ 或 $>5\text{G}\Omega\text{m}\cdot\text{cm}$ 的DC电阻率。

[0043] 还公开了冷却电气部件的方法,包括将电气部件至少部分地浸没在储存器内的传热流体中,以及使传热流体循环出储存器、通过循环系统的循环管道并返回到储存器中,其中传热流体如上文针对浸没式冷却系统所述的。

[0044] 在以下实施例中提供进一步的非限制性公开。

[0045] 实施例

[0046] 程序

[0047] 评估根据本公开的传热流体以及比较例的传热流体以确定它们的闪点(ASTM D92)、在 $40^{\circ}\text{C}$ 下测量的运动粘度(ASTM D445)、倾点(ASTM D5950)、以及在 $25^{\circ}\text{C}$ 下测量的DC

电阻率(IEC 60247)。

[0048] 实施例1

[0049] 根据以上程序评估在名称Disflamoll® DPO下可商购的2-乙基己基二苯基磷酸酯。

[0050] 比较例1

[0051] 根据以上程序评估磷酸三甲基酯。

[0052] 比较例2

[0053] 根据以上程序评估磷酸三正丙基酯。

[0054] 比较例3

[0055] 根据以上程序评估磷酸三异丙基酯。

[0056] 比较例4

[0057] 根据以上程序评估磷酸三正丁基酯。

实施例	40 C 下的粘度 (cSt)	倾点 (°C)	闪点 (°C)	25°C 下的 DC 电阻率 (GOhm-cm)
<b>1</b> (2-乙基己基二苯基磷酸酯)	8.6	-54	224	0.57
[0058] <b>CE 1</b> (磷酸三甲基酯)	1.3	-	107	< 0.25
<b>CE 2</b> (磷酸三正丙基酯)	3.3	-	123	< 0.25
<b>CE 3</b> (磷酸三异丙基酯)	1.7	-	102	< 0.25
<b>CE 4</b> (磷酸三正丁基酯)	2.5	<-75	168	< 0.25

[0059] 如上表中所示,根据本公开,实施例1的磷酸酯(其是具有烷基和芳基的分子内混合物的式(I)的磷酸酯),具有>200°C的闪点和>0.5GOhm-cm的在25°C下的DC电阻率,以及低倾点和在40°C下的低运动粘度。即,实施例1的磷酸酯在循环浸没式冷却系统中具有低可燃性、低倾点、高电阻率和对于可泵送性的低运动粘度的优选性质。相反,相对于实施例1,比较例1-4的磷酸三烷基酯各自表现出远低于200°C的低闪点和低DC电阻率。

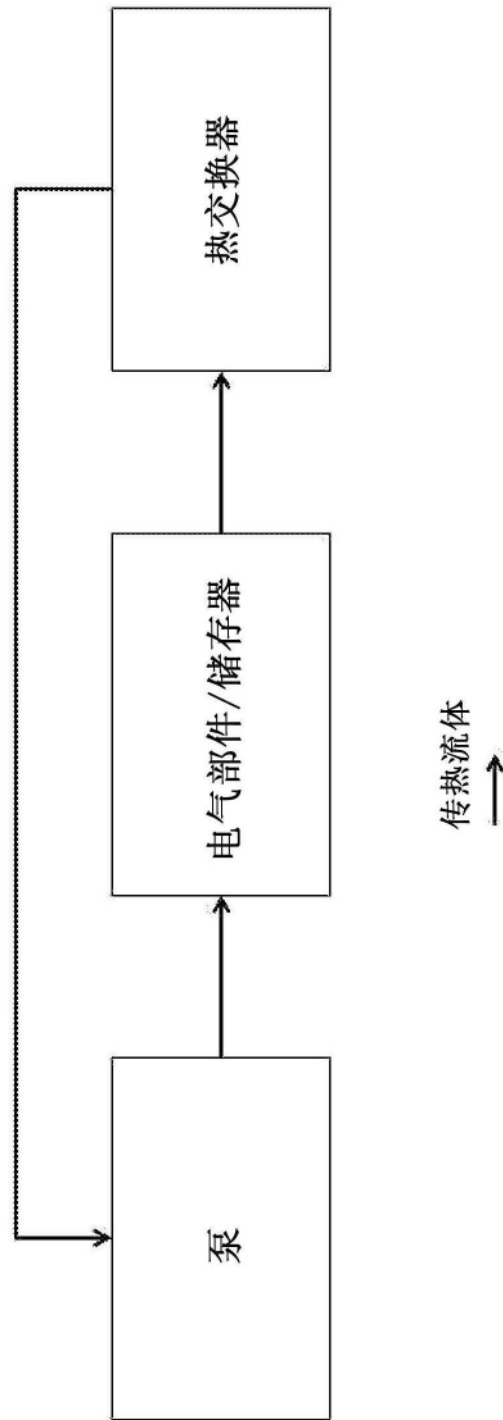


图1

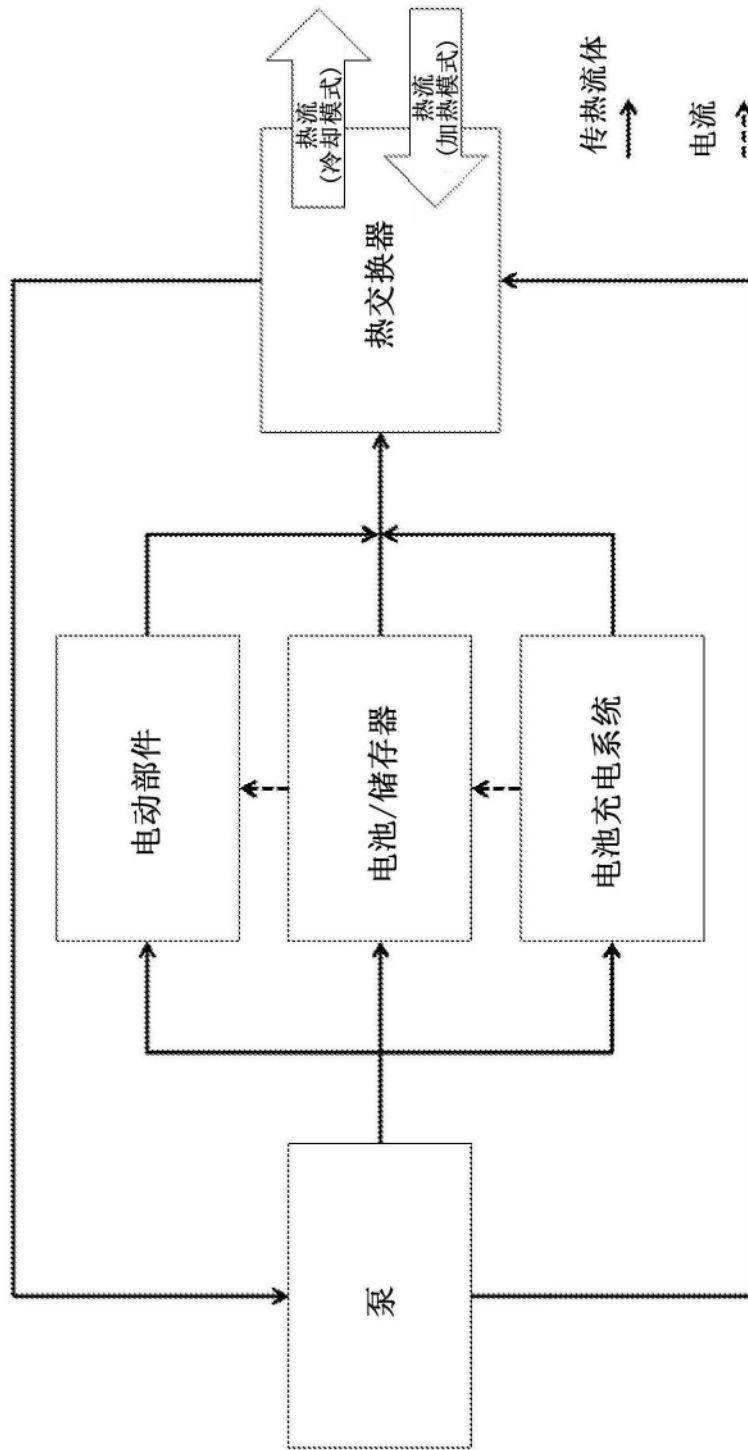


图2

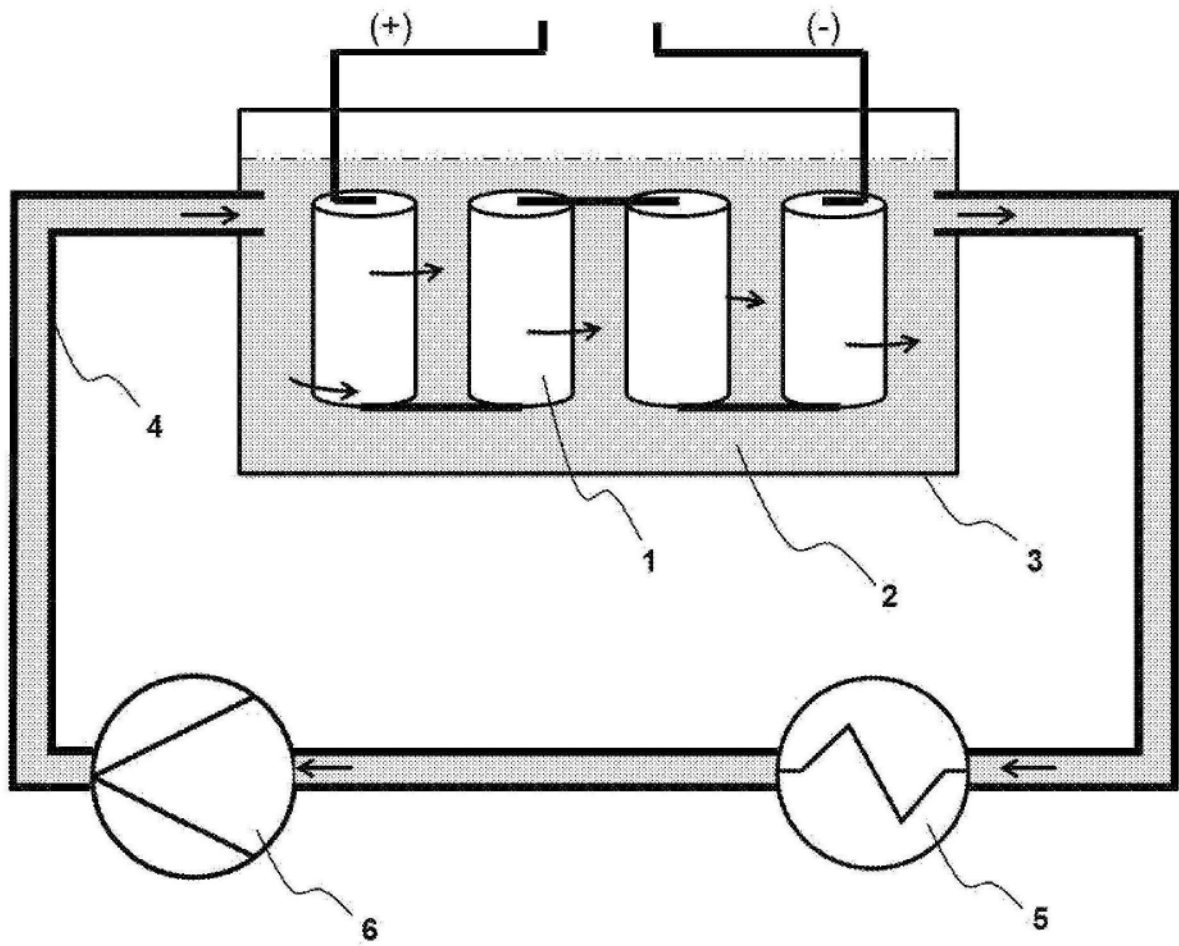


图3

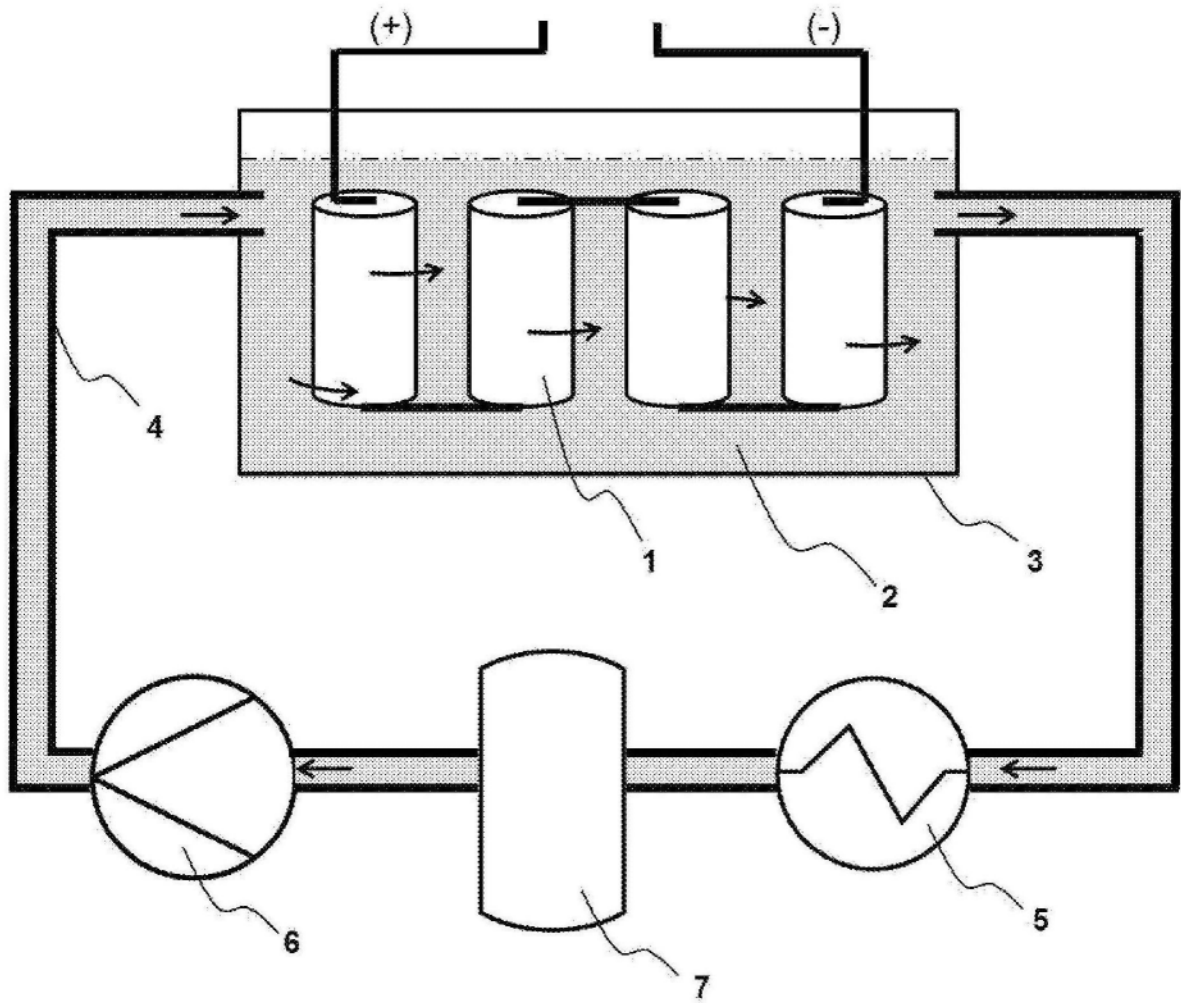


图4