



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108831587 A

(43)申请公布日 2018.11.16

(21)申请号 201810707330.2

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2013.03.15

H01B 3/16(2006.01)

(30)优先权数据

H01B 3/24(2006.01)

61/620,192 2012.04.04 US

H01B 3/56(2006.01)

(62)分案原申请数据

201380018933.7 2013.03.15

(71)申请人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州圣保罗市邮政信箱

33427,3M中心55133-3427

(72)发明人 M·G·科斯特洛 R·M·弗林

M·J·布林斯基

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 牛海军

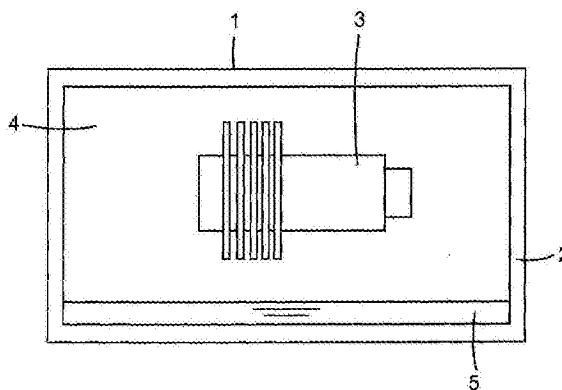
权利要求书1页 说明书10页 附图1页

(54)发明名称

作为电介质气体的氟化腈

(57)摘要

本发明提供作为电介质气体的氟化腈。具体地,本发明公开了一种包含电介质流体的电气装置,所述电介质流体包含七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈。



1. 一种电气装置,包含根据下式的电介质流体:(i)  $(CF_3)_2CFCN$ ;或(ii)  $CF_3CF(OCF_3)CN$ 。
2. 根据权利要求1所述的电气装置,还包括贮存器,其中所述贮存器含有一定量的液体形式的所述电介质流体。
3. 根据权利要求1所述的电气装置,其中所述电气装置选自:气体绝缘断路器、电流断路装置、气体绝缘输电线、气体绝缘变压器和气体绝缘变电站。
4. 根据权利要求1所述的电气装置,还包含在 $0^\circ C$ 下具有至少约70kPa的蒸气压的第二电介质流体。
5. 根据权利要求4所述的电气装置,其中所述第二电介质气体选自氮气、二氧化碳、一氧化二氮( $N_2O$ )、氦气、氩气、空气或全氟烷烃。
6. 一种电介质组合物,包含:  
根据下式的流体:(i)  $(CF_3)_2CFCN$ ,或(ii)  $CF_3CF(OCF_3)CN$ ;和  
包含在 $0^\circ C$ 下具有至少约70kPa的蒸气压的惰性气体的气体电介质。
7. 根据权利要求6所述的电介质组合物,其中所述气体电介质与所述流体的所述蒸气压的比率为至少约2.5:1。
8. 根据权利要求6所述的电介质组合物,其中所述惰性气体选自氮气、二氧化碳、一氧化二氮( $N_2O$ )、氦气、空气和氩气。
9. 一种在电气装置中用作绝缘体的电介质组合物,包含:  
根据下式的流体:(i)  $(CF_3)_2CFCN$ ,或(ii)  $CF_3CF(OCF_3)CN$ 。
10. 根据权利要求9所述的电介质组合物,还包含在 $0^\circ C$ 下具有至少约70kPa的蒸气压的电介质气体。
11. 根据权利要求10所述的电介质组合物,其中所述电介质气体与所述流体的所述蒸气压的比率为至少约2.5:1。

## 作为电介质气体的氟化腈

[0001] 本申请是PCT国际申请日为2013年3月15日, PCT国际申请号为PCT/US2013/031854、国家申请号为201380018933.7并且发明名称为“作为电介质气体的氟化腈”的申请的分案申请。

### [0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2012年4月4日提交的美国临时申请No. 61/620,192的权益, 该临时申请的公开内容全文以引用方式并入本文。

### 技术领域

[0004] 本发明整体涉及电介质流体在电气装置诸如电容器、开关装置、变压器和电缆或母线中的用途。具体地讲, 本发明涉及七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈作为电气装置中的电介质流体的用途。

### 背景技术

[0005] 电介质气体使用于各种电气装置中, 诸如, 例如: 变压器、电缆或母线, 以及断路器或开关装置。例如, 参见美国专利No. 7,807,074 (Luly等人)。在此类电气装置中, 由于电介质气体的较高电介质强度(DS), 故通常使用电介质气体替代空气作为电绝缘体。这种电介质气体允许比填充空气的电气装置更高的功率密度。

[0006] 最显著地, 六氟化硫(SF<sub>6</sub>)已成为许多电气应用中的主要保留电介质气体。SF<sub>6</sub>有利地为无毒的、不易燃的、易于处理的, 具有可用的操作温度范围和优良的电介质和电弧中断特性。在变压器内, 其也充当冷却剂。在变压器内的鼓风机常常循环气体, 从而有助于从绕组热传递。

[0007] 然而, SF<sub>6</sub>的问题是其3200年的大气寿命, 以及二氧化碳的全球变暖潜势的约22,200倍的全局变暖潜势(GWP)。在1997年12月的日本京都峰会中, 来自160个国家的代表们起草了包括对温室气体排放的限制的协议。该协议涵盖了包括SF<sub>6</sub>的六种气体, 并包括如下承诺: 到2010年将气体的总排放降低至比在1990年它们的总排放低5.2%的水平。参见UNEP(联合国环境规划署), Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Nairobi, Kenya, 1997(1997年肯尼亚, 内罗比, 联合国气候变化框架公约的京都议定书)。

[0008] 美国专利No. 3,048,648(‘648专利)中已公开将某些全氟化腈CF<sub>3</sub>CN、C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>CN和CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CN用作气体电介质材料。然而, 这些腈的毒性高于认为用作气体电介质材料可接受的毒性。另外, ‘648专利将腈描述为“更具体而言的全氟-正-烷基腈的组的成员”。已试图经添加亚硝酸酯来降低CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CN的毒性(参见美国专利No. 4,547,316)。

[0009] 国家标准与技术研究院(NIST)已公布技术说明1425: “Gases for electrical Insulation and Arc Interruption: Possible Present and Future Alternatives to Pure SF<sub>6</sub>” (“用于电绝缘和电弧中断的气体: 纯SF<sub>6</sub>的可能的现有和未来的替代选择”), 其确定SF<sub>6</sub>与氮气或氦气, 或高压氮气的混合物作为可能的替代品。一些其它的替代混合物遭受

在电弧放电过程中游离碳的释放、在电弧放电过程中或电弧放电之后增加的毒性,以及在储存、回收和再循环过程中气体处理的增加的难度。也确定了全氟化碳(PFC)气体,其也如同SF<sub>6</sub>一样可与氮气或氦气混合。然而,PFC也具有高GWP,因此限制了这种策略的环境影响的可能的降低。

### 发明内容

[0010] 在一个实施例中,提供一种包含根据下式的电介质流体的电气装置:(i) (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN;或(ii) CF<sub>3</sub>CF(OCF<sub>3</sub>)CN。

[0011] 在一个实施例中,提供一种电介质组合物。该电介质组合物包括根据下式的流体:(i) (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN,或(ii) CF<sub>3</sub>CF(OCF<sub>3</sub>)CN,以及包含在0℃下具有至少约70kPa的蒸气压的惰性气体的气体电介质。

[0012] 在一个实施例中,提供一种在电气装置中用作绝缘体的电介质组合物。该电介质组合物包括根据下式的流体:(i) (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN,或(ii) CF<sub>3</sub>CF(OCF<sub>3</sub>)CN。

### 附图说明

[0013] 图1为包括根据本发明的氟化腈流体的电气硬件的图示。

### 具体实施方式

[0014] 如本文所用,单数形式“一个”、“一种”和“该”包括复数指代,除非该内容另外明确地指明。如本说明书和所附实施例中所用,一般在其意义上使用术语“或”包括“和/或”的含义,除非该内容另外明确地指明。

[0015] 如本文所用,由端点表述的数值范围包括归入该范围内的所有数值(例如1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.8、4和5)。

[0016] 除非另外指明,否则在所有情况下,本说明书和实施例中所使用的所有表达数量或成分、特性测量等的数值均应理解成由术语“约”所修饰。因此,除非有相反的说明,否则上述说明书和所附实施例列表中所所述的数值参数可以根据本领域技术人员利用本发明的教导内容寻求获得的所需特性而有所变化。在最低程度上说,每个数值参数并非试图限制等同原则在受权利要求书保护的实施例的范围内的应用,应该至少根据所报告的有效数位的数量和通过惯常的四舍五入法来解释每个数值参数。

[0017] 如本文所用,术语“电介质流体”包括液体电介质和气体电介质。在使用电气装置的温度和压力的操作条件下确定流体、气体或液体的物理状态。

[0018] 如本文所用,“全氟化的”或前缀“全氟”是指其中所有或基本上所有的键合碳的氢原子被氟原子替代的有机基团,例如全氟烷基等。

[0019] 在诸如电容器的电气装置中,由于电介质液体的低电介质常数(K)和高电介质强度(DS),因此它们常常用于取代空气。该类型的一些电容器包括金属箔导体和纸张或聚合物膜的固体电介质片材的交替层。其它电容器通过同心围绕中心芯部包裹金属箔导体和电介质膜而构造。该后一类型的电容器称为“绕膜”电容器。由于电介质液体的低电介质常数和电介质强度,它们常常用于浸渍电介质膜。相比于填充空气或填充其它气体的电气装置,这种电介质液体允许更多的能量储存于电容器内(更高的电容)。

[0020] 在示例性实施例中,本发明涉及使用七氟异丁腈(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CN或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈CF<sub>3</sub>CF(OCF<sub>3</sub>)CN作为电介质流体。在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈在含有其的装置的操作条件下呈气相、液相或其组合。本发明的电介质流体可用于使用电介质流体的多种应用中。这种其它应用的实例描述于前述NIST技术说明1425中。本发明还提供一种包括本发明的七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质流体的电气装置。在一些实施例中,本发明还提供一种包含七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈与惰性气体(诸如氮气、二氧化碳、一氧化二氮(N<sub>2</sub>O)、氦气、氩气或空气)的混合物的电介质流体。

[0021] 本发明的七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质流体有利地具有宽操作温度和压力范围,为热稳定和化学稳定的,在给定分压下具有高于SF<sub>6</sub>的电介质强度和热传递效率且具有低于SF<sub>6</sub>的全球变暖潜势(GWP)。另外,本发明的七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的毒性令人惊奇地低于其它非支链腈中所发现的毒性。本发明的七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈在20kPa的压力下、在含有其的电气装置的操作温度下一般具有大于约5kV的电介质强度。

[0022] 如本文所用,全球变暖潜势“GWP”为基于化合物的结构的化合物的变暖潜势的相对量度。如1990年的(并在2007年更新)政府间气候变化专门委员会(IPCC)所定义的化合物的GWP计算为在指定的积分时间范围(ITH)内,相对于由于释放1千克的CO<sub>2</sub>而导致的变暖的由于释放1千克化合物而导致的变暖。

$$[0023] \quad GWP_i(t') = \frac{\int_0^{ITH} a_i [C(t)] dt}{\int_0^{ITH} a_{CO_2} [C_{CO_2}(t)] dt} = \frac{\int_0^{ITH} a_i C_{0i} e^{-t/\tau_i} dt}{\int_0^{ITH} a_{CO_2} [C_{CO_2}(t)] dt}$$

[0024] 在该等式中, $a_i$ 为在大气中每单位质量的化合物增加的辐射强迫(由于该化合物的IR吸光度而导致的通过大气的辐射通量的改变), $C$ 为化合物的大气浓度, $\tau$ 为化合物的大气寿命, $t$ 为时间且 $i$ 为所关注的化合物。

[0025] 通常接受的ITH为100年,其表示短期效应(20年)和长期效应(500年或更长)之间的折衷。假设在大气中的有机化合物 $i$ 的浓度遵循准一级动力学(即指数式衰减)。在该相同时间间隔内的CO<sub>2</sub>浓度采用从大气交换和去除CO<sub>2</sub>的更复杂的模型(Bern碳循环模型)。

[0026] 由于低层大气中的降解,因此与SF<sub>6</sub>相比,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈具有较短寿命且对全球变暖的贡献较少。与其它全氟化腈相比,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈除电介质性能特性以及其相对较低毒性之外GWP也较低,使其充分适合用作电介质流体。

[0027] 有利地,本发明的电介质流体具有高电介质强度,也描述为高击穿电压。一般而言,“击穿电压”(在特定频率下)是指施加至流体的电压,该电压引起流体电介质的重大损伤,从而使电流穿过气体传导。因此,本发明的流体电介质可在高电压下起作用。流体电介质也可表现出低的功耗因子,功耗因子即从诸如电容器的电气装置作为热量损失的电能的数量。

[0028] 除展示电介质气体性能以外,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈也提供使用安全性和环境特性方面的另外益处。例如,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三

氟甲氧基)丙腈的4小时吸入50%致死浓度(“LC-50”,定义为在指定测试持续时间之后导致测试群体一半成员死亡所需的剂量)(在大鼠中进行)值为约15,000ppm。与之相比的是,CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CN的4小时吸入LC50为2731ppm以及CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>CN的4小时吸入LC50小于6,000ppm。CF<sub>3</sub>CN的6小时吸入LC50为240ppm。本发明的腈在不添加添加剂,诸如美国专利4,547,316中的亚硝酸酯的情况下获得这些较低毒性。

[0029] 七氟异丁腈可衍生自甲酯(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCO<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,该甲酯可通过例如异丁酸酐的电化学氟化,然后蒸馏酰基氟和与甲醇反应以生成酯来制备。该甲酯可通过在惰性溶剂(诸如乙醚)中与无水氨反应而转化为相应酰胺。转化为腈可通过在吡啶存在下用三氟乙酸酐使酰胺脱水来实现。也可采用其它脱水剂,诸如五氧化二磷或三氯氧磷。然后可通过蒸馏来纯化所得的七氟异丁腈。

[0030] 在一些实施例中,七氟异丁腈具有涵盖将其用作电介质组分的电气装置的操作温度范围的气相范围,并且具有大约-4°C的沸点。

[0031] 2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈可衍生自甲酯CF<sub>3</sub>CF(OCF<sub>3</sub>)CO<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>,该甲酯可通过例如CF<sub>3</sub>CF(OCH<sub>3</sub>)CO<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>(其可通过将甲醇添加至六氟环氧丙烷中而制得)的电化学氟化,然后蒸馏酰基氟和与甲醇反应以生成酯来制备。该甲酯可通过在惰性溶剂(诸如乙醚)中与无水氨反应而转化为相应酰胺。转化为腈可通过在吡啶存在下用三氟乙酸酐使酰胺脱水来实现。也可采用其它脱水剂,诸如五氧化二磷或三氯氧磷。然后可通过蒸馏来纯化所得的2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈。

[0032] 在各个实施例中,2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈可具有涵盖将其用作电介质组分的电气装置的操作温度范围的气相范围,并且具有大约+5°C至约15°C的沸点。

[0033] 七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈气体电介质在含有其的电气装置的操作温度下的蒸气压为至少约20kPa。许多电气装置诸如电容器、变压器、断路器和气体绝缘输电线可在至少约30°C和更高的温度下操作。七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈在25°C下的蒸气压可为至少约20kPa。

[0034] 此外,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈气体电介质在电气装置中通常至少约20kPa的操作压力下的电介质强度为至少约5kV。更具体地讲,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈在装置的操作温度和压力下的电介质强度为至少约10kV。

[0035] 在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质流体可在较高压力下与第二电介质气体组合。这些电介质气体具有低于约0°C的沸点,具有零臭氧损耗潜势、低于SF<sub>6</sub>的全球变暖潜势(约22,200),且为化学稳定和热稳定的。第二电介质气体包括例如具有1至4个碳原子的全氟烷烃。在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质可与氢氟烯烃诸如CF<sub>3</sub>CF=CH<sub>2</sub>、CF<sub>3</sub>CH=CFH、CF<sub>3</sub>CF=CFH、CF<sub>3</sub>CH=CF<sub>2</sub>或HCF<sub>2</sub>CF=CF<sub>2</sub>组合。在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质可与氟化酮诸如CF<sub>3</sub>C(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>C(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>、CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>2</sub>C(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>或(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFC(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>组合。在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质可与氟化环氧乙烷(如W0 2012102915(Tuma)中所述)组合。在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质也可与可冷凝或不可冷凝气体组合。这些气体包括但不限于:氮气、二氧化碳、一氧化二氮(N<sub>2</sub>O)、氦气、氩气或

空气。一般而言,第二气体或气体电介质以使得蒸气压在25℃下或在电气装置的操作温度下为至少约70kPa的量使用。在一些实施例中,气体与七氟异丁腈电介质或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的蒸气压的比率为至少约2.5:1、具体地至少约5:1和更具体地至少约10:1。

[0036] 在一些实施例中,七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈可与SF<sub>6</sub>组合使得混合物的全球变暖潜势低于单独的SF<sub>6</sub>。

[0037] 七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈可以气相用于电绝缘和用于电能的传输和分配中所用的灭弧及电流中断装置。通常,存在三个主要类型的其中可使用本发明的气体的电气装置:(1)气体绝缘断路器和包括开关装置的电流断路装置,(2)气体绝缘输电线和(3)气体绝缘变压器。这种气体绝缘装置为全世界的电力传输和分配系统的主要部件。

[0038] 在一些实施例中,本发明提供了电气装置,诸如电容器,其包括彼此隔开的金属电极,使得气体电介质填充电极之间的空间。电气装置的内部空间也可包括与气体七氟异丁腈或气体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈平衡的液体七氟异丁腈或液体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的贮存器。因此,贮存器可补充气体七氟异丁腈或气体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的任何损耗。

[0039] 对于断路器,此类气体的导热率和电介质强度,以及热恢复和电介质恢复(用于增加电阻率的短时间常数)可提供高中断能力。这些特性使气体能够在导电(电弧等离子体)与电弧的电介质态之间快速转变,并使其能够承受恢复电压的上升。

[0040] 对于气体绝缘变压器,除了电介质特性之外,热传递性能和与现有装置的相容性使得本发明的电介质流体成为在该类电气装置中使用的期望的介质。本发明的七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈具有比油绝缘明显的优点,包括不具有消防安全问题或环境相容性问题,并具有高可靠性、少维护、长使用寿命、低毒性、易于处理和降低的装置重量。

[0041] 对于气体绝缘输电线,工业条件下的气体七氟异丁腈或气体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的电介质强度可以很显著,尤其是金属粒子污染、切换和雷电冲击以及快速瞬态电应力下的气体电介质行为。气体七氟异丁腈或气体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈也可具有从导体至外壳的高热传递效率,且可长期稳定(例如,40年)。这些气体绝缘输电线可提供不同优点,包括但不限于:成本效率、高承载能力、低损耗、在所有额定电压下的可得性、无消防风险、可靠性,以及在人口稠密区中架空高压输电线的紧凑替代形式(其避免了架空输电线的公共关注)。

[0042] 对于气体绝缘变电站,可使用本发明的电介质流体使整个变电站(断路器、断接器、接地开关、母线、变压器等为互连的)绝缘,因此,电介质气体的所有上述特性是重要的。

[0043] 在一些实施例中,气体电介质可作为气体本身存在于电气装置中,或者作为与液体处于平衡的气体存在于电气装置中。在这些实施例中,液相可充当额外电介质气体的贮存器。

[0044] 在图1的通用电气装置中示出了使用七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈作为电介质流体。图1示出了包括贮槽或压力容器2的装置,该压力容器2含有电气硬件3,诸如开关、断续器或变压器绕组,以及至少气体七氟异丁腈或气体2,3,3,3-四氟-2-

(三氟甲氧基)丙腈4。任选地,气体七氟异丁腈或气体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈4与液体七氟异丁腈或液体2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈5的贮存器平衡。

[0045] 在另一个方面,提供包括包含七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的电介质液体作为绝缘材料的电气装置。本发明的电介质流体可用于使用电介质流体的多种其它应用中。此类其它应用的实例描述于美国专利No.4,899,249 (Reilly等人)、No.3,184,533 (Eiseman Jr.)、英国专利No.1 242 180 (Siemens),并且这些描述全文以引用的方式并入本文。

[0046] 诸如石油矿物油的常规电介质液体由于其低成本和可得性而具有广泛应用。然而,由于它们的相对较低的化学稳定性和其易燃性,它们的用途在许多电气装置中受到限制。开发作为耐火绝缘液体的氯化芳香烃(例如多氯联苯(PCB))具有优良的化学稳定性,并具有比矿物油低得多的电介质常数。遗憾的是,某些PCB异构体对生物降解具有高抗性,现在已遇到由于PCB溢出和泄漏而导致的毒性的问题。A.C.M.Wilson的Insulating Liquids: Their Uses, Manufacture and Properties 6 (Peter Peregrinus Ltd 1980) (绝缘液体: 它们的使用、制造和特性6 (彼得佩格内斯公司1980))指出,随着其它更环境安全的液体变得可得,PCB的使用可能逐渐停止。

[0047] 有利地,七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质液体具有高电介质强度,也描述为高击穿电压。如本说明书中所用的“击穿电压”意指施加于流体的引起电弧放电的电压。因此,本发明的电介质流体可在高电压下起作用。本发明的电介质液体也可表现出低功耗因子,即从诸如电容器的电气装置作为热量损失的电能的数量。

[0048] 在一些实施例中,七氟异丁腈电介质流体或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈电介质流体在用作液体电介质时具有涵盖将其中任一者或两者用作组分的电气装置的操作温度范围的液相范围。

[0049] 在各个实施例中,可使少量(<50重量%)全氟化液体与七氟异丁腈或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈共混。任选的氟化惰性液体可为具有5至18个碳原子或更多、任选地含有一个或多个链中杂原子(诸如二价氧、六价硫或三价氮)且氢含量小于5重量%或小于1重量%的氟代烷基化合物中的一者或其混合物。

[0050] 可用于本发明的合适的氟化惰性液体包括例如全氟烷烃或全氟环烷烃,如全氟戊烷、全氟己烷、全氟庚烷、全氟辛烷、全氟-1,2-双(三氟甲基)六氟环丁烷、全氟十四氢菲和全氟萘烷;全氟胺,如全氟三丁胺、全氟三乙胺、全氟三异丙胺、全氟三戊胺、全氟-N-甲基吗啉、全氟-N-乙基吗啉和全氟-N-异丙基吗啉;全氟醚,如全氟丁基四氢呋喃、全氟二丁醚、全氟丁氧基乙氧基缩甲醛、全氟己基缩甲醛和全氟辛基缩甲醛;全氟聚醚;氢氟烃,如十五氟氢庚烷、1,1,2,2-四氟环丁烷、1-三氟甲基-1,2,2-三氟环丁烷和2-氢-3-氧杂十七氟辛烷。

[0051] 在填充液体的电容器中,有利的是匹配电介质液体的电介质常数与电介质膜的电介质常数,即两个部件的电介质常数应大约相同。在诸如绕膜电容器的装置中,装置的电介质常数( $K_{总}$ )为如下等式的函数,其中( $d_{总}$ )表示电介质膜和电介质液体层的总厚度。

[0052] 
$$d_{总}/K_{总} = d_{膜}/K_{膜} + d_{液体}/K_{液体}$$

[0053] 根据如上等式,装置的电介质常数( $K_{总}$ )大约为具有最低电介质常数的部件的电介质常数。例如,如果电介质流体的电介质常数比电介质膜的电介质常数低得多,则装置的电介质常数大约为电介质流体的电介质常数。当装置的电介质常数大约为电介质膜的电介质



常数时,可能发生电容器的膜击穿和重大损伤。因此,希望膜和流体的电介质常数匹配,即相同或大致相同。

[0054] 即使适当的电介质液体不可购得,电介质液体也可匹配至电介质膜。此外,这种电介质液体显示其它希望的特性,如不燃性、电介质强度、化学稳定性或表面张力。

[0055] 通过以下实例进一步说明本发明的目的和优点,但在这些实例中列举的具体材料及其量以及其它的条件和细节不应理解为是对本发明的不当限制。

[0056] 实例

[0057] 本发明在以下实例中进行更加具体地描述,这些实例仅旨在举例说明,因为对于本领域的技术人员,本发明范围内的众多修改和变型将是显而易见的。除非另外指明,下述实例中记述的所有份数、百分比和比率均以重量计。

[0058] 实例1

[0059] 制备例1:七氟异丁酰胺  $(CF_3)_2CFCONH_2$  的合成。

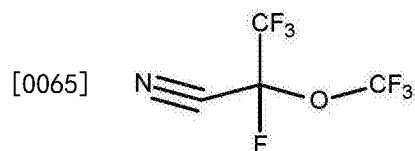
[0060] 将100克(0.44mol)的七氟异丁酸甲酯(其通过基本上为美国专利No.2,713,593 (Brice等人)中和R.E.Banks,Preparation,Properties and Industrial Applications of Organofluorine Compounds,pages 19-43,Halsted Press,New York(1982) (R.E.Banks,有机氟化合物的制备、特性和工业应用,第19-43页,霍尔斯特德出版社,纽约,1982年)中所述的类型的Simons ECF单元中异丁酸酐的电化学氟化,然后蒸馏和用甲醇处理所得酰基氟来制备)和100ml的甲醇添加至具有磁性搅拌器、热电偶和干冰冷凝器的250ml圆底烧瓶中。将12.5克(0.74mol)的氨缓慢鼓泡至烧瓶中的液体层中。将温度保持低于40°C。在氨添加完成之后,搅拌反应混合物1小时。通过在40°C/15托真空下旋转蒸发来移除甲醇溶剂。加热烧瓶中剩余的固体至55°C并将所得液体倾注到瓶中,得到69.4克的  $(CF_3)_2CFCONH_2$ 。收率为81.1%。

[0061] 制备例2:合成七氟异丁腈  $(CF_3)_2CFCN$

[0062] 将69.4克(0.326mol)的  $(CF_3)_2CFCONH_2$  溶解于154克的二甲基甲酰胺中。将酰胺/溶剂混合物添加至配备有顶部释出口及手动截流阀、热电偶、磁性搅拌器、干冰冷凝器、干冰冷凝器和加料漏斗的500ml的3颈圆底烧瓶中。将烧瓶内容物冷却至-10°C并用加料漏斗缓慢添加51克(0.65mol)的吡啶。用加料漏斗将70克(0.33mol)的三氟乙酸酐缓慢添加至烧瓶中。在整个添加过程中将温度保持在大约0°C。打开截流阀并从顶部取材料,同时将反应釜升温至15°C。回收47.6克的  $(CF_3)_2CFCN$ ,收率为74.9%。通过GC/MS、H-1和F-19NMR确定结构。

[0063] 实例2

[0064] 2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的制备



[0066] 2,3,3,3-四氟-2-甲氧基丙酸甲酯可购得(辛奎斯特实验室公司(Synquest Laboratories))或通过将六氟环氧丙烷添加至甲醇中以产生酯的已知方法来制备。使用基本上为美国专利No.2,713,593 (Brice等人)和R.E.Banks,Preparation,Properties and Industrial Applications of Organofluorine Compounds,pages 19-43,Halsted Press,New York(1982) (R.E.Banks,有机氟化合物的制备、特性和工业应用,第19-43页,霍

尔斯特德出版社,纽约,1982年)中所述的类型的Simons ECF单元,通过电化学氟化将2,3,3,3-四氟-2-甲氧基丙酸甲酯转化为2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙酰氟。

[0067] 将2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙酰氟(195g)加入500mL的圆底烧瓶中。使用干冰/丙酮浴使烧瓶保持冷却。经由加料漏斗将甲醇(80.7g,2.5mol)添加至酰基氟中,同时保持温度低于10℃。一旦甲醇添加完成,则用水洗涤混合物,然后用无水硫酸镁干燥并过滤。GC-FID分析示出87.7%为所需的酯。将2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙酸甲酯(166g)加入配备有气体添加管线的500mL的圆底烧瓶中。添加约200mL的乙醚作为溶剂。将氨(13.6g,0.8mol,马西森三气公司(Matheson Tri-gas))添加至酯中以使其转化成酰胺。一旦氨添加完成,则取出样品并通过GC-FID分析。分析表明酯已转化成酰胺。经由旋转蒸发来移除溶剂。回收大约150g的酰胺,纯度为99.5%。

[0068] 向配备有加料漏斗、热电偶和干冰冷凝器蒸馏释出口的1L的圆底烧瓶中加入2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙酰胺(150g,0.65mol)、二甲基甲酰胺(300g,西格玛奥德里奇公司(Sigma-Aldrich))和吡啶(103.6g,1.31mol,西格玛奥德里奇公司(Sigma-Aldrich))。搅拌混合物,并冷却至-20℃。经由加料漏斗将三氟乙酸酐(137.5g,0.65mol,辛奎斯特实验室公司(Synquest Laboratories))缓慢添加至反应混合物中。产物2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈在酸酐添加期间形成,并释出至干冰中冷却的烧瓶中。收集总计86g的材料,其通过分馏来纯化。通过GC/MS和<sup>1</sup>H及<sup>19</sup>F-NMR确定材料结构。

#### [0069] 电介质强度(DS)测量

[0070] 使用经改进以允许低压气体的Hipotronics 0C90D电介质强度测试仪(可得自纽约州布鲁斯特的希波公司(Hipotronics,Brewster,NY))以实验方式测量对比SF<sub>6</sub>、七氟异丁腈和2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的气体电介质强度。电极和测试配置遵循ASTM D877。首先排空测试室,并测量基线电介质强度。然后注入已知量的SF<sub>6</sub>、(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN或2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈以获得所测量的压力。在每次注入之后记录电介质强度(DS)。

[0071]

SF6	压力(kPa)	电介质强度 (平均 KV)
	13.9	4.6
	27.6	5.4
	41.4	7.8
	55.2	9.5
	69	10.9
	82.8	12.5
	96.5	13.5
	110.5	15.3
	124.1	16.7
	139.3	18
	151.7	19.2

[0072]

七氟异丁腈	压力(kPa)	电介质强度 (平均 KV)
	0.0	4.1
	13.8	6.3
	27.6	10.1
	41.4	14.2
	55.3	17.9
	69.2	20.9
	82.8	24.3
	96.7	26.6
	110.5	30.1
	124.1	31.9
	137.8	34.4
	151.8	37.5

	2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈	压力(kPa)	电介质强度 (平均KV)
[0073]		7.0	4.6
		13.9	6.3
		27.8	10.3
		41.4	14.0
		55.2	17.5
		68.9	20.4
		82.7	23.5
		97.1	26.6
		110.3	29.3
		124.1	31.7
[0074]		137.9	34.7
		151.7	35.9
		165.5	40.0
		179.6	40.8

[0075] 全球变暖潜势 (GWP)

[0076] 使用Pinnock等人的方法(J.Geophys.Res., 100, 23227, 1995 (《地球物理研究杂志》, 第100卷, 第23227页, 1995年), 利用所测得的IR横截面来计算(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN的辐射强迫值。使用此辐射强迫值和以实验方式测定的大气寿命, 可得出(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN的GWP (100年ITH) 为2400。该值小于SF<sub>6</sub>的GWP, 其为22, 200。(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CFCN的较短大气寿命导致比SF<sub>6</sub>小的GWP。

[0077] 使用定量构效关系数据来计算2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的辐射强迫值和大气寿命。估计2,3,3,3-四氟-2-(三氟甲氧基)丙腈的GWP (100年ITH) 为约700。该值小于SF<sub>6</sub>的GWP, 其为22, 200。CF<sub>3</sub>CF (OCF<sub>3</sub>) CN的较短大气寿命导致小于SF<sub>6</sub>的GWP。

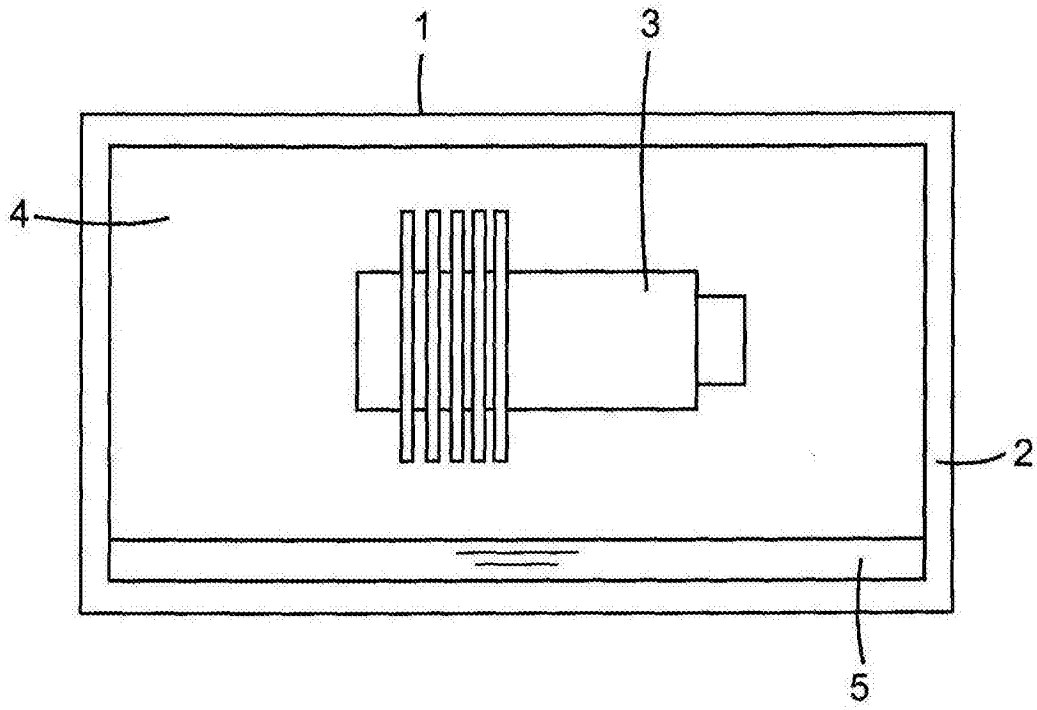


图1