

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6042344号
(P6042344)

(45) 発行日 平成28年12月14日 (2016.12.14)

(24) 登録日 平成28年11月18日 (2016.11.18)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 B 3/16 (2006.01)	HO 1 B 3/16
HO 2 B 13/055 (2006.01)	HO 2 B 13/055 A
HO 1 F 27/20 (2006.01)	HO 1 F 27/20

請求項の数 77 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2013-543714 (P2013-543714)	(73) 特許権者	505063441
(86) (22) 出願日	平成23年12月13日 (2011.12.13)		アーベーパー・テヒノロジー・アーゲー
(65) 公表番号	特表2014-506376 (P2014-506376A)		スイス国、シーエイチー 8050 チュー
(43) 公表日	平成26年3月13日 (2014.3.13)		リッヒ、アフォルテルンシュトラッセ 4
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/072606		4
(87) 国際公開番号	W02012/080246	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開日	平成24年6月21日 (2012.6.21)		弁理士 蔵田 昌俊
審査請求日	平成26年10月17日 (2014.10.17)	(74) 代理人	100109830
(31) 優先権主張番号	PCT/EP2010/069623		弁理士 福原 淑弘
(32) 優先日	平成22年12月14日 (2010.12.14)	(74) 代理人	100088683
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 中村 誠
(31) 優先権主張番号	10196645.5	(74) 代理人	100103034
(32) 優先日	平成22年12月22日 (2010.12.22)		弁理士 野河 信久
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100095441
			弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 誘電性絶縁媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

誘電性絶縁ガスを含む誘電性絶縁媒体であって、前記絶縁ガスが

a) 正確に 5 個の炭素原子を含むフルオロケトン a) と、

b) 前記フルオロケトン a) とは異なる誘電性絶縁ガス成分 b) との混合物を含み、

前記誘電性ガス成分 b) は、前記フルオロケトンよりも多量に存在し、前記絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和を超える前記絶縁媒体の誘電強度の非線形的増加を前記フルオロケトン a) と共にもたらすキャリアガスである誘電性絶縁媒体。

【請求項 2】

前記ガス成分の混合物が、前記混合物の各々の異なるガス成分の誘電強度の線形加算の結果よりも高い誘電強度を有する、請求項 1 に記載の誘電性絶縁媒体。 10

【請求項 3】

前記誘電性絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和よりも大きい非線形的に増加した誘電強度を有する、請求項 1 および 2 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 4】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、それ自体が前記フルオロケトン a) よりも低い誘電強度を有するキャリアガスである、請求項 1 ～ 3 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 5】

前記ガス成分 b) の種類および量ならびに前記フルオロケトン a) の量が、前記誘電性絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和を超える前記絶縁媒体の誘電強度の非線形的増加が達 20

成されるよう選択される、請求項 1 ～ 4 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 6】

誘電性絶縁媒体の絶縁破壊電界強度 E_{bd} が以下の式：

$E_{bd} = s \cdot (p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b})$ (式中、 p_a は前記フルオロケトン a) の分圧であり、 p_b は前記誘電性絶縁ガス成分 b) の分圧であり、 $E_{crit,a}$ は前記フルオロケトン a) の減圧絶縁破壊電界強度であり、 $E_{crit,b}$ は前記誘電性絶縁ガス成分 b) の減圧絶縁破壊電界強度であり、 s は相乗作用因子 $E_{bd,測定} / E_{bd,lin,calc.}$ であり、 $E_{bd,測定}$ は、誘電性絶縁媒体の測定した絶縁破壊電界強度であり、 $E_{bd,lin,calc.}$ は前記フルオロケトン a) および前記誘電性ガス成分 b) の絶縁破壊電界強度の線形的に計算した和である) により定義され、

10

前記混合物は前記相乗作用因子 s が 1 を超えるように選択される請求項 1 ～ 5 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 7】

前記誘電性絶縁媒体の前記絶縁破壊電界強度 E_{bd} 、前記フルオロケトン a) の前記減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ および前記誘電性絶縁ガス成分 b) の前記減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,b}$ が、第 1 の類似の測定装置で測定される、請求項 6 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 8】

前記誘電性絶縁媒体の前記測定した絶縁破壊電界強度 $E_{bd,測定}$ 、ならびにガス成分であるフルオロケトン a) および前記誘電性ガス成分 b) の絶縁破壊電界強度の前記線形的に計算した和 $E_{bd,lin,calc.}$ が、第 2 の類似の測定装置で測定される、請求項 6 ～ 7 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

20

【請求項 9】

前記ガス成分 b) の種類および量ならびに前記フルオロケトン a) の量が、前記相乗作用因子 s が 101% 超になるように選択される、請求項 6 ～ 8 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 10】

前記相乗作用因子 s が 105% 超である、請求項 9 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 11】

前記相乗作用因子 s が、前記フルオロケトン a) の前記分圧 p_a の前記誘電性絶縁ガス成分 b) の前記分圧 p_b に対する比 r に依存する、請求項 6 ～ 10 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

30

【請求項 12】

誘電性絶縁媒体であって、

a) 正確に 5 個の炭素原子を含むフルオロケトン a) と、

b) 前記フルオロケトン a) とは異なる誘電性絶縁ガス成分 b) との混合物を含み、

前記誘電性ガス成分 b) は、前記フルオロケトンよりも多量に存在し、前記絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和を超える前記絶縁媒体の誘電強度の非線形的増加を前記フルオロケトン a) と共にもたらすキャリアガスであり、

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が空気、もしくは空気成分であるまたはこれを含む誘電性絶縁媒体。

40

【請求項 13】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が酸素を含む、請求項 12 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 14】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が二酸化炭素を含む、請求項 12 ～ 13 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 15】

消弧ガスである、請求項 13 および 14 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 16】

酸素のモル分率が 40% 以下である、請求項 12 ～ 15 の何れかに記載の誘電性絶縁媒

50

体。

【請求項 17】

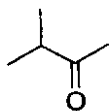
前記フルオロケトン a) がペルフルオロケトンである、および／または前記フルオロケトン a) が分枝アルキル鎖を有する、および／または前記フルオロケトン a) が完全飽和化合物である、請求項 1～16 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 18】

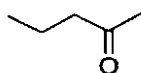
前記フルオロケトン a) が、少なくとも 1 個の水素原子がフッ素原子で置換されている以下の構造式によって定義される化合物からなる群より選択される少なくとも 1 種の化合物である、請求項 1～17 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【化 1】

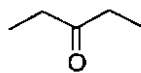
10



(Ia),

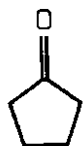


(Ib),



(Ic), および

20



(Id).

30

【請求項 19】

前記フルオロケトン a) が、分子式 $C_5F_{10}O$ を有する、請求項 1～18 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 20】

前記絶縁媒体中の前記フルオロケトン a) のモル分率が、1%超である、請求項 1～19 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 21】

前記絶縁媒体中の前記フルオロケトン a) のモル分率が、5%～40%に及ぶ、請求項 20 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 22】

40

前記フルオロケトン a) が動作条件下の前記絶縁媒体中で気相である、請求項 1～21 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 23】

0.8 MPa (8 バール) 未満の過圧力下で誘電性絶縁ガスである、請求項 1～22 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 24】

0.15 MPa (1.5 バール) 未満の過圧力下で誘電性絶縁ガスである、請求項 23 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 25】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、前記フルオロケトン a) の大気中の沸点よりも、少な

50

くとも 50 K 低い大気中の沸点を有する、請求項 1～24 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 26】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、

A) 不活性および／または非毒性および／または不燃性である；および／または

B) $100\text{ kV} / (\text{cm MPa})$ ($10\text{ kV} / (\text{cm バール})$) 超の誘電強度を有する；および／あるいは

C) 0 のオゾン破壊係数を有する、請求項 1～25 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 27】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、1000 未満の 100 年間地球温暖化係数 GWP を有する、請求項 1～23 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。 10

【請求項 28】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、50 未満の 100 年間地球温暖化係数 GWP を有する、請求項 27 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 29】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、少なくとも 2 種のガス成分要素 b1)、b2)、...、bn) の混合物を含む、請求項 1～28 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 30】

前記誘電性絶縁ガス成分 b) が、前記フルオロケトン a) 中に存在するものよりも少ない原子を有する分子を含む、請求項 1～29 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。 20

【請求項 31】

前記フルオロケトン a) がイオン化エネルギー閾値を有するエネルギー依存性イオン化断面積を有し、前記誘電性絶縁ガス成分 b) が特定のエネルギーでのピークを有するエネルギー依存性電子散乱断面積を有し、前記誘電性絶縁ガス成分 b) の前記特定のエネルギーが前記フルオロケトン a) の前記イオン化エネルギー閾値未満にある、請求項 1～30 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 32】

c) 前記フルオロケトン a) とは異なるさらなるフルオロケトン c) をさらに含む、請求項 1～31 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。 30

【請求項 33】

前記さらなるフルオロケトン c) が前記誘電性絶縁ガス成分 b) とは異なる、請求項 32 に記載の誘電性絶縁媒体。

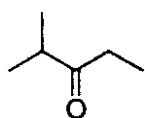
【請求項 34】

前記さらなるフルオロケトン c) が、正確に 5 個の炭素原子または正確に 6 個の炭素原子または正確に 7 個の炭素原子または正確に 8 個の炭素原子を含む、請求項 32～33 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

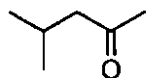
【請求項 35】

前記さらなるフルオロケトン c) が、少なくとも 1 個の水素原子がフッ素原子で置換されている、以下の構造式により定義される化合物からなる群から選択される少なくとも 1 種の化合物： 40

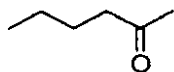
【化 2】



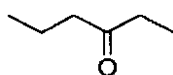
(IIa),



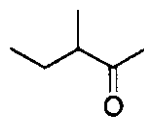
(IIb),



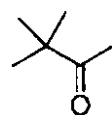
(IIc),



(IIId),



(IIe),



(IIIf), および



(IIg)

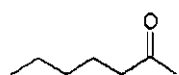
10

20

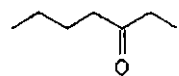
30

である、および／または少なくとも1個の水素原子がフッ素原子で置換されている、以下の構造式により定義される化合物からなる群から選択される少なくとも1種の化合物：

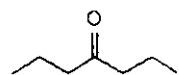
【化 3】



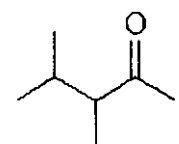
(IIIa),



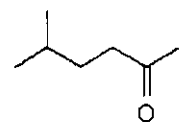
(IIIb),



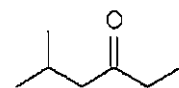
(IIIc),



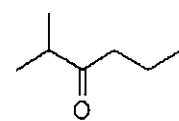
(IIId),



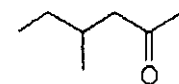
(IIIe),



(IIIff),



(IIIgg),



(IIIhh),

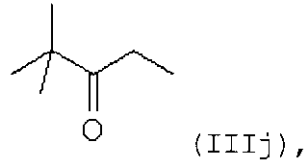
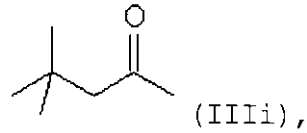
10

20

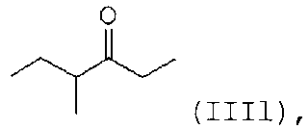
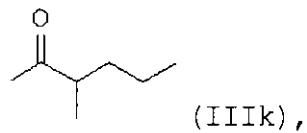
30

40

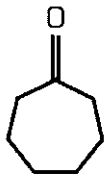
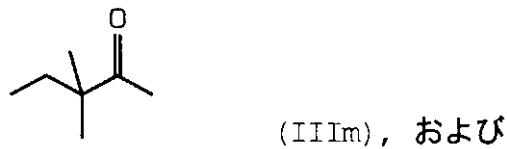
【化 4】



10



20



(IIIn), ドデカフルオロシクロヘプタノンと命名されている。

30

である、請求項 3 4 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 3 6】

前記フルオロケトン c) がペルフルオロケトンである、および／または前記フルオロケトン c) が分枝アルキル鎖を有する、および／または前記フルオロケトン a) が完全飽和化合物である、請求項 3 2～3 5 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

40

【請求項 3 7】

前記フルオロケトン c) が、デカフルオロシクロヘキサノンであるか、又は分子式 $C_6F_{12}O$ を有する、請求項 3 2～3 6 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 3 8】

前記絶縁媒体中の前記フルオロケトン c) のモル分率が、0.1% 超である、請求項 3 2～3 7 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 3 9】

前記絶縁媒体中の前記フルオロケトン c) のモル分率が、1%～15% に及ぶ、請求項 3 2～3 8 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

50

【請求項 4 0】

各フルオロケトン成分の分圧が、前記誘電性絶縁媒体の最小動作温度でのそのそれぞれの飽和蒸気圧に少なくともほぼ対応する、請求項 1 ～ 3 9 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 4 1】

酸素のモル分率の、前記少なくとも 1 種のフルオロケトン a) および任意のさらなるフルオロケトン c) のモル分率に対する比が、少なくとも 2 : 1 である、請求項 1 ～ 4 0 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 4 2】

前記誘電性絶縁媒体が、100未満の100年間地球温暖化係数GWPを有する、請求項 1 ～ 4 1 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体。

10

【請求項 4 3】

前記誘電性絶縁媒体が、5未満の100年間地球温暖化係数GWPを有する、請求項 4 2 に記載の誘電性絶縁媒体。

【請求項 4 4】

電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用のための装置としての

a) 正確に 5 個の炭素原子を含むフルオロケトン a) と、

b) 前記フルオロケトン a) とは異なる誘電性絶縁ガス成分 b) であって、前記フルオロケトンよりも多量に存在し、前記絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和を超える前記絶縁媒体の誘電強度の非線形的増加を前記フルオロケトン a) と共にもたらすキャリアガスである前記誘電性ガス成分 b) との混合物の使用であって、前記誘電性絶縁媒体は正確に 6 個の炭素原子を含むフルオロケトン含有しない使用。

20

【請求項 4 5】

電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用のための装置における、請求項 3 7 を除いた請求項 1 ～ 4 3 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体の使用。

【請求項 4 6】

前記ガス絶縁開閉装置の最小許容動作温度が -5°C である、請求項 4 4 ～ 4 5 の何れかに記載の使用。

30

【請求項 4 7】

前記混合物が、c) 前記フルオロケトン a) とは異なるさらなるフルオロケトン c) をさらに含む、請求項 4 4 ～ 4 6 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体の使用。

【請求項 4 8】

不均一な電界分布における請求項 4 4 ～ 4 7 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体の使用。

【請求項 4 9】

回路遮断器中の消弧ガスとしての

a) 前記フルオロケトン a) と、

b 1) 二酸化炭素および／または

b 2) 空気もしくは酸素との混合物を含む、請求項 1 ～ 4 3 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体の使用。

40

【請求項 5 0】

前記消弧ガス中の前記空気または酸素が、前記回路遮断器の電極上への炭素析出を減少させるためのものである、請求項 4 9 に記載の使用。

【請求項 5 1】

前記消弧ガス中の前記空気または酸素が、毒性アーク放電副産物の量を減少させるためのものである、請求項 4 9 または 5 0 に記載の使用。

【請求項 5 2】

二酸化炭素の量の酸素の量に対する比が最大で 20 : 1 である、請求項 4 9 ～ 5 1 の何れかに記載の使用。

50

【請求項 5 3】

酸素のモル分率の、フルオロケトン a) および任意のさらなるフルオロケトン c) のモル分率に対する比が、少なくとも 2 : 1 である、請求項 4 9 ~ 5 2 の何れかに記載の使用。

【請求項 5 4】

電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用のための装置 (2) であって、前記装置 (2) は、絶縁空間 (6) を規定するハウジング (4) と、前記絶縁空間 (6) 内に配置された電気活性部品 (8) とを具備し、前記絶縁空間 (6) が請求項 1 ~ 4 3 の何れかに記載の誘電性絶縁媒体により特徴付けられる絶縁媒体を含む、装置 (2)。

10

【請求項 5 5】

開閉装置 (2) あるいはこれの部品または要素であることを特徴とする請求項 5 4 に記載の装置 (2)。

【請求項 5 6】

開閉装置 (2) が、空気絶縁もしくはガス絶縁金属封止開閉装置 (2) またはハイブリッド開閉装置または中電圧ブロック開閉装置またはリングメインユニット、またはデッドタンク型遮断器または P A S S モジュール (プラグおよび開閉器モジュール) であることを特徴とする請求項 5 5 に記載の装置 (2)。

【請求項 5 7】

開閉装置 (2) の部品または要素が、母線、ブッシング、ケーブル、ガス絶縁ケーブル、ケーブル継手、変流器、計器用変圧器、サージ避雷器および／またはガス絶縁送電線であることを特徴とする請求項 5 5 に記載の装置 (2)。

20

【請求項 5 8】

開閉器、断路器、複合型の断路器および接地開閉器、負荷開閉器および／または回路遮断器であることを特徴とする請求項 5 4 ~ 5 5 の何れかに記載の装置 (2)。

【請求項 5 9】

請求項 5 8 に記載の装置 (2) であって、前記装置 (2) は加圧消弧ガスを提供するための圧力上昇室を有する高圧回路遮断器を収容した高電圧回路遮断器であり、開閉動作において、消弧期中に前記フルオロケトンが炭素原子の数がより少ないフッ化炭素化合物に分解されることを特徴とする装置 (2)。

30

【請求項 6 0】

変圧器であることを特徴とする請求項 5 4 ~ 5 5 の何れかに記載の装置 (2)。

【請求項 6 1】

電気回転機械、発電機、電動機、駆動装置、半導体デバイス、パワーエレクトロニクスデバイス、および／またはこれらの要素であることを特徴とする請求項 5 4 ~ 5 5 の何れかに記載の装置 (2)。

【請求項 6 2】

前記絶縁媒体またはその成分の少なくとも 1 種の組成、温度、絶対圧力、分圧、ガス密度および／または部分ガス密度を、それぞれ単独であるいは組み合わせて制御するための制御ユニット (1 0 a、1 0 b) をさらに具備することを特徴とする請求項 5 4 ~ 6 1 の何れかに記載の装置 (2)。

40

【請求項 6 3】

前記制御ユニット (1 0 a、1 0 b) が、前記フルオロケトン a) および任意のフルオロケトン c) の分圧を制御するための加熱器および／または気化器 (1 6) を具備することを特徴とする請求項 6 2 に記載の装置 (2)。

【請求項 6 4】

前記制御ユニット (1 0 a、1 0 b) が装置 (2) の前記ハウジング (4) または前記ハウジング (4) の少なくとも一部を所望の温度に設定するための加熱系を含む温度制御ユニット (1 0 a) を具備する、および／または前記制御ユニット (1 0 a、1 0 b) が或る濃度の前記フルオロケトン a) および任意のさらなるフルオロケトン c) を定量供給

50

するため、及び得られた絶縁媒体を装置（２）中に注入するための流体処理ユニット（１０ｂ）を含むことを特徴とする請求項６２～６３の何れかに記載の装置（２）。

【請求項６５】

前記装置（２）が、予備体積の液体フルオロケトン有する、および／または絶対充填圧力が前記装置（２）の所与の圧力限界未満に維持されるように所望の絶縁媒体の最大許容動作温度を制限するための手段を有することを特徴とする請求項５４～６４の何れかに記載の装置（２）。

【請求項６６】

前記（２）が、不均一な電界分布を有する、および／または六フッ化硫黄 SF_6 で充填されるための従来の圧力設計を有するが、代わりに請求項１～４３の何れかに記載の誘電性絶縁媒体で充填されることを特徴とする請求項５４～６５の何れかに記載の装置（２）。

10

【請求項６７】

前記誘電性絶縁媒体中に、フルオロケトン a) および任意のさらなるフルオロケトン c) が、前記フルオロケトンの凝縮温度が前記装置（２）の定格動作温度未満となるような量で存在することを特徴とする請求項５４～６６の何れかに記載の装置（２）。

【請求項６８】

前記フルオロケトンの凝縮温度が -5°C 未満であることを特徴とする請求項６７に記載の装置（２）。

【請求項６９】

20

前記誘電性絶縁媒体が、ガス状成分を、前記ガス状成分の混合物の凝縮温度が装置（２）の定格動作温度未満となるような量で含むことを特徴とする請求項５０～６８の何れかに記載の装置（２）。

【請求項７０】

前記ガス状成分の混合物の凝縮温度が -5°C 未満であることを特徴とする請求項６９に記載の装置（２）。

【請求項７１】

請求項５４記載の装置（２）であって、

i) 前記装置が、前記誘電性絶縁媒体により充填される空間に必要とされる電界強度 E_{app} 、最小定格動作温度 T_{min} 、最大定格動作温度 T_{max} 、および最大許容ガス圧力 p_{max} を含む定格パラメータにより特徴付けられる定格を有し、

30

ii) 前記装置が、フルオロケトンと、前記フルオロケトンとは異なる誘電性絶縁ガス成分 b) との混合物を含む誘電性絶縁ガスを含み、前記混合物は相乗作用因子 s により特徴付けられる非線形的に増加する誘電強度を有し、

iii) 前記誘電性絶縁ガスが、前記フルオロケトンの種類、分圧 p_a 、および減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ 、ならびに前記誘電性絶縁ガス成分 b) の種類、分圧 p_b 、および減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,b}$ により定義される特性パラメータを有し、

iv) 前記誘電性絶縁ガスの線形減圧絶縁破壊電界強度 $E_{lin,calc}$ を前記減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ および $E_{crit,b}$ の分圧加重和により前記フルオロケトンの前記分圧 p_a の関数として計算し、

40

v) 前記電界強度 E_{app} および前記線形減圧絶縁破壊電界強度 $E_{bd,lin,calc}$ から、前記誘電性絶縁ガスの絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ を前記フルオロケトンの前記分圧 p_a の関数として決定し、

vi) 標準温度での前記絶縁ガスの絶対充填圧力 p_{abs} からおよび前記絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ から、前記フルオロケトンの第１の分圧 p_{a1} を決定し、

vii) １を超える前記混合物の前記相乗作用因子により電気装置の前記定格パラメータの少なくとも１つを拡大する、装置（２）。

【請求項７２】

請求項７１記載の装置（２）であって、

a) 前記絶縁ガス中の前記フルオロケトンの凝縮温度が前記最小定格動作温度 T_{min} 未

50

満になるように、前記フルオロケトンの第2の分圧 p_a を決定し、b) 前記第1の分圧 p_{a1} が前記第2の分圧 p_{a2} 以下である場合、 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ となるような範囲の前記フルオロケトンの前記分圧 p_a を選択するか、またはc) 前記第1の分圧 p_{a1} が前記第2の分圧 p_{a2} よりも大きい場合、

i. 前記第2の分圧 p_{a2} 以下の前記フルオロケトンの前記分圧 p_a を選択し、前記誘電性絶縁ガス成分b) の前記分圧 p_b を増加させることにより、前記絶対圧力 p_{abs} を増加させる、および／または

ii. 加熱することにより前記最小動作温度 T_{min} を増加させ、それによって前記第2の分圧 p_{a2} をより高い値まで増加させ、その後 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ となるような範囲の前記フルオロケトンの前記分圧 p_a を選択する、装置(2)。

10

【請求項73】

請求項71～72の何れかに記載の装置(2)であって、

a) 電気装置(2)中に存在する前記混合物について、前記相乗作用因子 s の値を決定し、

b) 以下の手段：前記最大電界強度 E_{app} を増加させること、前記最小定格動作温度 T_{min} を減少させること、前記絶対充填圧力 p_{abs} を減少させること、前記電気装置(2)中に存在する前記フルオロケトンの前記分圧 p_a もしくはモル分率 m_a を減少させること、安全域を増加させること、およびこれらの組合せの少なくとも1つにより定格拡大を行う、装置(2)。

【請求項74】

20

請求項54記載の電気装置の仕様決定を行う方法であって、

i) 前記装置について、前記誘電性絶縁媒体により充填される空間に必要とされる電界強度 E_{app} 、最小定格動作温度 T_{min} 、最大定格動作温度 T_{max} 、および最大許容ガス圧力 p_{max} を含む定格パラメータにより特徴付けられる定格を選択するステップと、

ii) 誘電性絶縁ガス成分b) との混合物のフルオロケトンを含み、前記誘電性絶縁ガス成分b) は前記フルオロケトンとは異なる誘電性絶縁ガスを選択するステップであって、前記混合物が相乗作用因子 s により特徴付けられる非線形的に増加する誘電強度を有するステップと、

iii) 前記誘電性絶縁ガスが、前記フルオロケトンの種類、分圧 p_a 、および減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ 、ならびに前記ガス成分b) の種類、分圧 p_b 、および減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,b}$ により定義される特性パラメータを有するステップと、

30

iv) 前記誘電性絶縁ガスの線形減圧絶縁破壊電界強度 $E_{bd,lin,calc}$ を前記減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ および $E_{crit,b}$ の分圧加重和により前記フルオロケトンの前記分圧 p_a の関数として計算するステップと、

v) 前記電界強度 E_{app} および前記線形減圧絶縁破壊電界強度 $E_{bd,lin,calc}$ から、前記誘電性絶縁ガスの絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ を前記フルオロケトンの前記分圧 p_a の関数として決定するステップと、

vi) 標準温度で前記絶縁ガスの絶対充填圧力 p_{abs} を選択し、そこからおよび前記絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ から、前記フルオロケトンの第1の分圧 p_{a1} を決定するステップと、

40

vii) 1を超える前記混合物の前記相乗作用因子により前記電気装置の前記定格パラメータの少なくとも1つを拡大するステップとにより特徴付けられる方法。

【請求項75】

viii) 前記絶縁ガス中の前記フルオロケトンの凝縮温度が前記最小定格動作温度 T_{min} 未満になるように、前記フルオロケトンの第2の分圧 p_{a2} を決定するステップと、

ix) 前記第1の分圧 p_{a1} が前記第2の分圧 p_{a2} 以下である場合、 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ となるような範囲の前記フルオロケトンの前記分圧 p_a を選択するステップ、または

x) 前記第1の分圧 p_{a1} が前記第2の分圧 p_{a2} よりも大きい場合、

(1) 前記第2の分圧 p_{a2} 以下の前記フルオロケトンの前記分圧 p_a を選択し、前記誘電性絶縁ガス成分b) の前記分圧 p_b を増加させることにより、前記絶対圧力 p_{abs} を増加

50

させるステップ、および／または

(2) 加熱することにより前記最小動作温度 T_{min} を増加させ、それによって前記第2の分圧 p_{a2} をより高い値まで増加させ、その後 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ となるような範囲の前記フルオロケトンの前記分圧 p_a を選択するステップと
によりさらに特徴付けられる、請求項74に記載の電気装置の仕様決定方法。

【請求項76】

x i) 前記混合物について前記相乗作用因子 s の値を決定するステップと、

x i i) 以下のステップ：前記電界強度 E_{app} を増加させるステップ、前記最小定格動作温度 T_{min} を減少させるステップ、前記絶対充填圧力 p_{abs} を減少させるステップ、前記フルオロケトンの前記分圧 p_a もしくはモル分率 m_a を減少させるステップ、安全域を増加させるステップ、およびこれらの組合せの少なくとも1つにより定格拡大を行うステップとによりさらに特徴付けられる、請求項74～75の何れかに記載の電気装置の仕様決定方法。

10

【請求項77】

x i i i) 正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトン a) を含むようにおよび／または正確に6個の炭素原子を含むさらなるフルオロケトン c) を含むように前記フルオロケトンを選択するステップ、および／または

x i v) 空気、窒素、二酸化炭素およびこれらの混合物の群から選択される成分の少なくとも1つを含むように前記誘電性ガス成分 b) を選択するステップによりさらに特徴付けられる、請求項74～76の何れかに記載の電気装置の仕様決定方法。

20

【発明の詳細な説明】

【発明の概要】

【0001】

本発明は、請求項1に記載の誘電性絶縁媒体、誘電性絶縁媒体としての請求項39、40に記載の具体的な混合物の使用ならびに請求項44に記載の誘電性絶縁媒体の使用、請求項50、63に記載の電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用のための装置、ならびに請求項66に記載の電気装置の仕様決定 (dimension) 方法に関する。

【0002】

液体または気体状態の誘電性絶縁媒体は、多種多様な電気装置、例えば開閉装置または変圧器の電気活性部品の絶縁のために従来適用されている。

30

【0003】

例えば、中または高電圧金属封止開閉装置では、電気活性部品は、絶縁空間を規定する気密ハウジング中に配置され、前記絶縁空間は、最大数バールまでの圧力を通常有する絶縁ガスを含み、ハウジングを電気活性部品から分離し、それによってハウジングと活性部品との間の電流の流れを防いでいる。金属封止開閉装置は、屋外に取り付けられ、周囲空気により絶縁される開閉装置よりもはるかに省スペースな構造を可能にする。高電圧開閉装置中の電流を遮るために、絶縁ガスは、消弧ガスとしてさらに機能する。

【0004】

高い絶縁および開閉性能を有する従来の絶縁ガスは、大気中に放出されるといくらかの環境影響をもたらす。今まで、これらの絶縁ガスの高い地球温暖化係数 (GWP) は、ガス絶縁装置における厳格なガス漏出制御および極めて慎重なガスの取扱いにより対処されてきた。

40

【0005】

従来の環境に優しい絶縁ガス、例えば乾燥空気または CO_2 は、極めて低い絶縁性能を有するので、ガス圧および／または絶縁距離の非常に不都合な増加が必要とされる。

【0006】

上記理由のために、従来の絶縁ガスを適当な代替物で置きかえるための努力が従来からなされてきた。

【0007】

50

例えば、WO 2 0 0 8 / 0 7 3 7 9 0 は、数ある特徴の中で、 -20°C ～ -273°C の範囲の低い沸点を有し、好ましくはオゾンを破壊せず、100年の時間尺度で約22, 200未満にあるGWPを有する誘電性ガス状化合物を開示している。具体的に、WO 2 0 0 8 / 0 7 3 7 9 0 は、一般的な化学的定義に入らないいくつかの異なる化合物を開示している。

【0008】

さらに、US-A-4 1 7 5 0 4 8 は、ペルフルオロシクロヘキセンおよびヘキサフルオロアゾメタンからなる群から選択される化合物を含むガス状絶縁体に関し、EP-A-0 6 7 0 2 9 4 は、誘電性ガスとしてのペルフルオロプロパンの使用を開示している。

【0009】

EP-A-1 9 3 3 4 3 2 は、トリフルオロヨードメタン (CF_3I) およびガス絶縁開閉装置における絶縁ガスとしてのその使用に言及している。この点について、この文献は、絶縁ガスのための重要な要件である誘電強度と遮断性能との両方に触れている。 CF_3I は、EP-A-1 9 3 3 4 3 2 によると、5のGWPを有し、そのため、比較的低い環境影響を引き起こすと考えられている。しかしながら、 -22°C というその比較的高い沸点のために、 CF_3I を CO_2 と混合することが教示されている。提案されたガス混合物は、純粋な従来の絶縁媒体の固有の絶縁性能の約80%しか有さない。これは、ガス圧の増加および／またはより大きな絶縁距離により埋め合わせなければならない。

【0010】

適当な代替物の探索において、4～12個の炭素原子を有するフルオロケトンを用いることにより、高い絶縁能力、特に高い誘電強度、および同時に極度に低い地球温暖化係数を有する絶縁媒体を得ることができることが分かった。この発明は、国際特許出願番号PCT/EP 2 0 0 9 / 0 5 7 2 9 4 として以前出願されている。

【0011】

ドイツ実用新案DE 2 0 2 0 0 9 0 0 9 3 0 5 U1およびドイツ特許DE 1 0 2 0 0 9 0 2 5 2 0 4 B3もまた、フルオロケトンを含む充填媒体で充填された封止を有する開閉デバイスに関する。

【0012】

国際特許出願番号PCT/EP 2 0 0 9 / 0 5 7 2 9 4 によるフルオロケトンの優れた誘電強度にもかかわらず、フルオロケトンを含むそれぞれの絶縁媒体の絶縁性能は、しばしば、フルオロケトンの比較的高い沸点のために制限されている。

【0013】

これは、特に、低い温度環境での適用にあてはまる。この場合、フルオロケトンが液化することなく、フルオロケトンの比較的低い飽和蒸気圧を維持することができるに過ぎない。このことは、気相の達成可能なフルオロケトンモル比を制限し、従来の絶縁ガスによる充填圧力の増加を必要にするだろう。

【0014】

例えば、高または中電圧ガス絶縁開閉装置 (HV-GISまたはMV-GIS) の最小許容動作温度は典型的には -5°C であり得る。この温度では、従来の高性能絶縁媒体に匹敵する誘電性能を得るために、例えば、6個の炭素原子を有するフルオロケトン、例えば、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ またはドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オンを含む絶縁媒体の必要とされる充填圧力はまだ比較的高くなることがあり、通常のハウジング構造が耐えることができる充填圧力 (これはHV-GIS用途について典型的には約7バールである) を超える恐れがある。

【0015】

充填圧力を増加させる代わりにまたはこれに加えて、系を加熱することができる (本発明者らのPCT/EP 2 0 0 9 / 0 5 7 2 9 4 に示すように)。例えば、6個の炭素原子を有する純粋なフルオロケトン、例えば、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ またはドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オンを絶縁媒体として用いる場合、フルオロケトンの十分な飽和蒸気圧を達成するために、およびより要求の多い高電圧用途のための所望の絶

10

20

30

40

50

縁性能を得るためには、50℃超に加熱することが必要とされるだろう。このような加熱は、経済的および生態学的および信頼性の双方の理由のために必ずしも実行可能または推奨されるとは限らない。

【0016】

従って、本発明により達成される目的は、極めて低いGWPを有し、同時に、比較的低い動作温度および中程度の充填圧力でも高い絶縁能力を有し、従って、より高いGWPを有する高性能絶縁媒体の1つに匹敵する絶縁性能を達成することを可能にする絶縁媒体を提供することである。

【0017】

この目的は、独立請求項の主題、すなわち、請求項1に記載の絶縁媒体、請求項39、40および44に記載の使用、請求項50および63に記載の装置、ならびにこのような装置のための請求項66に記載の仕様決定法により達成される。本発明の代表的な態様を従属請求項に示す。

【0018】

従って、請求項1によると、本発明は、誘電性絶縁媒体であって、

a) ここでは簡単に「フルオロケトン(a)」と命名する、正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンと、

b) フルオロケトンa)とは異なる、ここでは簡単に「誘電性絶縁ガス成分b)」と命名する誘電性絶縁ガス成分と

の混合物を含む誘電性絶縁媒体に関する。

【0019】

本発明の文脈で、「～とは異なる」という用語は、フルオロケトン、特に正確に5個の炭素原子を有するフルオロケトンの定義に入る化合物の群に由来しない、他の誘電性絶縁ガス成分b)を包含すると広く理解すべきである。換言すれば、他の誘電性絶縁ガス成分b)は、正確に5個の炭素原子を有するフルオロケトンではない任意のガスまたはガス成分を含むべきである。更に換言すれば、誘電性絶縁媒体は、100%未満のフルオロケトンa)で構成されている。明確さのために、用語「誘電性絶縁ガス成分b)」は、それがただ1種のガス成分を含んでもよいしまたは少なくとも2種のガス成分要素b1)、b2)、... b n)の混合物を含んでもよいように理解すべきである。

【0020】

具体的に、誘電性絶縁ガス成分b)は、低い沸点、より詳細には、フルオロケトンa)の大気中の沸点よりも、少なくとも50K、好ましくは少なくとも70K、特に少なくとも100K低い大気中の沸点を有する。用語「沸点」または「大気中の沸点」という用語は、本発明の文脈に用いる場合、大気圧、すなわち、約1バールでの沸点として理解されるべきである。

【0021】

典型的には、誘電性絶縁ガス成分b)は、不活性および／または非毒性および／または不燃性である。好ましくは、これは、10kV/(cm バール)超、好ましくは20kV/(cm バール)超、特に30kV/(cm バール)超の誘電強度を有する。代表的な態様では、誘電性絶縁ガス成分b)は、それ自体がフルオロケトンa)よりも低い誘電強度を有するキャリアガスである。そのオゾン破壊係数は好ましくは0である。

【0022】

本発明は、正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンと、さらなる誘電性絶縁ガス成分、例えば、空気または二酸化炭素との混合物の第1の誘電性絶縁ガス成分として用いると、混合物の得られる誘電性絶縁性能または誘電強度は、混合物の各々の異なるガス成分の誘電強度を線形的に加算することから予想されるよりもはるかに高いという驚くべき発見に基づく。従って、フルオロケトンa)および異なるもしくはさらなるガス成分b)を含む絶縁ガス混合物の誘電強度の強力な不均衡な(over-proportional)または非線形的な増加が初めて提供される。本発明による混合物の誘電強度のこのような非線形的な増加は今までに知られていなかった。

【0023】

本発明の誘電性絶縁媒体により達成される非線形的な効果の発見は最も驚くべきものであり、これは、例えば、本発明の混合物の誘電強度を図1に開示する混合物と比較すると明らかである。

【0024】

従って、好ましい態様によると、誘電性絶縁媒体、特に誘電性絶縁ガスは、誘電性絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和よりも大きい非線形的に増加した誘電強度を有する。そのため、誘電性絶縁ガス成分b)が、フルオロケトンa)よりも多量に存在するキャリアガスであることが特に好ましい。

【0025】

10

換言すれば、ガス成分b)の種類および量ならびにフルオロケトンa)の量は、好ましくは、誘電性絶縁媒体のガス成分の誘電強度の和を超える絶縁媒体の誘電強度の非線形的な増加が達成されるよう選択される。

【0026】

本発明による誘電性絶縁媒体の代表的な態様では、絶縁破壊電界強度 (breakdown field strength) E_{bd} が系で確立され、前記 E_{bd} は以下の式により定義される：

$$E_{bd} = s \cdot (p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b})$$

(式中、

p_a はフルオロケトンa)の分圧であり、

p_b は誘電性絶縁ガス成分b)の分圧であり、

20

$E_{crit,a}$ はフルオロケトンa)の減圧絶縁破壊電界強度であり、

$E_{crit,b}$ は誘電性絶縁ガス成分b)の減圧絶縁破壊電界強度であり、

s は相乗作用因子 $E_{bd, \text{測定}} / E_{bd, \text{lin. calc.}}$ であり、 $E_{bd, \text{測定}}$ は、誘電性絶縁媒体、特にそのガス成分の混合物の測定したまたは実際の絶縁破壊電界強度であり、 $E_{bd, \text{lin. calc.}}$ はフルオロケトンa)および誘電性ガス成分b)の絶縁破壊電界強度の線形的に計算した和であり、混合物は相乗作用因子 s が1を超えるよう選択される)。

【0027】

換言すれば、混合物は、フルオロケトンa)と共に、混合物中に存在するガス成分の誘電強度の算術的和を超える誘電強度の非線形的な増加をもたらし、その結果、1を超える上記式中の相乗作用因子 s をもたらす、少なくとも1種の特定の誘電性ガス成分b)、特にキャリアガスを含むべきである。

30

【0028】

代表的な態様では、0.04 : 1 ~ 0.6 : 1に及ぶ p_a に対する p_b の比での誘電性絶縁ガス成分b)としての空気との混合物の正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンa)の場合に、著しい非線形的な増加が達成される。

【0029】

上記式では、誘電性絶縁媒体、特にそのガス成分の混合物の絶縁破壊電界強度 E_{bd} 、フルオロケトンa)の減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ 、および誘電性絶縁ガス成分b)の減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,b}$ は、第1の類似の、好ましくは第1の同一の測定装置で測定され、特に、当該誘電性絶縁媒体が使用される電気装置で測定される。

40

【0030】

さらに、相乗作用因子 (または相乗作用係数) の決定において、誘電性絶縁媒体、特にそのガス成分の混合物の測定した絶縁破壊電界強度 $E_{bd, \text{測定}}$ 、ならびにフルオロケトンa)および誘電性ガス成分b)の絶縁破壊電界強度の線形的に計算した和 $E_{bd, \text{lin. calc.}}$ は、第2の類似の、好ましくは第2の同一の測定装置で測定され、特に、当該誘電性絶縁媒体が使用される電気装置で測定される。さらに、第1および第2の測定装置は同じであり得る。

【0031】

述べたように、 $E_{crit,a}$ および $E_{crit,b}$ は、ある特定の測定条件下、例えば電極配置、表面粗さ、極性等でのそれぞれの成分の圧力非依存性絶縁破壊電界強度として定義される

50

。典型的には、ガス成分 a) および b) を交換または混合しながら、このような測定条件を一定に維持すれば、意味のある相乗作用因子を決定することができる。従って、 $E_{crit,a}$ および $E_{crit,b}$ は、純粋な形態の成分 a) および b) について得られ、かつ 1 バール圧力に正規化される絶縁破壊電界強度を示す。

【0032】

また、 $E_{bd,lin,calc.}$ は、 $p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b}$ (p_a 、 p_b 、 $E_{crit,a}$ および $E_{crit,b}$ は本明細書で述べる意味を有する) として表すこともできる。

【0033】

以下に詳細に示すように、相乗作用因子 s は、フルオロケトン a) の分圧 p_a の誘電性絶縁ガス成分 b) の分圧 p_b に対する比に最も顕著に依存することが分かる。

10

【0034】

本発明の態様では、ガス成分 b) の種類および量ならびにフルオロケトン a) の量は、相乗作用因子 s が 101% 超、好ましくは 105% 超、より好ましくは 110% 超、最も好ましくは 115% 超になるように選択される。従って、相乗作用因子はガス成分 b) の種類の関数でもあることが分かった。

【0035】

用語「フルオロケトン」は、本明細書で使用する場合、広く解釈すべきであり、ペルフルオロケトンとハイドロフルオロケトンとの両方を包含すべきである。この用語は、また、飽和化合物と二重および／または三重結合を含む不飽和化合物との両方を包含すべきである。フルオロケトンの少なくとも部分的にフッ化した炭素主鎖およびアルキル鎖はそれぞれ直鎖でもよいしまたは分枝鎖でもよい。

20

【0036】

また、用語「フルオロケトン」は、環状炭素主鎖を有するフルオロケトンをも包含すべきである。用語「フルオロケトン」は、カルボニル基およびその各々の側にアルキル基を含む化学成分を示す。用語「フルオロケトン」は、追加の鎖内 (in-chain) ヘテロ原子 (すなわち、カルボニル基およびその各々の側にアルキル基を含む化学構造に結合したヘテロ原子) を含んでもよく、例えば、炭素主鎖の一部であるおよび／または炭素主鎖に結合している少なくとも 1 個のヘテロ原子を含んでもよい。代表的な態様では、フルオロケトン a) および／またはフルオロケトン c) は、ヘテロ原子を有すべきでない。また、用語「フルオロケトン」は、2 個のカルボニル基を有するフルオロジケトンまたは 2 個よりも

30

【0037】

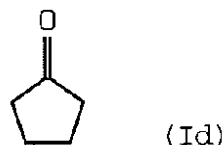
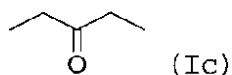
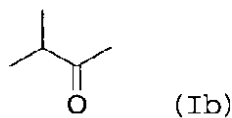
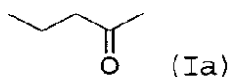
具体的な態様によると、フルオロケトン a) はペルフルオロケトンである、および／またはフルオロケトン a) は分枝アルキル鎖、特に少なくとも部分的にフッ化したアルキル鎖を有する、および／またはフルオロケトン a) は完全飽和化合物である。単一の完全飽和フルオロケトン a)、すなわち、いかなる二重結合も三重結合も有さないフルオロケトン、または 2 種以上の完全飽和フルオロケトンの混合物が含まれていてもよいことが理解される。

40

【0038】

好ましい態様によると、フルオロケトン a) は、少なくとも 1 個の水素原子がフッ素原子で置換されている以下の構造式により定義される化合物からなる群から選択される少なくとも 1 種の化合物である：

【化 1】



10

【0039】

他の代表的な態様では、誘電性絶縁ガス成分b)は、バルクガスまたはバッファガスまたはキャリアガスである。このようなキャリアガス成分b)は、フルオロケトンa)よりも多量に存在することができる。これに対する追加のまたは代替の量的制限として、更なる他の態様では、フルオロケトンa)のガス成分b)に対するモル比は、1:20超、好ましくは1:10超、より好ましくは1:5超、最も好ましくは1:2超であってもよい。さらに、キャリアガス成分b)は、環境に優しいガスであるべきである。例えば、ガス成分b)は、1000未満、好ましくは300未満、好ましくは100未満、好ましくは50未満、好ましくは10未満、より好ましくは5未満、さらにより好ましくは3未満、さらにより好ましくは2未満、最も好ましくは1.5未満の、100年の時間尺度でのGWPを有することができる。さらに、キャリアガス成分b)は、好ましくは、周囲条件下、特にガス絶縁電気装備品の正常動作条件下、例えば-40℃~+105℃の温度範囲およびわずかな〜数バールガス圧力で化学的に安定な二原子分子を含んでもよいしまたは二原子分子からなってもよい。さらに、キャリアガス成分b)は、それ自体がガス混合物、例えば空気もしくは空気成分、および例えば、窒素、酸素、二酸化炭素または希ガスであってもよい。本出願の発明の文脈において、用語「空気」は、「技術的空気」または「乾燥空気」を包含し、および特にはこれらを意味するべきである。

20

30

【0040】

さらなる態様によると、誘電性絶縁ガス成分b)は、フルオロケトンa)中に存在するよりも少ない原子を含む分子を含み、特には、三原子および／または二原子分子を含む、あるいは三原子および／または二原子分子からなる。

【0041】

驚くべきことに、正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンおよび／または正確に6個の炭素原子を含むフルオロケトンが、空気、窒素および／または二酸化炭素との混合物中に存在する場合に、混合物の成分の誘電強度の算術的和を超える誘電強度の極めて顕著な非線形的な増加を示すことが分かった。

40

【0042】

この非線形的な増加は、正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンが用いられる場合に特に関連する。上記したように、5個の炭素原子を含むフルオロケトンは、比較的低い沸点という利点を有し、低温であっても液化の問題に直面することなく、絶縁媒体中のフルオロケトンの比較的高いモル分率および比較的高い分圧をそれぞれ有することを可能にする。

【0043】

そのため、好ましい態様では、誘電強度の所望の非線形的増加を達成するために、正確

50

に5個の炭素原子を含むフルオロケトンが、誘電性ガス絶縁成分b)としての空気、窒素、二酸化炭素またはこれらの混合物との混合物として選択される。

【0044】

また、具体的に、本発明は、

a) 正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンa)と、

b) 前記フルオロケトンa)とは異なる誘電性絶縁ガス成分b)と

の混合物を含む誘電性絶縁媒体にも関し、誘電性絶縁ガス成分b)は、空気もしくは空気成分、特に窒素であるか、またはこれを含む。

【0045】

誘電性絶縁ガス成分b)として空気、窒素および／または二酸化炭素を用いることにより、極めて顕著な非線形的効果が達成され得ることが分かった。従って、フルオロケトンa)とこれらの絶縁ガス成分b)の1種以上とのそれぞれの混合物は絶縁目的に特に有用である。

10

【0046】

フルオロケトンa)および誘電性絶縁成分b)として二酸化炭素を含む混合物が、例えば、回路遮断器、特に高電圧回路遮断器中の消弧ガスとしての使用に特に有用であることも分かった。

【0047】

従って、さらに好ましい態様によると、誘電性絶縁ガス成分b)は、二酸化炭素を含み、特に二酸化炭素である。

20

【0048】

この点について、消弧ガスにおいて酸素を用いるおかげにより、電極上への炭素析出を効率的に減少させるまたは回避することができることがさらに分かった。

【0049】

消弧ガスに酸素を用いることにより、毒性アーク放電副産物、例えばそうでなければ開閉動作後に存在すると思われる副産物の量も減少させることができる。

【0050】

従って、さらに好ましい態様によると、誘電性絶縁ガス成分b)は、酸素を含み、特に酸素である。当然、この点について、純粋な酸素ならびに酸素含有ガス混合物、特に空気も用いることができる。

30

【0051】

好ましくは、さらなる誘電性ガス成分b)、特にキャリアガスは、 SF_6 ではないまたは SF_6 を含まない。

【0052】

いかなる理論にも拘束されないが、本発明による非線形的に増加する誘電強度に関する考えられるメカニズムは、誘電性ガス成分b)が誘電体絶縁破壊に由来する電子を減速させるのに役立ち、フルオロケトンa)がこのような減速した電子を捕捉するのに役立ち、それにより、フルオロケトンa)およびキャリアガスb)を含むガス混合物の過度に高い誘電強度を確立するというものであり得る。従って、本発明による誘電性絶縁ガス成分b)は、電子を減速させることができるガスを特に包含すべきである。

40

【0053】

例えば、約350mbar、ここではより正確には325mbarの1, 1, 1, 3, 4, 4, 4-ヘプタフルオロ-3-(トリフルオロメチル)ブタン-2-オン(またはデカフルオロ-3-メチルブタン-2-オン) $\text{CF}_3\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ を4650mbarの技術的空気(約80%の窒素および20%の酸素を含む)に加えることにより、ガス混合物の単一のガス成分の電界強度およびモル比を単に考慮することにより予想されたものよりもはるかに高い絶縁破壊電圧を達成することができる。このことについては、以下の図面に関連させて、より詳細に示す。

【0054】

この相乗作用効果のために、極めて高い絶縁能力および同時に極めて低いGWPを有す

50

る絶縁媒体を得ることができる。最終的に、これにより、系を加熱するまたは従来用いられている圧力値より上の充填圧力を設定する必要なく、従来の高性能絶縁ガスを極めて低いGWPを有する絶縁媒体で置換することが可能になる。

【0055】

5個を超える炭素原子のより長い鎖長を有するフルオロケトンと比較して、5個の炭素原子を含むフルオロケトンは、比較的低い沸点という利点を有し、絶縁媒体中でこのような5炭素フルオロケトンの比較的高いモル分率を有することが可能になり、低温であっても液化の問題が回避される。

【0056】

5個以上の炭素原子を含むフルオロケトンは、一般的に非毒性であるため、さらに有利である。これは、毒性で極めて反応性である4個未満の炭素原子を有するフルオロケトン、例えば、ヘキサフルオロアセトン（またはヘキサフルオロプロパノン）と対照的である。

【0057】

本発明の態様では、分枝アルキル鎖を有するフルオロケトンが好ましい。なぜなら、その沸点が直鎖アルキル鎖を有する対応する化合物（すなわち、同じ分子式を有する化合物）の沸点よりも低いからである。

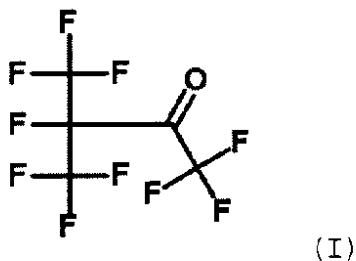
【0058】

好ましい態様によると、フルオロケトンa)はペルフルオロケトンであり、特に、分子式 $C_5F_{10}O$ を有する、すなわち、二重結合も三重結合も有さず完全に飽和している。フルオロケトンa)は、より好ましくは、1, 1, 1, 3, 4, 4, 4-ヘプタフルオロ-3-(トリフルオロメチル)ブタン-2-オン（デカフルオロ-3-メチルブタン-2-オンとも命名される）、1, 1, 1, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 5-デカフルオロペンタン-2-オン、1, 1, 1, 2, 2, 4, 4, 5, 5, 5-デカフルオロペンタン-3-オン、1, 1, 1, 4, 4, 5, 5, 5-オクタフルオロ-3-ビス(トリフルオロメチル)-ペンタン-2-オンからなる群から選択されてもよく、最も好ましくは1, 1, 1, 3, 4, 4, 4-ヘプタフルオロ-3-(トリフルオロメチル)ブタン-2-オンである。

【0059】

1, 1, 1, 3, 4, 4, 4-ヘプタフルオロ-3-(トリフルオロメチル)ブタン-2-オンは、以下の構造式(I)：

【化2】



【0060】

により表すことができる。

【0061】

1, 1, 1, 3, 4, 4, 4-ヘプタフルオロ-3-(トリフルオロメチル)ブタン-2-オン（これは、分子式 $C_5F_3C(O)CF(CF_3)_2$ または $C_5F_{10}O$ を有する、総称「C5-ケトン」（＝正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトン）に属し、この総称によりここで簡潔に言及される）は、特に誘電性キャリアガス成分b)との混合物として、高い誘電性絶縁性能という利点を有し、極めて低いGWPを有し、低い沸点を有するので

、高および中電圧絶縁用途に特に好ましいことが分かった。それは、0 のオゾン破壊係数を有し、事実上非毒性である。

【0062】

さらに好ましい態様によると、絶縁媒体中の C5-ケトンのモル分率は、従来の高電圧 GIS 圧力充填値を用いる場合には、約 5%～約 15%、好ましくは約 6%～約 10%に及び、従来の中電圧 GIS 圧力充填値を用いる場合には、約 10%～約 40%に及ぶ。このようなモル比の範囲は、絶縁媒体を低温環境、例えば、0℃未満の温度に至るまで、特に-5℃に至るまでで用いる場合でさえ、フルオロケトンの液化が起こらないという利点を有する。

【0063】

他の態様によると、絶縁媒体中の C5-ケトンのモル分率は 1%超、好ましくは 2%超、より好ましくは 3%超、さらにより好ましくは 3.5%超である。

【0064】

他の態様によると、C5-ケトンは、動作条件下、絶縁媒体中で気相である。

【0065】

好ましくは、誘電性絶縁媒体は、8 バール未満、好ましくは 7.5 バール未満、より好ましくは 7 バール未満、特に 6.5 バール以下の過圧力下で誘電性絶縁ガスである、または誘電性絶縁媒体は、2.5 バール未満、好ましくは 2.0 バール未満、より好ましくは 1.5 バール未満、特に 1.2 バール以下の過圧力下で誘電性絶縁ガスである。

【0066】

特に好ましい態様によると、本発明によるフルオロケトン a) および誘電性絶縁ガス成分 b) の混合物を、

c) フルオロケトン a) とは異なり、好ましくは誘電性絶縁ガス成分 b) と異なる、ここでは簡潔に「フルオロケトン c)」と命名するさらなるフルオロケトンと組み合わせることにより、さらに高い絶縁能力を達成することができる。

【0067】

ここでも、「～とは異なる」は、正確に 5 個の炭素原子を有するフルオロケトン a) の定義に入らず、好ましくは絶縁ガス成分 b) の定義に入らない、特にバルクガスでもバッファガスでもキャリアガスでもないことを意味する。

【0068】

以下の図面に関連して示すように、フルオロケトン c)、具体的に 6 個の炭素原子を含むフルオロケトンが誘電性絶縁ガス成分 b) とは異なる態様、換言すれば、フルオロケトン a) および c) とは別の媒体が、フルオロケトン a) および c) 以外の誘電性絶縁ガス成分 b) を含む態様で顕著な非線形的増加が決定された。

【0069】

従って、各々がそれ自体誘電性絶縁媒体の誘電強度に寄与する 1 種を超えるフルオロケトンを有する絶縁媒体を達成することができる。この態様では、混合物中に含まれる各フルオロケトンが誘電性絶縁媒体または誘電性絶縁媒体を含む電気装置の少なくとも最小動作温度でのその飽和蒸気圧に少なくとも対応する分圧をそれぞれ有すること、従って、フルオロケトンの高い合計モル比を気相中で得ることおよび維持することが可能であり、それによって誘電性絶縁媒体の極めて高い誘電強度を得ることが可能になることが特に好ましい。

【0070】

前記さらなるフルオロケトン c) は、好ましくは、正確に 5 個の炭素原子または正確に 6 個の炭素原子または正確に 7 個の炭素原子または正確に 8 個の炭素原子を含み、より好ましくは 5～7 個の炭素原子、最も好ましくは正確に 6 個の炭素原子を含む。

【0071】

好ましくは、さらなるフルオロケトン c) は、少なくとも 1 個の水素原子がフッ素原子で置換されている、以下の構造式：

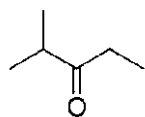
10

20

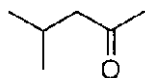
30

40

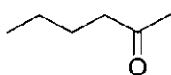
【化 3】



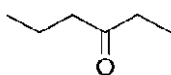
(IIa),



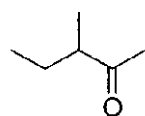
(IIb),



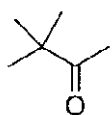
(IIc),



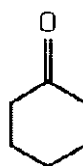
(IIId),



(IIe),



(IIIf), および



(IIg)

10

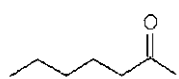
20

30

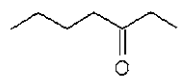
【0072】

により定義される化合物からなる群から選択される少なくとも1種の化合物である、および／または少なくとも1個の水素原子がフッ素原子で置換されている、以下の構造式：

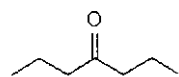
【化 4】



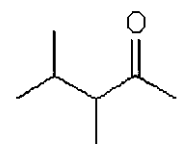
(IIIa),



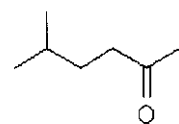
(IIIb),



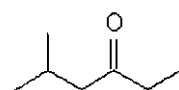
(IIIc),



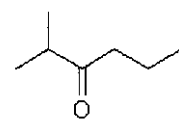
(IIId),



(IIIe),



(IIIff),



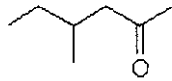
(IIIg),

10

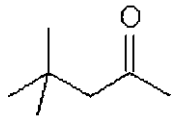
20

30

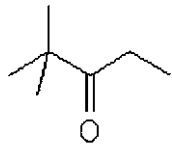
【化 5】



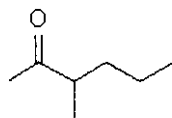
(IIIh),



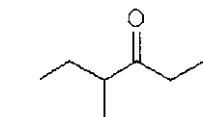
(IIIi),



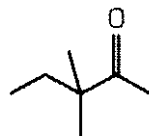
(IIIj),



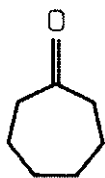
(IIIk),



(IIIl),



(IIIIm), および

(IIIn) ドデカフルオロシクロヘプタノンと命名されている。

【0073】

により定義される化合物からなる群から選択される少なくとも1種の化合物である。

【0074】

本発明は、構造式 I a ~ I d による化合物の何れかと構造式 I I a ~ I I g および／または I I I a ~ I I I n による化合物の何れかとの各組合せを包含する。

【0075】

より好ましくは、フルオロケトン c) は、正確に6個の炭素原子を含み、このようなフルオロケトン、ヒトのための顕著な安全域を有し、非毒性である。

【0076】

態様では、フルオロケトン c) は、フルオロケトン a) のように、ペルフルオロケトンである、および／またはフルオロケトン c) は分枝アルキル鎖、特に少なくとも部分的に

10

20

30

40

50

フッ化したアルキル鎖を有する、および／またはフルオロケトン c) は完全飽和化合物を含む。

【0077】

特に、フルオロケトン c) は、分子式 $C_6F_{12}O$ を有する、すなわち、二重結合も三重結合も有さず完全に飽和している。より好ましくは、フルオロケトン c) は、1, 1, 1, 2, 4, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-2-(トリフルオロメチル)ペンタン-3-オン(ドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オンとも命名される)、1, 1, 1, 3, 3, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)ペンタン-2-オン(ドデカフルオロ-4-メチルペンタン-2-オンとも命名される)、1, 1, 1, 3, 4, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-3-(トリフルオロメチル)ペンタン-2-オン(ドデカフルオロ-3-メチルペンタン-2-オンとも命名される)、1, 1, 1, 3, 4, 4, 4-ヘプタフルオロ-3-ビス-(トリフルオロメチル)ブタン-2-オン(ドデカフルオロ-3, 3-(ジメチル)ブタン-2-オンとも命名される)、ドデカフルオロヘキサ-2-オンおよびドデカフルオロヘキサ-3-オンからなる群から選択することができ、特に、言及した1, 1, 1, 2, 4, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-2-(トリフルオロメチル)ペンタン-3-オンである。

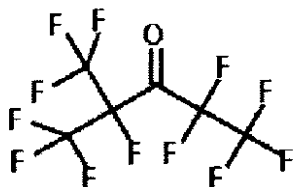
10

【0078】

1, 1, 1, 2, 4, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-2-(トリフルオロメチル)ペンタン-3-オン(ドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オンとも命名される)は、以下の構造式(II)：

20

【化6】



(II)

30

【0079】

により表すことができる。

【0080】

1, 1, 1, 2, 4, 4, 5, 5, 5-ノナフルオロ-4-(トリフルオロメチル)ペンタン-3-オン(これは、分子式 $C_2F_5C(O)CF(CF_3)_2$ を有する、より包括的な名称「C6-ケトン」(＝正確に6個の炭素原子を含むフルオロケトン)に属し、この総称によりここで簡潔に言及される)は、その高い絶縁特性およびその極めて低いGWPのために、高電圧絶縁用途に特に好ましいことが分かった。これは、0のオゾン破壊係数を有し、非毒性である(LC50 約10000ppmで4時間)。従って、環境影響が従来の絶縁ガスよりもはるかに低く、同時にヒトのための顕著な安全域が達成される。

40

【0081】

好ましくは、絶縁媒体中のフルオロケトン c) のモル分率は、低温、例えば、0℃未満の温度に至る温度、例えば-5℃に至る温度でのフルオロケトンの液化を回避するために、約1%～約15%、好ましくは約1%～約10%、より好ましくは約1%～約4%、最も好ましくは1%～3%に及ぶべきである。

【0082】

態様では、絶縁媒体中のフルオロケトン c) のモル分率は、0.1%超、好ましくは0.5%超、より好ましくは1%超、特に2%超となるように選択される。

【0083】

50

好ましくは、絶縁媒体中のフルオロケトン c) のモル分率は、1 % ~ 15 %、より好ましくは 1 % ~ 10 %、最も好ましくは 1 % ~ 3 % に及ぶ。

【0084】

驚くべきことに、C5-ケトンおよびC6-ケトンと誘電性絶縁ガス成分 b) との混合物によって、7 バール以下の中程度の充填圧力で、4.5 バール以下の SF₆ に匹敵する絶縁性能を示す絶縁媒体が作成されることが分かった。このような中程度の充填圧力は、最大約 8 バールまでのロックアウト圧力に耐えるように通常定格として定められている従来のハウジング構造が一般的に耐えられる。

【0085】

特定の態様では、C5-ケトンをC6-ケトンおよび空気と混合すると、低い動作温度であっても、特に -5 °C という低い最小動作温度に至る温度でも、いかなる加熱も必要とすることなく、許容充填圧力および十分な誘電強度をもたらす誘電性絶縁媒体が見出される。5 炭素および 6 炭素フルオロケトン混和物の極めて低い GWP およびゼロの ODP のおかげで、得られる絶縁媒体も環境的展望から十分に許容される。

【0086】

上記のように、本発明による絶縁媒体は、電気用途に特に有用である。従って、本発明は、電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用のための装置における誘電性絶縁媒体としての成分の上記組合せの使用にも関する。

【0087】

さらに、本出願の全体にわたって、本発明および任意の態様によるフルオロケトン a) を含む誘電性絶縁媒体についての任意の開示ならびに請求項はまた、誘電性絶縁媒体へのまたはとしてのこのようなフルオロケトン a) の使用の開示でもあり、この使用は、これにより明示的に開示され、特に「フルオロケトン a) を含む誘電性絶縁媒体」という用語を「誘電性絶縁媒体としてのフルオロケトン a) の使用」という用語に置きかえることにより、使用クレームとして特許請求され得る。

【0088】

同様に、本発明はまた、絶縁空間を規定するハウジングおよび絶縁空間中に配置された電気活性部品を含む、電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用のための装置に関する。この絶縁空間は、上記絶縁媒体を含む。

【0089】

本出願中、用語「電気活性部品」は、広く解釈されるべきであり、任意の種類の導体、導体配置、開閉器、導電性成分、サージ避雷器などを包含し、さらに、電氣的に活性化することができる、すなわち、少なくとも 1 つの動作状態（すなわち、部品の他の時間的不活性動作状態または局所的不活性動作状態がなお起こり得る）で電圧に供することができる任意の部品として理解されるべきである。

【0090】

特に、本発明の装置には、開閉装置、特に、空気絶縁もしくはガス絶縁金属（もしくは別の）封止開閉装置またはハイブリッド（すなわち、部分的空気絶縁および部分的ガス絶縁）開閉装置または中電圧ブロック開閉装置またはリングメインユニット（ring-main-unit）、またはデッドタンク型（dead tank）遮断器または P A S S モジュール（プラグおよび開閉器モジュール）、あるいはこれらの部品および／または成分、特に母線、ブッシング、ケーブル、ガス絶縁ケーブル、ケーブル継手、変流器、計器用変圧器、および／またはサージ避雷器が含まれる。ガス絶縁送電線（G I T L）も可能である。

【0091】

開閉装置、特にガス絶縁開閉装置（G I S）は、当業者に周知のものである。本発明が特によく適している開閉装置の例は、例えば、E P - A - 1 9 3 3 4 3 2、段落 [0011] ~ [0015] に示されており、その開示は参照によりこれにより組み込まれる。

【0092】

装置が、開閉器、特に、接地開閉器（例えば、速断型接地開閉器）、断路器、複合型の断路器および接地開閉器、負荷開閉器または回路遮断器、特に中電圧回路遮断器、発電機

10

20

30

40

50

回路遮断器および／または高電圧回路遮断器であることがさらに好ましい。特に、高電圧回路遮断器は、圧力上昇室、例えば、自己爆発（self-blasting）効果をもたらすための圧縮室および／または加熱室を有していてもよく、ここで、開閉動作において、好ましくは消弧期中に圧力上昇室および／またはアーク放電領域中で、フルオロケトン（複数可）がより少数の炭素原子を有するフッ化炭素化合物に分解される。

【0093】

フルオロケトン混和物（複数可）のこのような分子分解は、分子の数、従って、消弧に利用可能な圧力をさらに増加させることを可能にすることができる。さらに、フルオロケトン（複数可）の分子分解はまた、アーク放電領域で起こり、それにより消弧爆発圧力がさらに増加する。フルオロケトン混和物（複数可）はまた、約400℃～約600℃または900℃もの解離していないフルオロケトンのかなり低い解離温度が排気ガスの温度障壁として機能するために、回路遮断器の排気領域にも有用である。換言すれば、排気ガスの熱エネルギーを、排気中の解離していないフルオロケトンの解離により吸収することができ、それによりフルオロケトンの解離温度より上の排気領域のさらなる温度増加を防ぐ。従って、本出願の誘電性絶縁は、優れた消弧能力を有する。理論により拘束されるいかなる意図もないが、この消弧能力は、少なくとも部分的には、アーク放電領域内部のフルオロケトンの解離生成物の再結合、例えば、非常に強力な消弧媒体であることが周知であるテトラフルオロメタン（ CF_4 ）に主に起因すると仮定される。

10

【0094】

特に、消弧媒体として用いる場合、本発明による誘電性絶縁媒体は、二酸化炭素および／または空気もしくは酸素を含む。上に指摘したように、酸素または空気の存在により、特に、二酸化炭素をさらなるガス成分として用いる場合に、電極上への炭素析出の減少を達成することが可能になる。

20

【0095】

また、空気または酸素を用いることにより、特にフルオロケトンの分解により形成され、その後開閉動作後に存在すると思われる毒性アーク放電副産物の量を減少させるまたは回避することができる。

【0096】

好ましくは、酸素のモル分率の少なくとも1種のフルオロケトンa) および任意のc) のモル分率に対する比は少なくとも2:1、より好ましくは少なくとも2.5:1、さらにより好ましくは少なくとも3:1である。

30

【0097】

さらに好ましい態様によると、酸素の体積分率は40%以下、好ましくは30%未満、より好ましくは20%未満である。

【0098】

特に、二酸化炭素および／または空気もしくは酸素との混合物のフルオロケトンを含む誘電性絶縁媒体を消弧媒体として用いる場合、二酸化炭素の量の空気または酸素の量に対する比は、好ましくは最大で20:1、より好ましくは最大で15:1、さらにより好ましくは最大で10:1、最も好ましくは最大で5:1である。上記のように、酸素のモル分率のフルオロケトンa) および任意のさらなるフルオロケトンc) のモル分率に対する比は、好ましくは少なくとも2:1、より好ましくは少なくとも2.5:1、最も好ましくは少なくとも3:1である。

40

【0099】

態様では、テトラフルオロメタン（ CF_4 ）を誘電性絶縁ガス成分b) としてまたは誘電性絶縁ガス成分要素b1) として用いてもよい。

【0100】

述べたように、本発明はまた、上記誘電性絶縁媒体および使用とは別に、絶縁空間を規定するハウジングおよび絶縁空間中に配置された電気活性部品を含む、電気エネルギーの発生および／または伝達および／または分配および／または使用の装置であって、前記絶縁空間が上に定義する誘電性絶縁媒体により特徴付けられる絶縁媒体を含む装置に関する

50

。

【0101】

好ましい態様によると、装置は、開閉装置、特に、空気絶縁もしくはガス絶縁金属封止開閉装置またはハイブリッド開閉装置または中電圧ブロック開閉装置またはリングメインユニット、またはデッドタンク型遮断器またはP A S Sモジュール（プラグおよび開閉器モジュール）、あるいはこれらの部品または成分、特に母線、ブッシング、ケーブル、ガス絶縁ケーブル、ケーブル継手、変流器、計器用変圧器、および／またはサージ避雷器である。

【0102】

さらに好ましい態様によると、装置は、開閉器、特に、接地開閉器、断路器、複合型の断路器および接地開閉器、負荷開閉器および／または回路遮断器である。

10

【0103】

そのため、上記のように、装置が、加圧消弧ガスを提供するための圧力上昇質を有する高電圧回路遮断機、特に

a) フルオロケトン a) と、

b 1) 二酸化炭素および／または

b 2) 空気もしくは酸素と

の混合物を含む高電圧回路遮断器であり、開閉動作において、消弧期中にフルオロケトンが炭素原子の数がより少ないフッ化炭素化合物に分解されることが特に好ましい。また上記のように、二酸化炭素と空気または酸素の組み合わせた使用が、電極上への炭素析出の減少およびそれによって達成される毒性アーク放電副産物の量の減少のために特に好ましい。

20

【0104】

上記と類似して、特に好ましい消弧ガスは、二酸化炭素および／または空気もしくは酸素に加えて、特に6個の炭素原子を含むさらなるフルオロケトン c) をさらに含むことができる。

【0105】

別の態様によると、装置は、変圧器、特に配電変圧器または電力変圧器であってもよい。

【0106】

なお他の態様によると、装置はまた、例えば、電気回転機械、発電機、電動機、駆動装置、半導体デバイス、パワーエレクトロニクスデバイス、および／またはこれらの要素であってもよい。

30

【0107】

本発明は、特に、中または高電圧装置に関する。用語「中電圧」は、本明細書で使用する限りにおいては、1 k V ~ 7 2 k V の範囲の電圧を指し、一方で用語「高電圧」は、7 2 k V 超の電圧を指す。1 k V 未満の低い電圧範囲での用途も実行可能である。

【0108】

装置の所望の誘電定格、例えば必要とされる誘電抵抗能力および動作温度範囲を達成するために、装置は、組成—特に化学組成または物理相組成、例えば、気／液二相系—、および／または絶縁媒体の温度、および／または絶縁媒体またはその成分の少なくとも1種の絶対充填圧力、ガス密度、分圧および／または部分ガス密度をそれぞれ単独でまたは組み合わせて制御するための制御ユニット（「流体管理系」とも呼ぶ）を具備することができる。特に、制御ユニットは、約 - 2 0 ° C に至る低温環境での用途と特に関連する、本発明による絶縁媒体成分の蒸気圧を制御するための加熱器および／または気化器を含むことができる。気化器は、例えば、超音波気化器であってもよく、または絶縁媒体を装置中に噴霧するための噴霧ノズルを含むことができる。

40

【0109】

特に低温環境での高電圧用途に関する代表的な態様では、フルオロケトン（複数可）、特にフルオロケトン a) および／または c) の分圧を、加熱および／または気化により、

50

フルオロケトンの分圧が所望の圧力レベルで維持されるよう絶縁媒体中に提供することができる。

【0110】

気化器を用いる場合、これはまた、誘電性絶縁能力または誘電強度の必要性に従った絶縁媒体中のフルオロケトン（複数可）、特にフルオロケトン a）および／または c）の濃度を設定するための定量供給ユニット（dosing unit）を含むべきである。本願における用語「誘電性絶縁能力」または「誘電強度」は、広く理解されるべきであり、特定の測定条件下で測定され得る絶縁破壊電界強度によるより具体的な特徴付けを含んでもよい。これは、中または高電圧ガス絶縁開閉装置について代表的に以下でより詳細に示される。さらに、制御ユニットは、制御パラメータ、例えば温度、密度、圧力および／または組成一特に液相レベルを測定するための測定ユニット、および／またはこのようなパラメータを監視するための監視ユニットを含んでもよい。

10

【0111】

さらなる態様によると、本発明は、電気装置の仕様決定を行う方法であって、

a) 誘電性絶縁媒体により充填される空間に必要とされる電界強度 E_{app} 、最小定格動作温度 T_{min} 、最大定格動作温度 T_{max} 、および最大許容ガス圧力 p_{max} を含む定格パラメータにより特徴付けられる定格を有する装置を選択するステップと、

b) フルオロケトンと前記フルオロケトンとは異なる誘電性絶縁ガス成分 b) との混合物を含む誘電性絶縁ガスを選択するステップであって、混合物が相乗作用因子 s により特徴付けられる非線形的に増加する誘電強度を有するステップと、

20

c) 誘電性絶縁ガス、特に混合物が、フルオロケトンの種類、分圧 p_a 、または特に対応する数密度、もしくは体積濃度もしくはモル分率 m_a 、および減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ 、ならびにガス成分 b) の種類、分圧 p_b 、または特に対応する数密度、もしくは体積濃度もしくはモル分率 m_b 、および減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,b}$ により定義される特性パラメータを有するステップと、

d) 誘電性絶縁ガス、特に混合物の線形減圧絶縁破壊電界強度 $E_{lin,calc}$ を減圧絶縁破壊電界強度 $E_{crit,a}$ および $E_{crit,b}$ の分圧加重和によりフルオロケトンの分圧 p_a の関数として計算するステップと、

e) 電界強度 E_{app} および線形減圧絶縁破壊電界強度 $E_{bd,lin,calc}$ から、誘電性絶縁ガスの絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ をフルオロケトンの分圧 p_a の関数として決定するステップと、

30

f) 標準温度で絶縁ガスの絶対充填圧力 p_{abs} を選択し、そこからおよび絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ から、フルオロケトンの第 1 の分圧 p_{a1} 、または特に第 1 の対応する数密度もしくはモル分率 m_{a1} を決定するステップと、

g) 1 を超える混合物の相乗作用因子により当該電気装置の定格パラメータの少なくとも 1 つを拡大するステップと

により特徴付けられる、電気装置の仕様決定を行う方法に関する。

【0112】

フルオロケトンの液化が起こらないことが一般的に好ましいので、この方法は、

a) 絶縁ガス中のフルオロケトンの凝縮温度が最小定格動作温度 T_{min} 未満になるように、フルオロケトンの第 2 の分圧 p_{a2} 、または特に第 2 の対応する数密度を決定するステップと、

40

b) 第 1 の分圧 p_{a1} が第 2 の分圧 p_{a2} 以下である場合、 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ となるような範囲のフルオロケトンの分圧 p_a を選択するステップ、または

c) 第 1 の分圧 p_{a1} が第 2 の分圧 p_{a2} よりも大きい場合、

i. 第 2 の分圧 p_{a2} 以下のフルオロケトンの分圧 p_a を選択し、誘電性絶縁ガス成分 b) の分圧 p_b を増加させることにより、絶対圧力 p_{abs} を増加させる、特に絶対圧力 p_{abs} を $p_{abs}(p_{a2})$ と等しいところまで増加させるステップ、および／または

ii. 加熱することにより最小または最小定格動作温度 T_{min} を増加させ、それによって第 2 の分圧 p_{a2} をより高い値まで増加させる、特に、第 2 の分圧 p_{a2} を第 1 の分圧 p_{a1}

50

以上の値まで増加させ、その後 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ となるような範囲のフルオロケトンの分圧 p_a を選択するステップとをさらに含む。

【0113】

減圧絶縁破壊電界強度がフルオロケトンについて誘電性絶縁成分 b) よりも大きい場合および/または、絶対圧力曲線 $p_{abs}(p_a)$ は、フルオロケトン分圧の減少と共に増加する関数であることに留意されたい。

【0114】

フルオロケトン a) に加えてさらなるフルオロケトン c) を用いる場合、この方法は、確実に両フルオロケトンが少なくとも装置の T_{min} に至るまで気相のままであるように両フルオロケトンの分圧を計算すべき追加のステップを用いて類似に行われるべきである。

【0115】

代表的な態様では、この方法は、

a) 混合物について、特にフルオロケトンの分圧 p_a の誘電性ガス成分 b) の分圧 p_b に対する比について相乗作用因子 s の値を決定するステップと、

b) 以下のステップ：電界強度 E_{app} を増加させるステップ、最小定格動作温度 T_{min} を減少させるステップ、絶対充填圧力 p_{abs} を減少させるステップ、フルオロケトンの分圧 p_a もしくはモル分率 m_a を減少させるステップ、安全域を増加させるステップ、およびこれらの組合せの少なくとも 1 つにより定格拡大を行うステップとをさらに含む。

【0116】

上記において、最大電界強度 E_{app} は、安全域を含むよう定義することができる。絶対充填圧力は、最大許容ガス圧力 p_{max} 未満で選択すべきである。さらに、フルオロケトンは、好ましくは正確に 5 個の炭素原子を含むフルオロケトン a) であってもよい、および/またはこれは正確に 6 個の炭素原子を含むフルオロケトンであってもよい。好ましくは、誘電性ガス成分 b) は、空気、窒素、二酸化炭素およびこれらの混合物の少なくとも 1 つを含んでもよい。

【0117】

さらに、上記仕様決定法のステップはまた、電気装置自体の特徴を特徴付けており、対応する請求項は本明細書の一部としてこれにより詳述される。

【0118】

本発明は、以下の図面によってさらに説明される。

【図面の簡単な説明】

【0119】

【図1】図1は、系の全絶対充填圧力の関数としての、本発明の態様による空気および誘電性絶縁ガス混合物の測定したおよび計算した絶縁破壊電圧のグラフ表示を示している。

【図2】図2は、絶縁媒体として、空気中で5個の炭素原子を含むフルオロケトンを用いた場合、空気中で6個の炭素原子を含むフルオロケトンを用いた場合、ならびに空気中で5個の炭素原子を含むフルオロケトンおよび6個の炭素原子を含むフルオロケトンを用いた場合の、4.5バールの SF_6 と同じ絶縁性能に到達するために必要とされる充填圧力のグラフ表示を示している。

【図3】図3は、温度制御ユニットを具備する或る態様に係る高電圧ガス絶縁開閉装置の純粋な略図を示している。

【図4】図4は、流体処理ユニットを具備する態様に係る高電圧ガス絶縁開閉装置の純粋な略図を示している。

【図5】図5は、代表的な態様の誘電性絶縁媒体を充填した従来の断路器を示している。

【図6】図6は、代表的な態様の誘電性絶縁媒体を充填した（菱形）および従来の絶縁媒体を充填した（三角形）従来の断路器を用いた、母線転送電流切替試験におけるアーク放電時間（a. u.）を示している。

【図7】図7aおよび図7bは、代表的な絶縁媒体を充填した（菱形）および従来の絶縁

10

20

30

40

50

媒体を充填した（三角形）母線の部分における温度上昇試験の結果を示している。

【図 8】図 8 は、フルオロケトンに含まれる炭素原子の数の関数としての毒性（a. u.、左手側）および沸点（右手側）の概略図を示している。

【図 9】図 9 は、電子エネルギーの関数としての、キャリアガスの電子散乱およびフルオロケトンのイオン化についての断面積の概略図を示している。

【図 10】図 10 は、空気を含むおよび含まない種々の誘電性絶縁媒体についての全圧の関数としての相乗作用因子 s のグラフ表示を示している。

【図 11】図 11 a および図 11 b は、それぞれ圧力またはフルオロケトン含量の関数としての、均一な電界における本願による代表的な誘電性絶縁媒体の測定したおよび計算した絶縁破壊電圧 U_{50} のグラフ表示を示している。

【図 12】図 12 は、凝縮温度の関数としての、種々の分圧比でフルオロケトンおよび空気を含む代表的な誘電性絶縁媒体についての絶縁破壊電界強度のグラフ表示を示している。

【0120】

以下に、本発明の代表的な態様を論じる：

図 1 に示すいくつかのガス混合物の絶縁破壊電界のグラフ表示の計算のための入力として必要とされる純粋なガスの電界強度を、代表的な電界条件、特に代表的に均一な電界条件を提供する試験デバイスを用いて誘電試験を行うことにより測定した。計算した値を点線で示す。

【0121】

図 1 によると、約 100 mbar 、より正確には 96 mbar の C_6 ケトン（フルオロケトン）を空気に加える（混合物 I）ことにより得られる絶縁破壊電圧は、純粋な空気と比較して約 $10\% \sim 15\%$ 増加すると計算される（ 4.0 バールで約 140 kV/cm である）。約 350 mbar 、より正確には 325 mbar の C_5 ケトン（フルオロケトン）を空気に加える（混合物 II）ことにより得られる絶縁破壊電圧は、純粋な空気と比較して約 $30\% \sim 40\%$ 増加すると計算され（ 4.0 バールで約 170 kV/cm である）、約 100 mbar の C_6 ケトンおよび約 350 mbar の C_5 ケトンを空気に加える（混合物 III）ことにより得られる絶縁破壊電圧は、純粋な空気と比較して約 $40\% \sim 50\%$ 増加すると計算される（ 4.0 バールで約 190 kV/cm である）。

【0122】

しかしながら、本発明の態様による絶縁媒体の場合、特にガス混合物 II の場合、図 1 で実線により表されるように、測定した絶縁破壊電圧値は計算した値よりもはるかに高い。これは、 C_5 ケトンと空気または類似のガスとの間の強力な非線形的相互作用が存在し、それが、ここでは個々のガス混合物成分の電界強度 E_{bd} (kV/cm) により表される誘電性絶縁能力の算術的和を超えて、ここではガス混合物の誘電破壊電界強度 E_{bd} (kV/cm) により表される誘電絶縁能力を強力に改善することを証明している。類似の結果が混合物 I について見られた。

【0123】

詳細に述べると、ガス混合物 II について得られた測定した絶縁破壊電界は、純粋な空気の絶縁破壊電界よりも約 $60\% \sim 80\%$ 高く（ 4.0 バールで約 230 kV/cm である）、ガス混合物 III について得られた測定した絶縁破壊電界は、純粋な空気の絶縁破壊電界よりも約 $75\% \sim 95\%$ 高い（ 4.0 バールで約 260 kV/cm である）。従って、これらの改善は、純粋な空気と比較してガス混合物 II については $30\% \sim 40\%$ およびガス混合物 III については $40\% \sim 50\%$ しか増加していない誘電性絶縁破壊電界をもたらすガス混合物成分の絶縁破壊電界の線形的加算から予想されるものよりもかなり高い。

【0124】

また、ガス混合物 I について得られた測定した絶縁破壊電界は、純粋な空気の絶縁破壊電界よりも約 $30\% \sim 50\%$ 高く（ 4.0 バールで約 180 kV/cm である）、これはガス混合物 I について純粋な空気と比較して $10\% \sim 15\%$ の予想された改善よりも高い

10

20

30

40

50

。

【0125】

図1による絶縁破壊電界値は、均一な電界配置の試験デバイスを用いた標準的な負極性雷インパルス誘電試験を行って測定した。

【0126】

正極性標準雷インパルス誘電試験およびAC誘電試験を、電界配置、充填圧力および接触距離の異なる組合せの下で、I、IIおよびIIIと類似のガス混合物を用いて行ったところ、C5-ケトンおよびC6-ケトンと空気および他のガス、例えばCO₂との間の相乗作用効果を肯定する類似の結果が得られた。

【0127】

図2は、4.5バールのSF₆と同じ絶縁性能に到達するために、ガス混合物I、IIおよびIIIのそれぞれについて必要とされる充填圧力を示している。図2は、異なる混合物について必要とされる充填圧力を温度の関数として示している。そのため、図2を読み取ることにより、液化することのない動作のための誘電性絶縁媒体を以下のステップから決定することができる：すなわち、第1のステップで、誘電性絶縁媒体または電気装置のそれぞれの最小動作温度を決定し；第2のステップで、最小動作温度でのフルオロケトン（複数可）の液化がないことを保証する混合物中の各フルオロケトン成分の蒸気圧を決定し；第3のステップで、4.5バールのSF₆と同一または類似の絶縁性能を達成するために必要とされる全ガス圧力を図2から読み取り；第4のステップで、フルオロケトン分圧およびキャリアガス圧力の和が全ガス圧力に到達するような量で、キャリアガス、こ
こでは空気または空気成分を加えることにより、上記を決定できる。図2は、-5℃で4.5バールの純粋なSF₆に相当する所望の絶縁性能が、約6.5バールの充填圧力の空気、C5-ケトンおよびC6-ケトンを含む絶縁媒体で達成可能であることをさらに証明している。このような充填圧力は、今日のガス絶縁開閉装置あるいはその部品および／または成分の常圧範囲にある。従って、例えば、-5℃の最小許容動作温度で、前記絶縁媒体は、従来の充填圧力より高くない圧力に耐えるために従来の電気装置、特に収納装置またはハウジングのいかなる修正も必要とすることなく、4.5バールのSF₆の絶縁能力と類似の絶縁能力を達成することを可能にする。従って、電装品、例えば高電圧開閉装置あるいはその部品および／または要素のために、空気および5炭素フルオロケトンおよび任意の6炭素フルオロケトンを含むガス混合物の充填圧力を約6.5バールに設定することにより、従来の高性能絶縁媒体の生態学的に非常に魅力的であるが絶縁性能に関して同等の代替物を提供することができる。

【0128】

上記の特定の誘電性絶縁媒体とは別に、本発明はまた、上記のような電気装置に関する。好ましくは、この装置は、絶縁媒体の圧力、組成および／または温度を適合させるために制御ユニット（または「流体管理系」）を含む。これは、-20℃という低い温度の環境での用途と特に関連する。

【0129】

例として、温度制御ユニットを含む高電圧開閉装置を図3に示す。開閉装置2は、絶縁空間6を規定するハウジング4および絶縁空間6の内側に配置された電気活性部品8を含む。開閉装置2は、開閉装置2のハウジング4またはハウジング4の少なくとも一部、従って、絶縁空間6に含まれる絶縁媒体を所望の温度または最小（もしくは最小定格）動作温度T_{min}に設定するための温度制御ユニット10aをさらに含む。当然、絶縁媒体を所望の温度にもっていくために、絶縁媒体と接触した任意の他の部品を加熱することができる。従って、フルオロケトンの蒸気圧—および結果的に絶縁ガス中でのその分圧p_aまたはモル比m_a—ならびに絶縁ガスの絶対圧力p_{abs}をそれに応じて適合させることができる。図4にも示すように、フルオロケトンは、この態様において、絶縁空間6中に与えられる温度勾配のために絶縁空間の全体にわたって均一に分布していない。従って、フルオロケトンの濃度は、ハウジング4の壁4'に極めて接近するとより高くなる。

【0130】

代替の制御ユニットまたは流体管理系を図4に模式的に示すが、ここでは流体処理ユニット10bは制御ユニットとしてガス絶縁開閉装置2に帰属している。この制御ユニット10bにより、絶縁媒体の組成、ならびに特にフルオロケトン、特にフルオロケトンa)および/またはフルオロケトンc)の濃度が流体処理ユニット10bに含まれる定量供給ユニット中で調整され、得られた絶縁媒体が絶縁空間6中に注入または導入、特に噴霧される。図4に示す態様では、絶縁媒体は、液体フルオロケトンの小液滴がそれぞれのキャリアガス中で分散しているエアロゾル14の形態で絶縁空間中に噴霧される。エアロゾル14は、ノズル16によって絶縁空間6中に噴霧され、フルオロケトンが直ちに蒸発し、従ってフルオロケトンの不均一な濃度、具体的にノズル16を含むハウジング壁4'に極めて接近すると比較的高濃度を有する絶縁空間6が得られる。あるいは、絶縁媒体、特に、フルオロケトンa)および/または誘電性絶縁ガスb)および/またはフルオロケトンc)の濃度、圧力ならびに/あるいは温度は、絶縁空間中に注入される前に、流体処理ユニット10b中で制御され得る。ガスの循環を確保するために、さらなる開口部18がハウジング4の上壁に用意され、前記開口部はハウジング4のチャンネル20につながり、絶縁媒体を絶縁空間6から除去することを可能にする。図4に示すように流体処理ユニット10bを有する開閉装置2を、図4に関連して記載する温度制御ユニット10aと組み合わせることができる。温度制御ユニットを用意しない場合、フルオロケトンの凝縮が起こり得る。凝縮したフルオロケトンは、回収し—必要に応じて濾過し—絶縁媒体の循環に再導入することができる。さらに、装置2は、予備体積の液体フルオロケトン、特にフルオロケトンa) (もしくはC5-ケトン) および/またはフルオロケトンc) (もしくはC6-ケトン)、ならびに/あるいは絶対充填圧力を装置2の所与の圧力限界未満に維持するように所望の絶縁媒体の最大許容動作温度を制限するための手段を有することができる。

【0131】

図3および図4に示す開閉装置2の文脈において、公称電流負荷は一般的に、電流を運ぶ導体のオーム加熱により、フルオロケトン、特にフルオロケトンa) (もしくはC5-ケトン) および/またはフルオロケトンc) (もしくはC6-ケトン) の気化を促進することに留意する。従って、温度制御ユニットの使用は、通常は、(公称電流を運ぶ) 装備品または装置が、例えば、極めて低い周囲温度でフルオロケトン(複数可)の所望の分圧のために必要とされる温度を提供しない場合に必要とされるに過ぎない。

【0132】

上に示す態様によると、本出願中の「誘電性絶縁媒体」という用語は、誘電性絶縁媒体の気相およびおそらく液相を包含すると広く理解すべきである。しかしながら、好ましくは、誘電性絶縁媒体、すなわち、誘電性絶縁媒体の全成分は、全ての動作条件下で、特に電気装置の全ての動作温度下で、完全かつ排他的に気体状態で存在すべきである。さらに、この用語は、例えば、ガス絶縁開閉装置(GIS)もしくはガス絶縁送電線(GITL)において顕著な誘電性絶縁能力または誘電強度を有する、ならびに/あるいは電弧、例えば、GISもしくはGITLのアーク故障または任意の種類の開閉器、断路器、回路遮断器などのスイッチングアークを消す高い性能を有する媒体を包含すべきである。

【0133】

種々の誘電試験を行ったところ、本発明による誘電性絶縁媒体の例外的に高く、非線形的に増加する誘電強度が証明された。特に、正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンおよび正確に6個の炭素原子を含むフルオロケトンおよび空気、特にC5-フルオロケトン、C6-フルオロケトンおよび技術的空氣の混合物(ここでは簡潔にFCK-空氣混合物と呼ぶ)を含む誘電性媒体を、ガス絶縁開閉装置(GIS)の従来の断路器で行う誘電試験に用いた。

【0134】

図5は、再度ハウジング4、上記ガス混合物FCK-空氣で充填された絶縁空間6を封止しているハウジング壁4'、および活性部品8を有する、開閉装置2、ここでは代表的に、複合型断路器および接地開閉器22の態様を示している。ガスセンサ24も存在して

いてよい。断路器 22 を第 1 のステップで排気し；第 2 のステップで C 6 フルオロケトン を最大約 1 0 0 m b a r の圧力まで断路器 22 中に充填し；第 3 のステップで C 5 フルオロケトン を最大約 4 6 0 m b a r の全圧、すなわち、3 6 0 m b a r の C 5 フルオロケトンの分圧まで断路器 22 中にさらに充填し；第 4 のステップで技術的空氣を最大 7 バールの全絶対圧力まで充填した。この混合物をここでは簡潔に F C K - 空氣と呼ぶ。好ましくは、ガスセンサ 24、例えば、ガス密度センサ 24 またはガス圧力センサ 24 が存在し、誘電性絶縁媒体中の充填圧力および／またはガス分圧を制御することを可能にする。少なくとも第 2 および第 3 の充填ステップの順序は原則として交換することができる。

【0135】

断路器 22 は、2 0 °C で 4 . 5 バールの絶対 S F₆ 充填圧力で、I E C 標準規格 6 2 2 7 1 - 2 0 3 および 6 2 2 7 1 - 1 に従って、3 0 0 k V 定格電圧、1 0 5 0 k V 雷インパルス電圧および 4 6 0 k V 商用周波耐電圧用に設計された規格部品（E L K - T K 1 4）である。

【0136】

上記 7 バールの F C K - 空氣混合物を充填したこの断路器 22 を用いて行った誘電試験は、3 0 0 k V 定格電圧用の I E C 標準規格に従った誘電試験に耐えることを証明した。全誘電試験は、試験条件および試験手順をさらに調節する I E C 6 0 0 6 0 - 1（高電圧試験技術）にも従って行った。

【0137】

7 バールの F C K - 空氣を含む断路器 22 は、フラッシュオーバーなしで、4 6 0 k V r m s の相からアースへの短時間商用周波耐電圧試験、断路距離、すなわち、断路器 22 の開接点にわたる 5 9 5 k V r m s の短時間商用周波耐電圧試験、および 1 0 5 0 k V のピーク電圧の雷インパルス耐電圧試験に首尾よく合格した。これは、正確に 5 個の炭素原子を有するフルオロケトンを含む F C K - 空氣混合物が不均一な電界配置、例えば、断路器 22（E L K - T K 1 4）中に存在する電界分布でも例外的に高い誘電強度または誘電耐電圧を示すことをさらに証明している。

【0138】

図 6 は、7 バールの上記混合物 F C K - 空氣（菱形）を充填した断路器 22 で行った I E C 6 2 2 7 1 - 1 0 2 に従った母線転送電流切替試験におけるアーク放電時間（任意単位）を示している。I E C 6 2 2 7 1 - 1 0 2 に従った標準的試験条件を適用した、特に、2 0 V 母線転送電圧での 1 6 0 0 A 母線転送電流を適用した。4 . 5 バール絶対圧力の従来の S F₆ 誘電性絶縁ガスによる試験結果を比較のために示す（三角形）。より優れた目視比較のために、1 0 個の測定点の平均をとり、F C K - 空氣については実線として、および S F₆ については破線として示した。図 6 は、新規な誘電性絶縁媒体 F C K - 空氣が従来用いられている S F₆ と少なくとも同じ母線転送電流切替性能を有することを証明している。さらに、図 6 は、7 バール絶対圧力の F C K - 空氣を含む新規な誘電性絶縁媒体が優れた消弧能力を有することを証明しており、特にここでは母線転送電流切替の文脈で、これは 4 . 5 バール絶対圧力の S F₆ のものに匹敵するまたはさらにはそれよりも優れている。

【0139】

1 0 0 回の母線転送電流切替操作を行った後、I E C 6 2 2 7 1 - 2 0 3 に従った誘電状態チェックを行うことにより、誘電性絶縁能力を確認した。

【0140】

図 7 a、図 7 b は、代表的な絶縁媒体、ここでは 3 6 0 m b a r 分圧の C 5 フルオロケトンと 1 0 0 m b a r 分圧の C 6 フルオロケトンと約 4 . 0 バールの技術的空氣を充填した（菱形）；および比較のために従来の絶縁媒体、ここでは 4 . 5 バール絶対圧力の S F₆ を充填した（三角形）母線の部分における温度上昇試験の結果を示している。温度上昇試験は、約 2 0 °C 周囲温度で行った。試験は、I E C 6 2 2 7 1 - 2 0 3 および I E C 6 2 2 7 1 - 1 に従って行った。

【0141】

図7a、図7bは、活性部品（上図7a）および収納装置（下図7b）の周囲温度を超える温度上昇を熱電素子の位置の関数として示している。図7a、図7bは、FC K-空気混合物の熱的性能または伝熱能力が、従来のSF₆の伝熱能力に匹敵することを証明している。より高い公称絶対圧力、例えば、7バール全絶対圧力のFC K-空気混合物については、さらに高い伝熱能力が予想され得る。

【0142】

代表的な態様では、誘電性絶縁媒体は、少なくとも絶縁空間6中でバルク液体とは異なる形態、例えば、液滴、エアロゾル、霧またはスプレーの形態の液相の正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトン絶縁空間6中に含むべきである。このような態様は、例えば、流体管理系10a、10bを有する電気装置2の絶縁空間6の外側でバルク液体形態である正確に5個の炭素原子を含むフルオロケトンを有する誘電性絶縁媒体を含んでもよい。

10

【0143】

代表的な態様では、誘電性絶縁媒体として以外の目的のための正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトンは、本出願の主題から、特に任意の独立請求項および／または任意の従属請求項あるいは請求項の組合せで特許請求されている主題から、特に請求されている誘電性絶縁媒体、誘電性絶縁媒体の請求されている使用から、および誘電性絶縁媒体を含む請求されている装置から除くべきである。例えば、これは、本出願の主題から、特に任意の請求項または請求項の組合せから除くべきである：

— 特に、溶融した反応性金属が酸素または空気と反応するのを防ぐために、前記溶融した反応性金属を処理する方法のための正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

20

— 特に蒸気反応器または電子システムを洗浄するための洗浄剤としての正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

— 消火媒体としてのまたは消火システムに用いるための正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

— 特に電子システムの冷却用の液体形態の冷却剤としての正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

— 特に小さな発電所でのランキン（Rankine）プロセスのための正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

30

— 潤滑剤としての正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

— 液体としての：例えば、電気装置もしくは変圧器中の液体としての、液体冷却剤としての、電気装置の液体冷却剤としての、変圧器の液体冷却剤としての、および／または油圧システムもしくは液体結合機械的駆動装置用の液体としての正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

— クロロジフルオロメチルペフルオロイソプロピルケトンおよびジフルオロメチルペフルオロイソプロピルケトンからなる群から選択される正確に5個の炭素原子を含む任意のフルオロケトン；および／または

— フルオロケトンa)に加えて、β-クロロペフルオロエチルペフルオロイソプロピルケトン、ジフルオロメチルペフルオロエチルケトンおよびドデカフルオロ-2-メチル-ペンタン-3-オンからなる群から選択されるフルオロケトンを含む任意の誘電性絶縁媒体。

40

【0144】

代表的な態様では、特に任意の独立請求項および／または任意の従属請求項あるいは請求項の組合せで特許請求されている、本発明の誘電性絶縁媒体またはその使用または本発明の電気装置は、変圧器用の誘電性絶縁媒体であるべきではない、または変圧器であるべきではない、例えば、配電変圧器であるべきではなく、電力変圧器であるべきではなく、他の例では、ガス変圧器であるべきではなく、液体変圧器であるべきではなく、乾式変圧器であるべきではなく、および／またはガス変圧器、液体変圧器および乾式変圧器の任意の組合せであるべきではない。

50

【0145】

さらなる代表的な態様では、特に任意の独立請求項および／または任意の従属請求項あるいは請求項の組合せで特許請求されている、本発明の誘電性絶縁媒体は、ヒートパイプ用の作動媒体であるべきではなく、特に変圧器中のヒートパイプ用の作動媒体であるべきではない。

【0146】

1つの特定の態様では、特に任意の独立請求項および／または任意の従属請求項あるいは請求項の組合せで特許請求されている、本発明による誘電性絶縁媒体は、正確に6個の炭素原子を含むフルオロケトンを含まない、特に、3M製の商品名Novoc 1230のドデカフルオロ-2-メチルペンタン-3-オン($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$)を含まない。このような態様は、正確に5個の炭素原子のみを有するフルオロケトンのより低い沸点という利点から利益を得ることができる。図8は、フルオロケトン、特にフルオロケトンa)および／またはフルオロケトンc)に含まれる炭素原子の数の関数としての毒性(左手側)(任意単位)および沸点もしくは沸点温度 T_p (右手側)の概略図を示している。最大許容毒性レベルを水平の太い破線で示し、沸点の最大許容レベルを水平の細い破線で示す。一般に、毒性は炭素原子の数の増加と共に減少し、結果として5個以上の炭素原子を有するフルオロケトンは十分に非毒性であるために許容される。さらに一般に、沸点は炭素原子の数の増加と共に増加し、結果として7個以下の炭素原子を有するフルオロケトンは典型的な技術的用途で有用となる一方で、8個以上の炭素原子を有するフルオロケトンはあまりに高すぎる沸点のためにあまり有用でないまたは有用ではないと考えられる。そのため、非毒性および低沸点を考慮して、5~7個の炭素原子を有するフルオロケトンが好ましい。

【0147】

図9は、電子エネルギー(例えば、eVで測定)の関数としての、キャリアガス、特に誘電性絶縁ガス成分b)の電子散乱ならびにフルオロケトン、特にフルオロケトンa)および／またはフルオロケトンc)のイオン化についての断面積(例えば、 m^2 で測定)の概略図を示している。

【0148】

理論に拘束されるものではないが、本発明による非線形的に増加した誘電強度の考えられる機構は、誘電性ガス成分b)(キャリアガスであるもしくはこれを含む)が誘電絶縁破壊に由来する電子を減速させるのに役立ち、フルオロケトンa)およびおそらくフルオロケトンc)がこのような減速した電子を捕捉するのに役立ち、従って、フルオロケトンa)、およびおそらくフルオロケトンc)、およびキャリアガスb)を含むガス混合物の過剰に高い誘電強度が確立されるというものであり得る。従って、本発明による誘電性絶縁ガス成分b)は、特に、電子を減速させることができるガスを包含すべきである。このような機構は、好ましくは、キャリアガスが、フルオロケトン、特にフルオロケトンa)および／またはc)のイオン化閾値未満のエネルギーで高い非弾性電子散乱断面積を有する場合に起こり得る。このような状況を図9に代表的に示しており、ここではキャリアガスの電子散乱断面積のピークはエネルギー的にイオン化閾値未満にあり、この閾値はフルオロケトンのイオン化断面積特性の実質的な上昇の低いエネルギー端を示している。

【0149】

明確さのために、キャリアガスまたはバルクガスは、誘電性絶縁ガス成分b)に等しくてもよく、または誘電性絶縁ガス成分b)の誘電性絶縁ガス成分要素の1つb2)であってもよい。

【0150】

態様では、装置2は、フルオロケトン、特に少なくとも1種のフルオロケトンa)および任意のさらなるフルオロケトンc)が、フルオロケトンの凝縮温度が+5℃未満、好ましくは-5℃未満、より好ましくは-20℃未満、さらにより好ましくは-30℃未満、最も好ましくは-40℃未満となるような量で存在する誘電性絶縁媒体を有する。

【0151】

さらなる態様では、装置 2 は、ガス状成分の混合物の凝縮温度が $+5^{\circ}\text{C}$ 未満、好ましくは -5°C 未満、より好ましくは -20°C 未満、さらにより好ましくは -30°C 未満、最も好ましくは -40°C 未満となるようなモル体積または体積濃度または数密度またはモル分率 m_a または分圧 p_a のガス状成分を含む誘電性絶縁媒体を有する。

【0152】

明確さのために、沸点または沸点温度は、温度の関数としての絶縁媒体の成分の蒸気圧曲線に関し、特に、大気圧、すなわち、約 1 バールでの沸点（温度）に関する。これは、成分それ自体の特性であり、特に大気周囲圧力条件下でのその気化および液化挙動を説明するものである。

【0153】

対照的に、凝縮温度は、誘電性絶縁媒体を受け入れるための体積を提供する特定の装置、特定の誘電性絶縁媒体によるその充填、特に所与の温度、例えば、動作温度もしくは最小定格動作温度での誘電性絶縁媒体の成分（複数可）の種類および量に関し、誘電性絶縁媒体の対応する全圧およびその成分の分圧に関する。このような特定の装置環境は、表面粗さ、電界不均一性および誘電耐能力もしくは誘電強度に関連する他の因子を含んでいてもよい。特定の選択した誘電性絶縁媒体で充填したこのような特定の装置では、凝縮温度は、誘電性絶縁媒体のガス状部分または相、特に誘電性絶縁媒体の気相中の成分の群が装置の内側表面に座り込み、その上に液体の「海」を形成する液滴に凝縮し始める温度を定義する。このような凝縮は、純粋な形態の誘電性絶縁媒体の成分の沸点が例えば数 10 K または約 50 K さえ異なり得るような場合でさえ、誘電性絶縁媒体の成分の、凝縮温度と簡潔に呼ばれる共通の凝縮温度で起こり得る。異なる沸点および共通の凝縮温度の結果として、気相および液相の成分のモル分率は凝縮が始まる際に異なってもよい。

【0154】

そのため、「凝縮温度」という用語は、誘電性絶縁媒体による特定の充填を有し、特定の動作条件下での特定の装置を説明する複合的パラメータである。

【0155】

換言すれば、凝縮温度は、検討中の誘電性絶縁ガス成分（複数可）の性質および数密度もしくはモル体積 (m^3/mol) もしくは体積濃度によってのみ決定される。数密度またはモル体積またはモル分率は、所与の温度で装置中に存在する分圧（例えば、 p_a ）に対応する。従って、「誘電性ガス成分（複数可）の種類」および「数密度もしくはモル体積もしくは分圧」というパラメータは、ガスまたはガス成分の群が凝縮する温度が何度かを決定する。

【0156】

態様では、誘電性絶縁媒体の選択、特にその種類および成分の量の選択により、ならびに圧力、すなわち、成分の分圧および全圧の選択により、おそらくキャリアガスまたはバルクガスの追加の充填により、ならびに動作条件、例えば温度の選択により、凝縮を回避することを意図している。凝縮の回避は、凝縮温度が装置の最小動作温度または最小定格動作温度 $T_{\min}$ 未満、例えば、上記のように $+5^{\circ}\text{C}$ 、または -5°C 、または -20°C 、または -30°C 、または -40°C 未満であるべきであるという事実により表されている。

【0157】

図 10 は、本発明による代表的な誘電性絶縁媒体により達成される非線形的または相乗作用因子 s を示している。相乗作用因子 s を、第 1 の混合物 C5-フルオロケトンと空気（菱形）、第 2 の混合物 C6-フルオロケトンと空気（正方形）、および第 3 の混合物 C5-フルオロケトンと C6-フルオロケトンと空気（三角形）について、全圧 p_{abs} の関数として示しており、フルオロケトンの分圧 p_a は一定に保たれている。

【0158】

C5-フルオロケトンを含む混合物（第 1 および第 3 の混合物）について、相乗作用因子 s は、最大約 2 バールの全圧まで全圧の増加と共に増加し、その後、少なくとも最大 3 バールの全圧まで約 $s = 1.23$ である程度一定のままである。

【0159】

対照的に、第2の混合物は、広範囲の全圧にわたって約1.3の比較的高い相乗作用因子を有する。一般に、相乗作用因子 s は、フルオロケトン（複数可）の誘電性ガス成分 b ）、ここでは空気のモル分率 m_a または分圧 p_a に対する比の減少と共に増加する。

【0160】

おそらく誘電強度のいかなる非線形的増加も生み出さず、そのため、1の相乗作用因子を有するガス成分 b ）が存在することに留意されたい。

【0161】

図11aは、測定した純粋な二酸化炭素ガス CO_2 について（点）、線形的に計算した二酸化炭素ガス CO_2 とフルオロケトンとの混合物について（正方形）（すなわち、相乗作用因子=1と仮定）、および測定した $CO_2 + FK$ のこのような混合物について（菱形）の絶対圧力 p （バール）の関数としての絶縁破壊電圧 U_{50} （kV）を示している。絶縁破壊電圧 U_{50} は、正極性の、例えば1.2 μs 上昇および50 μs 降下の典型的な雷インパルスを、均一な電極配置を有する主要な試験デバイス中で印加する場合の50%の絶縁破壊確率として定義される。実験では、フルオロケトン FK の分圧を一定に保ち、代表的に0.1バールのC6-フルオロケトンおよび0.36バールのC5-フルオロケトンとなるよう選択した。その後、 CO_2 含量を x 軸上に示す全圧 p まで充填した。直線補外線を引いて、より低い絶対圧力 p についての傾向線を示した。

【0162】

二酸化炭素との混合物のC5-フルオロケトンおよびC6-フルオロケトンを含む誘電性絶縁媒体により達成される非線形的効果が図11aではっきりと見える。7バールでは、測定した絶縁破壊電界強度または絶縁破壊電圧 U_{50} それぞれを約 $s = 1.2$ の線形的に計算した値で割ることにより得られる相乗作用因子が達成される。

【0163】

図11bはまた、C6-フルオロケトンと二酸化炭素 CO_2 の誘電性絶縁ガス混合物についての本発明により達成される相乗的または非線形的効果の存在を示している。図11bは、異なる測定装置において雷インパルスで測定した絶縁破壊電圧 U_{50} （kV）をC6-フルオロケトンの分圧 p_{C6} の関数として示しており、全圧 p_{abs} は1バールで一定に保たれている。ここでも、単一成分C6および CO_2 の誘電強度の線形的に計算した和（正方形）を超える混合物の測定した誘電強度の強力な非線形的増加（菱形）が証明されている。約 $s = 1.35$ の強力な相乗作用因子は、広範囲のC6-フルオロケトンの分圧 p_a または同等にモル比 m_a にわたって見られる。

【0164】

図12は、C5-フルオロケトンと空気とのガス混合物の誘電強度の非線形的増加をさらに説明している。ここでは、所与の測定装置における絶縁破壊電圧 U_{50} に対応する絶縁破壊電界強度 E_{bd} を、C5-フルオロケトンの分圧 p_{C5} の空気の分圧 $p_{空気}$ に対する複数の比 $r_1 \sim r_5$ 、すなわち、 $r_i = (p_{C5} / p_{空気})_i$ （ i = 測定の数）についての凝縮温度 T_{cond} の関数として決定する。これら2種のガス成分は、所与の幾何学についてほぼ分圧比 r の関数である相乗作用因子 $s = E_{bd}$ （測定）/ E_{bd} （線形的計算）による相乗作用効果を示す。これらの測定は、360 mbarのC5-フルオロケトンの充填で始め、これに各新たな測定について連続的に空気を補完することにより行った。これにより、相乗作用因子を測定した異なる $p_{C5} / p_{空気}$ 比について示す測定値が得られた。温度 T の関数としての E_{bd} を、異なる測定 $i = 1, \dots, 5$ により与えられる固定比 $r_i = (p_{C5} / p_{空気})_i$ について、式 $E_{bd} = [p_{C5} * E_{crit,C5} + p_{空気} * E_{crit,空気}] * s (p_{C5} / p_{空気})$ を用いることにより異なる凝縮温度について計算した。本明細書においては、 p_{C5} = 温度 T でのC5-フルオロケトンの蒸気圧、 $p_{空気}$ = 空気の分圧、および $s = s(r_i) = s((p_{C5} / p_{空気})_i)$ = 混合比 $r_i = (p_{C5} / p_{空気})_i$ についての相乗作用因子 s 。

【0165】

E_{bd} （線形的計算）または $E_{bd,lin,calc}$ は、以下の式により表すことができる：

10

20

30

40

50

$$E_{bd,lin,calc.} = p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b}$$

(式中、

p_a はフルオロケトンa)の分圧であり、

p_b は誘電性絶縁ガス成分b)の分圧であり、

$E_{crit,a}$ はフルオロケトンa)の減圧絶縁破壊電界強度であり、

$E_{crit,b}$ は誘電性絶縁ガス成分b)の減圧絶縁破壊電界強度である)。

【0166】

具体的な例として、C5-フルオロケトンの $E_{crit,a}$ は180kV/(cm*バール)であり、空気の $E_{crit,b}$ は30kV/(cm*バール)である。

【0167】

所与のガス混合物の凝縮温度は、高沸点成分、ここではC5-フルオロケトンの蒸気圧に依存する。従って、-5℃の電気装置の最小動作温度については、高沸点成分の分圧は、-5℃のその蒸気圧以下になければならない。

【0168】

換言すれば、y軸上の凝縮温度 T_{cond} は、フルオロケトン、ここではC5-フルオロケトンの分圧 p_a またはモル分率 m_a に対応し、この対応は、フルオロケトン、ここではC5-フルオロケトンの蒸気圧曲線を介して確立される。このような凝縮温度 T_{cond} はまた、液化を回避すべきである場合、上で論じたように、電気装置の最小動作温度に対応してもよい。一般に、本出願の全体にわたって、表示 p_a =フルオロケトン、例えば、フルオロケトンa)および/またはフルオロケトンc)の分圧と m_a =フルオロケトン、例えば、フルオロケトンa)および/またはフルオロケトンc)のモル分率、ならびに p_b =誘電性ガス成分b)(ここでは空気)の分圧と)、 m_b =誘電性ガス成分b)(ここでは空気)のモル分率も適用可能であることに留意されたい。

【0169】

図12において、小さい菱形は混合物の誘電強度の測定値を示し、線はC5-フルオロケトンの蒸気圧曲線を用いて計算した傾向線を示している。下の実線は、 $r_1 = (p_{C5}/p_{空気})_1 = 0.8$ についてのいかなる非線形的増加も示さず、そのため相乗作用因子 $s = 1$ を有する混合物を示している。比 $r = p_{C5}/p_{空気}$ を減少させると、例えば、ここではC5-フルオロケトンの量を一定に保ちながら空気の量を増加させると、相乗作用因子は、比 $0.04 < r < 0.8$ の範囲にわたって $s = 1$ より大きくなり始め、比 $0.1 < r < 0.3$ の範囲で最大の約 $s = 1.23$ に到達し、その後再び下がる。具体的に、1を超える相乗作用因子は、図12に示す例において、 $0.04:1$ 、 $0.14:1$ 、 $0.22:1$ および $0.56:1$ の分圧比 p_a 対 p_b について得られる。特に、比 r は、 $0.01 < r < 0.8$ 、好ましくは $0.02 < r < 0.7$ 、より好ましくは $0.04 < r < 0.6$ の範囲で選択することができる。

【0170】

要約すると、高または超低割合のC5-フルオロケトンは、低い相乗作用因子(1に近い)をもたらす。中間のまたは高より低い割合のC5-フルオロケトンは、1より有意に高い相乗作用因子 s をもたらす。結果として、1を超える相乗作用因子 s として表される相乗作用の存在により、相乗作用が存在しない場合よりも高い絶縁破壊電界強度 E_{bd} および/または低い温度に至るまで電気装置の動作が可能になる。同様に、1を超える相乗作用因子が存在する場合、フルオロケトンおよび/または誘電性ガス成分b)の量を減少させてもよい。

【0171】

本願の全体にわたって、以下の点が適用されるべきである：

フルオロケトンとは異なる上記ガス成分b)もしくはガス成分要素b1)、b2)、...、bn)に含まれていてもまたはこれであってもよい、キャリアガスまたはバルクガスまたはバッファガスという用語は、誘電強度に寄与するが、典型的には誘電的により活性またはより強力なフルオロケトン(複数可)よりも弱い誘電強度を有する誘電性絶縁媒体のガス状部分を示すべきである。このようなキャリアガス、例えば、空気、窒素または二

10

20

30

40

50

酸化炭素は、典型的にはフルオロケトン（複数可）の凝縮温度 T_{cond} よりもずっと低い凝縮温度を有する。

【0172】

誘電性絶縁媒体の構成要素または成分、例えば種々の種類のフルオロケトンおよびキャリアガスは、任意の組合せで可能であることまたは存在することがこれにより明示的に開示され、対での組合せ、3つ組での組合せ、4つ組での組合せなどであってもよい。そのため、全てのこのような組合せの任意のリストアップがこれにより本開示の一部にされる。

【0173】

「好ましい」、「好まれる」、「より好ましい」、「特に」という用語は、「代表的な」を意味するに過ぎず、そのため、態様または例のみを示すべきである、すなわち、任意のものとして理解すべきである。

【0174】

参照符号のリスト

2…開閉装置、4…ハウジング、4'…ハウジングの壁、6…絶縁空間、8…電気活性部品、10a…温度制御ユニット、10b…流体処理ユニット、14…エアロゾル、16…ノズル、18…開口部、20…チャンネル、22…断路器、24、ガスセンサ、ガス圧力センサ、ガス密度センサ。

【図1】

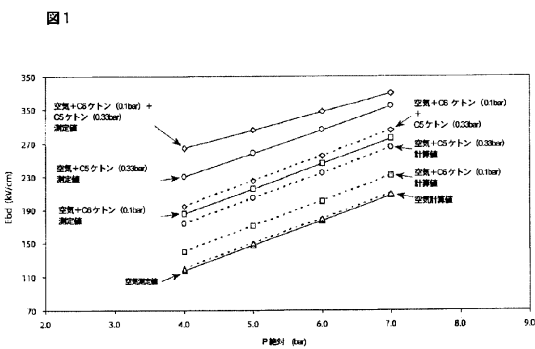


Fig. 1

【図2】

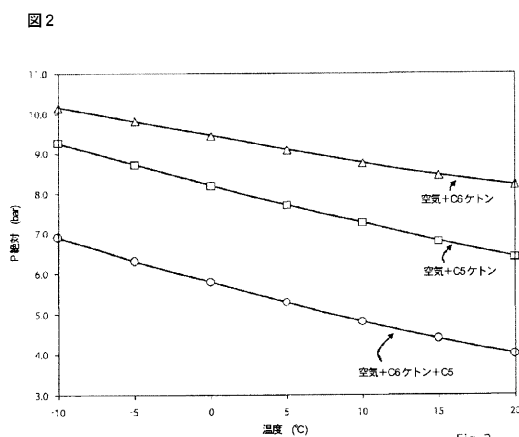


Fig. 2

【図3】

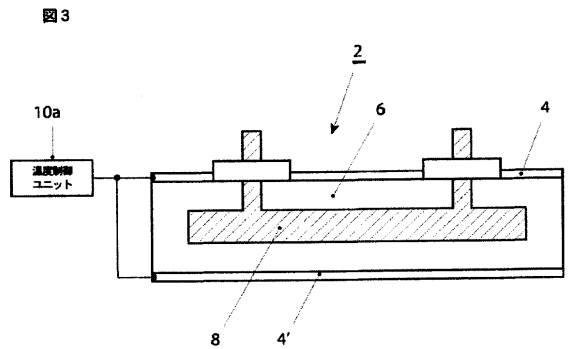


Fig. 3

【図4】

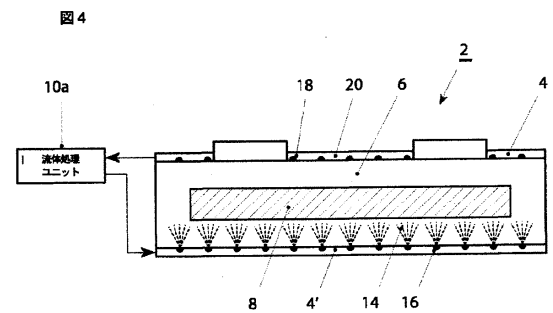


Fig. 4

【図 5】

図 5

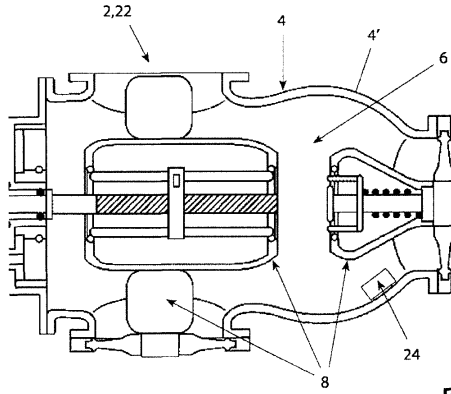


Fig. 5

【図 6】

図 6

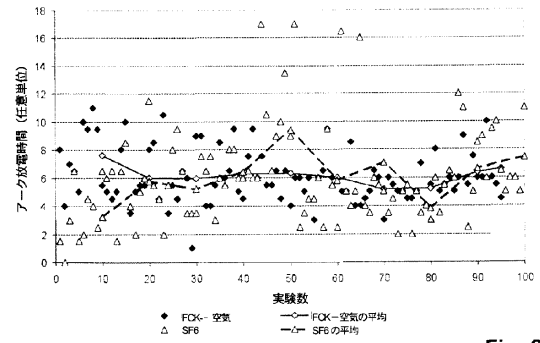


Fig. 6

【図 7】

図 7 a

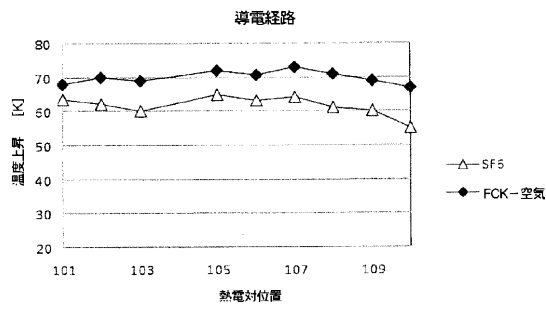


Fig. 7a

図 7 b

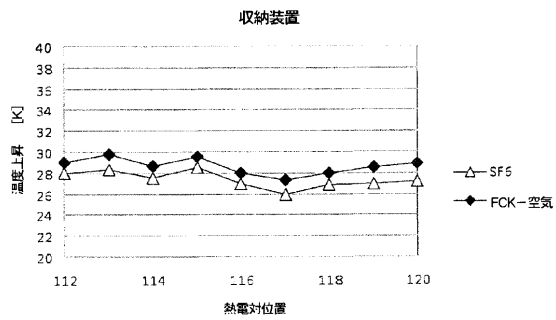


Fig. 7b

【図 8】

図 8

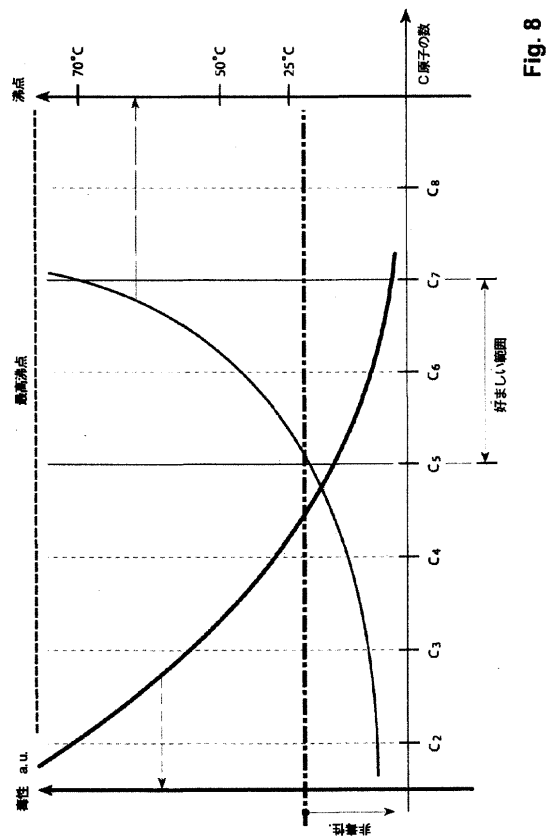


Fig. 8

【図 9】

図 9

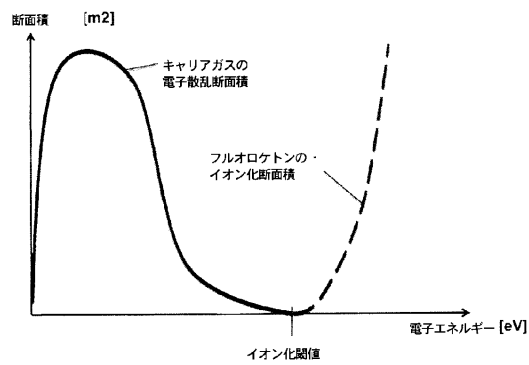


Fig. 9

【図 10】

図 10

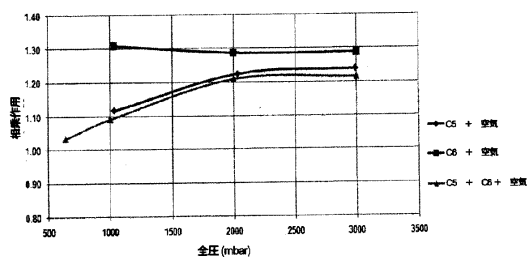


Fig. 10

【図 11】

図 11 a

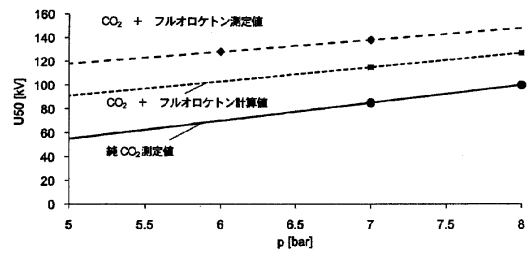


Fig. 11a

図 11 b

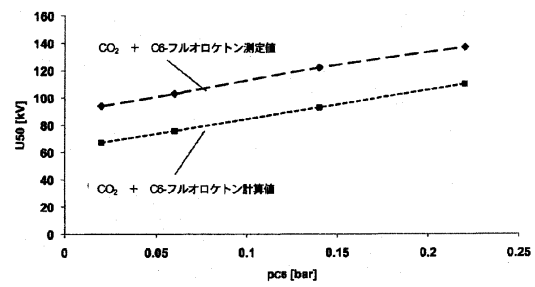


Fig. 11b

【図 12】

図 12

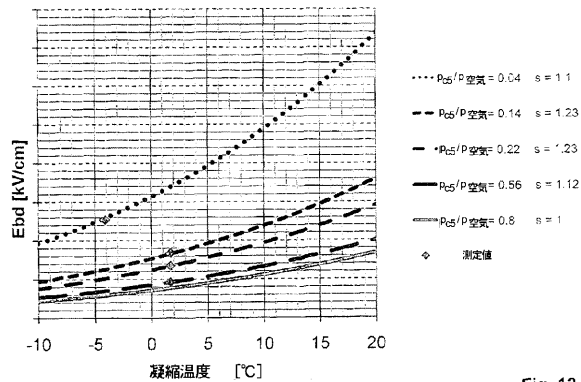


Fig. 12

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 11184433.8

(32)優先日 平成23年10月7日(2011.10.7)

(33)優先権主張国 欧州特許庁(EP)

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100140176

弁理士 砂川 克

(72)発明者 マンティラ、ジャビエル

スイス国、5400 バーデン、ダイナモシュトラーク 15

(72)発明者 クレッセンス、マックスステファン

スイス国、5417 ウンターシッゲンタール、バインベルクシュトラーク 29

(72)発明者 ガリボルディ、ニコラ

スイス国、5415 ヌススバウメン、キルヒベーク 44シー

(72)発明者 グロブ、ステファン

スイス国、5400 バーデン、マエルホフシュトラーク 8

(72)発明者 スカルビー、パー

スイス国、5436 ビューレンロス、バッハシュトラーク 46

(72)発明者 パウル、トーマス・アルフレド

スイス国、8820 ベーデンスビル、アインシドラーシュトラーク 3

(72)発明者 マハディザデフ、ナビド

スイス国、5400 バーデン、ザンクト・クリストファーシュトラーク 8

審査官 大畑 通隆

(56)参考文献 国際公開第2011/090992 (WO, A1)

特表2010-512639 (JP, A)

米国特許出願公開第2008/0135817 (US, A1)

特表2012-529732 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01B 3/00- 3/56

C07C 49/00-49/92

CA/REGISTRY (STN)