



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103415895 B

(45)授权公告日 2016.08.03

(21)申请号 201180067507.3

T.A.保罗 N.马迪扎德

(22)申请日 2011.12.13

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(30)优先权数据

代理人 徐晶 杨思捷

PCT/EP2010/069623 2010.12.14 EP

10196645.5 2010.12.22 EP

11184433.8 2011.10.07 EP

(51)Int.Cl.

H01B 3/56(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2013.08.14

(56)对比文件

CN 101601103 A,2009.12.09,

CN 1505694 A,2004.06.16,

CN 1661872 A,2005.08.31,

CN 101197221 A,2008.06.11,

JP 2010021263 A,2010.01.28,

WO 0105468 A2,2001.01.25,

WO 02103319 A1,2002.12.27,

US 4175048 A,1979.11.20,

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/072606 2011.12.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02012/080246 EN 2012.06.21

(73)专利权人 ABB 技术有限公司

地址 瑞士苏黎世

审查员 江成龙

(72)发明人 J.曼蒂拉 M-S.克拉伊森斯

N.加里博蒂 S.格罗布 P.斯卡拜

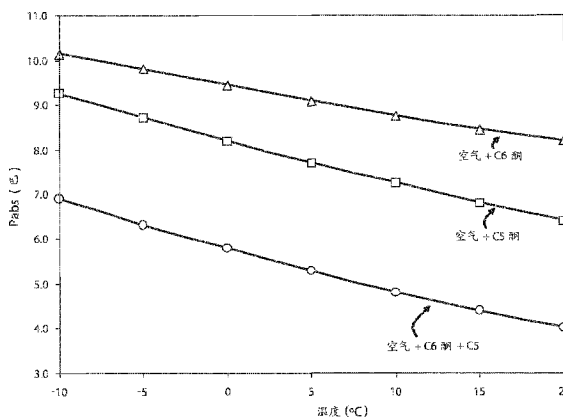
权利要求书13页 说明书23页 附图11页

(54)发明名称

介电绝缘介质

(57)摘要

本发明涉及介电绝缘介质,其包含:a)含有5个碳原子的含氟酮a),其与以下物质混合:b)不同于所述含氟酮a)的介电绝缘气体组分b),特别是空气或空气组分,所述介电绝缘介质、特别是所述介电绝缘气体具有大于所述介电绝缘介质的气体组分的介电强度总和的非线性增加的介电强度。



1. 介电绝缘介质,其包含介电绝缘气体,所述绝缘气体包含:

- a) 正好含有5个碳原子的含氟酮a),其与以下物质混合:
- b) 与所述含氟酮a)不同的介电绝缘气体组分b),

其中所述介电气体组分b)为载气,所述载气以比所述含氟酮a)大的量存在且与所述含氟酮a)一起提供超过所述绝缘介质的气体组分的介电强度总和的所述绝缘介质的非线性增加的介电强度。

2. 权利要求1的介电绝缘介质,所述气体组分的混合物具有高于所述混合物的各单独的气体组分的介电强度的线性相加结果的介电强度。

3. 权利要求1的介电绝缘介质,其具有大于所述介电绝缘介质的气体组分的介电强度总和的非线性增加的介电强度。

4. 权利要求1的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)为载气,所述载气本身具有比所述含氟酮a)低的介电强度。

5. 权利要求1的介电绝缘介质,其中选择所述气体组分b)的类型和量及所述含氟酮a)的量以使得实现所述绝缘介质的非线性增加的介电强度超过所述介电绝缘介质的气体组分的介电强度的总和。

6. 权利要求1的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质的击穿场强 E_{bd} 由以下方程限定:

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

其中:

p_a 为所述含氟酮a)的分压,

p_b 为所述介电绝缘气体组分b)的分压,

$E_{crit,a}$ 为所述含氟酮a)的压力降低的电击穿场强,

$E_{crit,b}$ 为所述介电绝缘气体组分b)的压力降低的电击穿场强,

s 为协同因子 $E_{bd,measured}/E_{bd,lin.calc.}$,其中 $E_{bd,measured}$ 为所述介电绝缘介质的测量的击穿场强,且 $E_{bd,lin.calc.}$ 为所述含氟酮a)和所述介电气体组分b)的电击穿场强的线性计算总和,其中选择所述混合物,使得所述协同因子 s 大于1。

7. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为其气体组分的混合物。

8. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质的击穿场强 E_{bd} 、所述含氟酮a)的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$ 和所述介电绝缘气体组分b)的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,b}$ 在第一类似的测量设备中测定。

9. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质的击穿场强 E_{bd} 、所述含氟酮a)的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$ 和所述介电绝缘气体组分b)的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,b}$ 在第一相同的测量设备中测定。

10. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质的击穿场强 E_{bd} 、所述含氟酮a)的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$ 和所述介电绝缘气体组分b)的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,b}$ 在待使用所述介电绝缘介质的电气设备中测定。

11. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质的测量的击穿场强 $E_{bd,measured}$ 和所述含氟酮a)和所述介电气体组分b)的电击穿场强的线性计算总和 $E_{bd,lin.calc.}$ 在第二类似的测量设备中测定。

12. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质的测量的击穿场强 $E_{bd_{measured}}$ 和所述含氟酮a)和所述介电气体组分b)的电击穿场强的线性计算总和 $E_{bd_{lin. calc.}}$ 在第二相同的测量设备中测定。

13. 权利要求6的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质的测量的击穿场强 $E_{bd_{measured}}$ 和所述含氟酮a)和所述介电气体组分b)的电击穿场强的线性计算总和 $E_{bd_{lin. calc.}}$ 在待使用所述介电绝缘介质的电气设备中测定。

14. 权利要求6的介电绝缘介质,其中选择所述气体组分b)的类型和量及所述含氟酮a)的量,使得所述协同因子s大于101%。

15. 权利要求6的介电绝缘介质,其中选择所述气体组分b)的类型和量及所述含氟酮a)的量,使得所述协同因子s大于105%。

16. 权利要求6的介电绝缘介质,其中选择所述气体组分b)的类型和量及所述含氟酮a)的量,使得所述协同因子s大于110%。

17. 权利要求6的介电绝缘介质,其中选择所述气体组分b)的类型和量及所述含氟酮a)的量,使得所述协同因子s大于115%。

18. 权利要求6的介电绝缘介质,所述协同因子s取决于所述含氟酮a)的分压 p_a 与所述介电绝缘气体组分b)的分压 p_b 的比率r。

19. 介电绝缘介质,所述介电绝缘介质包含:

a) 正好含有5个碳原子的含氟酮a),其与以下物质混合:

b) 与所述含氟酮a)不同的介电绝缘气体组分b),

其中所述介电气体组分b)为载气,所述载气以比所述含氟酮a)大的量存在且与所述含氟酮a)一起提供超过所述绝缘介质的气体组分的介电强度总和的所述绝缘介质的非线性增加的介电强度,

所述介电绝缘气体组分b)为或包含空气或选自氮气、氧气、二氧化碳或惰性气体的空气组分。

20. 权利要求19的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)为或包含氮气。

21. 权利要求19的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)包含氧气。

22. 权利要求19的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)包含或为二氧化碳。

23. 权利要求22的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质为灭弧气体。

24. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质为用于电路断路器的灭弧气体。

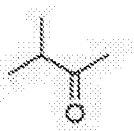
25. 权利要求21的介电绝缘介质,其中所述氧气的摩尔分数为40%或低于40%。

26. 权利要求25的介电绝缘介质,其中所述氧气的摩尔分数为低于30%。

27. 权利要求25的介电绝缘介质,其中所述氧气的摩尔分数为低于20%。

28. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述含氟酮a)为全氟酮,和/或所述含氟酮a)具有支链烷基链,和/或所述含氟酮a)为完全饱和的化合物。

29. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述含氟酮a)为选自由以下结构式限定的化合物中的至少一种化合物,其中至少一个氢原子被氟原子替代:



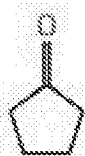
(Ia),



(Ib),



(Ic), 和



(Id)。

30. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述含氟酮a)具有分子式 $C_5F_{10}O$ 。

31. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述含氟酮a)选自1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮、1,1,1,3,3,4,4,5,5,5-十氟戊-2-酮、1,1,1,2,2,4,4,5,5,5-十氟戊-3-酮和1,1,1,4,4,5,5,5-八氟-3-双(三氟甲基)-戊-2-酮。

32. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述含氟酮a)为1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮。

33. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮a)的摩尔分数大于1%。

34. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮a)的摩尔分数大于2%。

35. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮a)的摩尔分数大于3%。

36. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮a)的摩尔分数大于3.5%。

37. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮a)的摩尔分数为5%-40%。

38. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮a)的摩尔分数为6%-10%。

39. 权利要求中1-23任一项的介电绝缘介质,其中在操作条件下所述含氟酮a)在所述绝缘介质中为气相形式。

40. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于小于8巴的过压下的介电绝缘气体。

41. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于小于7.5巴的过压下的介电绝缘气体。

42. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于小于7巴的过压下的介电绝缘气体。

43. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于等于或小于6.5巴的过压下的介电绝缘气体。

44. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于小于2.5巴的过压下的介电绝缘气体。

45. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于小于2.0巴的过压下的介电绝缘气体。

46. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于小于1.5巴的过压下的介电绝缘气体。

47. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘介质为处于等于或小于1.2巴的过压下的介电绝缘气体。

48. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)的常压沸点低于所述含氟酮a)的常压沸点至少50K。

49. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)的常压沸点低于所述含氟酮a)的常压沸点至少70K。

50. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)的常压沸点低于所述含氟酮a)的常压沸点至少100K。

51. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):

A)为惰性和/或无毒和/或不易燃的;和/或

B)具有大于10kV/(cm bar)的介电强度;和/或

C)具有0臭氧消耗潜力。

52. 权利要求51的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘气体组分b)具有大于20kV/(cm bar)的介电强度。

53. 权利要求51的介电绝缘介质,其中所述介电绝缘气体组分b)具有大于30kV/(cm bar)的介电强度。

54. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于1000的全球变暖潜力GWP。

55. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于300的全球变暖潜力GWP。

56. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于100的全球变暖潜力GWP。

57. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于50的全球变暖潜力GWP。

58. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于10的全球变暖潜力GWP。

59. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于5的全球变暖潜力GWP。

60. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于3的全球变暖潜力GWP。

61. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年

小于2的全球变暖潜力GWP。

62. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b):具有经100年小于1.5的全球变暖潜力GWP。

63. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)包含至少两种气体组分成分b1)、b2)、……bn)的混合物。

64. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)包含具有比在所述含氟酮a)中存在的原子少的原子的分子。

65. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘气体组分b)包含三原子分子和/或二原子分子或由三原子分子和/或二原子分子组成。

66. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述含氟酮a)具有电离能阈的能量依赖性电离横截面,所述介电绝缘气体组分b)具有在比能量下具有峰值的能量依赖性电子散射横截面,其中所述介电绝缘气体组分b)的比能量低于所述含氟酮a)的电离能阈。

67. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,其还包含:

c)不同于所述含氟酮a)的另外的含氟酮c)。

68. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)不同于所述介电绝缘气体组分b)。

69. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)正好含有5个碳原子。

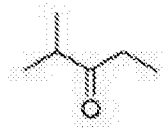
70. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)正好含有6个碳原子。

71. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)正好含有7个碳原子。

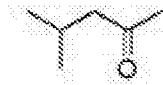
72. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)正好含有8个碳原子。

73. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)正好含有5-7个碳原子。

74. 权利要求67的介电绝缘介质,所述另外的含氟酮c)为选自由以下结构式限定的化合物中的至少一种化合物,其中至少一个氢原子被氟原子替代:



(IIa),



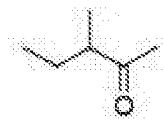
(IIb),



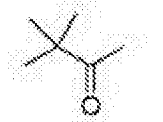
(IIc),



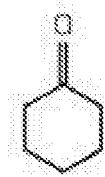
(IIId),



(IIe),



(IIIf), 和

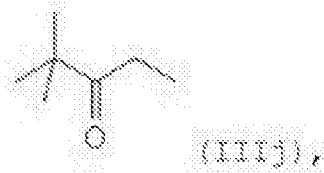
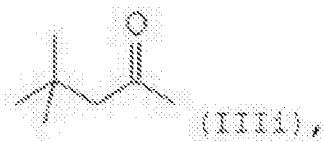
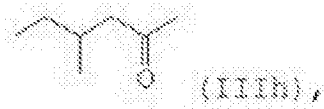
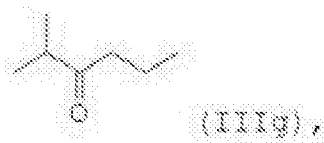
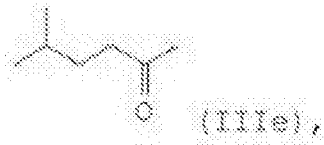
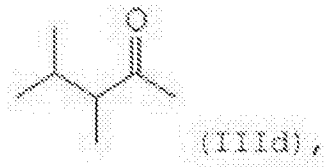


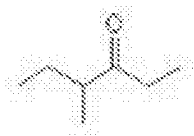
(IIg);

和/或为选自由以下结构式限定的化合物中的至少一种化合物,其中至少一个氢原子被氟原子替代:



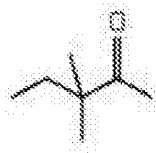
(IIIa),





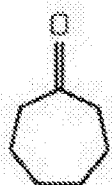
(IIIId),

和



(IIIIm),

命名为十二氟-环庚酮的



(IIIn)。

75. 权利要求67的介电绝缘介质,所述含氟酮c)为全氟酮,和/或所述含氟酮c)具有支链烷基链,和/或所述含氟酮c)为完全饱和的化合物。

76. 权利要求67的介电绝缘介质,所述含氟酮c)为十氟环己酮或具有分子式 $C_6F_{12}O$ 的化合物。

77. 权利要求67的介电绝缘介质,所述含氟酮c)选自1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-2-(三氟甲基)戊-3-酮(还称为十二氟-2-甲基戊-3-酮)、1,1,1,3,3,4,5,5,5-九氟-4-(三氟甲基)戊-2-酮(还称为十二氟-4-甲基戊-2-酮)、1,1,1,3,4,4,5,5,5-九氟-3-(三氟甲基)戊-2-酮(还称为十二氟-3-甲基戊-2-酮)、1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-双-(三氟甲基)丁-2-酮(还称为十二氟-3,3-(二甲基)丁-2-酮)、十二氟己-2-酮和十二氟己-3-酮。

78. 权利要求67的介电绝缘介质,所述含氟酮c)为1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-2-(三氟甲基)戊-3-酮。

79. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数大于0.1%。

80. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数大于0.5%。

81. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数大于1%。

82. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数大于2%。

83. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数为1%-15%。

84. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数为1%-10%。

85. 权利要求67的介电绝缘介质,在所述绝缘介质中所述含氟酮c)的摩尔分数为1%-3%。

86. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,各含氟酮组分的分压至少对应于其在所述介电绝缘介质的最低操作温度下的相应饱和蒸气压。

87. 权利要求21的介电绝缘介质,氧气的摩尔分数与所述至少一种含氟酮a)的摩尔分数的比率为至少2:1。

88. 权利要求21的介电绝缘介质,氧气的摩尔分数与所述至少一种含氟酮a)的摩尔分数的比率为至少2.5:1。

89. 权利要求21的介电绝缘介质,氧气的摩尔分数与所述至少一种含氟酮a)的摩尔分数的比率为至少3:1。

90. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于100的全球变暖潜力GWP。

91. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于50的全球变暖潜力GWP。

92. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于20的全球变暖潜力GWP。

93. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于10的全球变暖潜力GWP。

94. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于5的全球变暖潜力GWP。

95. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于3的全球变暖潜力GWP。

96. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于2的全球变暖潜力GWP。

97. 权利要求1-23中任一项的介电绝缘介质,所述介电绝缘介质具有经100年小于1.5的全球变暖潜力GWP。

98. a) 正好含有5个碳原子的含氟酮a)与b) 与所述含氟酮a)不同的介电绝缘气体组分b)的混合物作为介电绝缘介质用于用以产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备的用途,其中所述介电绝缘气体组分b)为载气,所述载气以比所述含氟酮a)大的量存在且与所述含氟酮a)一起提供超过所述绝缘介质的气体组分的介电强度总和的所述绝缘介质的非线性增加的介电强度,且其中所述介电绝缘介质不含正好含有6个碳原子的含氟酮。

99. 权利要求98的用途,其中所述用以产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备是用于高压或中压气体绝缘的开关设备。

100. 权利要求1-75和79-97中任一项的介电绝缘介质在用于产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备中的用途。

101. 权利要求99的用途,其中所述气体绝缘的开关设备的最低容许操作温度为-5°C。

102. 权利要求98-99中任一项的用途,其中所述混合物还包含:

c)不同于所述含氟酮a)的另外的含氟酮c)。

103. 权利要求98-100中任一项的用途,其中所述设备为在不均匀的电场分配电能。

104. 如在权利要求1-97中任一项限定的介电绝缘介质的用途,所述用途包括:

a)含氟酮a),其与以下各物混合:

b1) 二氧化碳和/或

b2) 空气或氧气

作为灭弧气体用于电路断路器中。

105. 权利要求104的用途,其中:

a) 含氟酮a), 其与以下各物混合:

b1) 二氧化碳和/或

b2) 空气或氧气

作为灭弧气体用于高压电路断路器或中压电路断路器中。

106. 权利要求104的用途, 其中在所述灭弧气体中的空气或氧气用于减少在所述电路断路器的电极上的碳沉积。

107. 权利要求104的用途, 其中在所述灭弧气体中的空气或氧气用于减少毒性燃弧副产物的量。

108. 权利要求104的用途, 其中在所述灭弧气体中的空气或氧气用于减少在开关操作之后存在的毒性燃弧副产物的量。

109. 权利要求104的用途, 所述含氟酮a)正好含有5个碳原子。

110. 权利要求104的用途, 所述含氟酮a)正好含有6个碳原子。

111. 权利要求104的用途, 所述含氟酮a)正好含有7个碳原子。

112. 权利要求104的用途, 所述含氟酮a)正好含有8个碳原子。

113. 权利要求104的用途, 二氧化碳的量与氧气的量的比率为至多20:1。

114. 权利要求104-113中任一项的用途, 二氧化碳的量与氧气的量的比率为至多15:1。

115. 权利要求104-113中任一项的用途, 二氧化碳的量与氧气的量的比率为至多10:1。

116. 权利要求104-113中任一项的用途, 二氧化碳的量与氧气的量的比率为至多5:1。

117. 权利要求104-113中任一项的用途, 其中氧气的摩尔分数与含氟酮a)的摩尔分数的比率为至少2:1。

118. 权利要求104-113中任一项的用途, 其中氧气的摩尔分数与含氟酮a)的摩尔分数的比率为至少2.5:1。

119. 权利要求104-113中任一项的用途, 其中氧气的摩尔分数与含氟酮a)的摩尔分数的比率为至少3:1。

120. 用于产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备(2), 所述设备(2)包括限定绝缘空间(6)的外壳(4)和布置在所述绝缘空间(6)中的电气活性元件(8), 所述绝缘空间(6)包含绝缘介质, 其以权利要求1-97中任一项的限定介电绝缘介质为特征。

121. 权利要求120的设备(2), 所述设备为中压或高压设备。

122. 权利要求120的设备(2), 其特征在于所述设备(2)为开关设备(2)。

123. 权利要求120的设备(2), 其特征在于所述设备(2)为空气绝缘或气体绝缘的金属封装的开关设备(2)或混合的开关设备或中压闭塞开关设备或环网柜或接地箱壳断路器或PASS模块(插头-和-开关模块)。

124. 权利要求120的设备(2), 其特征在于所述设备(2)为汇流条、绝缘套管、电缆、气体绝缘的电缆、电缆接头、电流变压器、电压变压器、避雷器和/或气体绝缘的传输线路。

125. 权利要求120的设备(2), 其特征在于所述设备(2)为开关。

126. 权利要求120的设备(2), 其特征在于所述设备(2)为接地开关、断路器、组合的断路器和接地开关、负载断连开关和/或电路断路器。

127. 权利要求125的设备(2), 其特征在于所述设备为具有用于提供加压的灭弧气体的压力累积室的高压电路断路器,

所述压力累积室包含：

a) 含氟酮a), 其与以下各物混合：

b1) 二氧化碳和/或

b2) 空气或氧气，

且在开关操作中，所述含氟酮在灭弧期期间分解成具有较低数目的碳原子的氟烃化合物。

128. 权利要求120的设备(2)，其特征在于所述设备为变压器。

129. 权利要求120的设备(2)，其特征在于所述设备为配电变压器或电力变压器。

130. 权利要求120的设备(2)，其特征在于所述设备为旋转电机、发电机、发动机、驱动器、半导体器件、大功率电子器件。

131. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于其还包括用于单个或组合地控制所述绝缘介质或其组分中的至少一种各自的组成、温度、绝对压力、分压、气体密度和/或分气体密度的控制单元(10a、10b)。

132. 权利要求131的设备(2)，其特征在于所述控制单元(10a、10b)包括用于控制所述含氟酮a)和任选的含氟酮c)的分压的加热器和/或蒸发器(16)。

133. 权利要求131的设备(2)，其特征在于所述控制单元(10a、10b)包括用于保持所述含氟酮a)和任选的含氟酮c)的分压高于所需要的分压水平的加热器和/或蒸发器(16)。

134. 权利要求131的设备(2)，其特征在于所述控制单元(10a、10b)包括温度控制单元(10a)，所述温度控制单元(10a)包括用于将所述设备(2)的外壳(4)或所述外壳(4)的至少一部分调节到所需温度的加热系统，和/或所述控制单元(10a、10b)包括流体处理单元(10b)，所述流体处理单元(10b)用于定量给料一定浓度的所述含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)且用于将所得绝缘介质注入所述设备(2)中。

135. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于所述设备(2)具有一定储备量的液态含氟酮和/或具有用于限制所需绝缘介质的最大容许操作温度以使得绝对充填压力保持低于所述设备(2)的给定压力极限的装置。

136. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于所述设备(2)具有不均匀的电场分配，和/或具有待用六氟化硫SF₆填充的常规压力设计且作为替代用权利要求1-40中任一项的介电绝缘介质填充。

137. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于，在所述介电绝缘介质中，含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于所述设备(2)的额定操作温度的量存在。

138. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于，在所述介电绝缘介质中，含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于+5℃的量存在。

139. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于，在所述介电绝缘介质中，含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于-5℃的量存在。

140. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于，在所述介电绝缘介质中，含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于-20℃的量存在。

141. 权利要求120-130中任一项的设备(2)，其特征在于，在所述介电绝缘介质中，含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于低于-30℃的量存在。

142. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于, 在所述介电绝缘介质中, 含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于 -40°C 的量存在。

143. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于所述介电绝缘介质包含气态组分, 所述气态组分的量使得所述气态组分的混合物的冷凝温度低于所述设备(2)的额定操作温度。

144. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于所述介电绝缘介质包含气态组分, 所述气态组分的量使得所述气态组分的混合物的冷凝温度低于 $+5^{\circ}\text{C}$ 。

145. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于所述介电绝缘介质包含气态组分, 所述气态组分的量使得所述气态组分的混合物的冷凝温度低于 -5°C 。

146. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于所述介电绝缘介质包含气态组分, 所述气态组分的量使得所述气态组分的混合物的冷凝温度低于 -20°C 。

147. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于所述介电绝缘介质包含气态组分, 所述气态组分的量使得所述气态组分的混合物的冷凝温度低于 -30°C 。

148. 权利要求120-130中任一项的设备(2), 其特征在于所述介电绝缘介质包含气态组分, 所述气态组分的量使得所述气态组分的混合物的冷凝温度低于 -40°C 。

149. 权利要求120-130中任一项的设备(2),

a) 所述设备具有由额定参数表征的额定值, 所述参数包括在将由所述介电绝缘介质填充的空间中需要的电场强度 E_{app} 、最低额定操作温度 T_{min} 、最高额定操作温度 T_{max} 和最大容许气体压力 p_{max} ,

b) 所述设备包含介电绝缘气体, 所述介电绝缘气体包含与介电绝缘气体组分b)混合的含氟酮, 所述介电绝缘气体组分b)与所述含氟酮不同, 其中所述混合物具有由协同因子s表征的非线性增加的介电强度,

c) 所述介电绝缘气体具有由以下参数限定的特征参数: 所述含氟酮的类型、分压 p_a 或相应数量密度和压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$; 和所述介电绝缘气体组分b)的类型、分压 p_b 或相应数量密度和压力降低的电击穿场强 $E_{crit,b}$,

d) 通过所述压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$ 和 $E_{crit,b}$ 的分压加权总和计算所述介电绝缘气体随所述含氟酮的分压 p_a 而变的线性压力降低的击穿场强 $E_{bdlin.calc.}$,

e) 自所述电场强度 E_{app} 和所述线性压力降低的击穿场强 $E_{bdlin.calc.}$ 确定所述介电绝缘气体随所述含氟酮的分压 p_a 而变的绝对压力曲线 $p_{abs}(p_a)$,

f) 在标准温度下所述绝缘气体的绝对填充压力 p_{abs} , 且自此并自所述绝对压力曲线 $p_{abs}(p_a)$ 确定所述含氟酮的第一分压 p_{a1} 或第一相应数量密度, 和

g) 由于所述混合物的协同因子大于1而扩展所述电气设备的额定参数中的至少一种。

150. 权利要求149的设备(2),

a) 确定所述含氟酮的第二分压 p_{a2} 或第二相应数量密度, 使得在所述绝缘气体中所述含氟酮的冷凝温度低于所述最低额定操作温度 T_{min} , 和

b) 如果所述第一分压 p_{a1} 等于或低于所述第二分压 p_{a2} , 则选择在使得 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ 的范围内的所述含氟酮的分压 p_a , 或

c) 如果所述第一分压 p_{a1} 大于所述第二分压 p_{a2} , 则:

i. 选择小于或等于所述第二分压 p_{a2} 的所述含氟酮的分压 p_a 且通过增加所述介电绝缘

气体组分b)的分压 p_b 而增加所述绝对压力 p_{abs} ,和/或

ii. 通过加热增加所述最低操作温度 T_{min} 且由此使所述第二分压 p_{a2} 增加到较高值,且随后选择在使得 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ 的范围内的所述含氟酮的分压 p_a 。

151. 权利要求150的设备(2),其中选择小于或等于所述第二分压 p_{a2} 的所述含氟酮的分压 p_a 且通过增加所述介电绝缘气体组分b)的分压 p_b 而增加所述绝对压力 p_{abs} 到等于 $p_{abs}(p_{a2})$ 的绝对压力 p_{abs} 。

152. 权利要求150的设备(2),其中通过加热增加所述最低操作温度 T_{min} 且由此使所述第二分压 p_{a2} 增加到等于或高于所述第一分压 p_{a1} 的值。

153. 权利要求149-152中任一项的设备(2),

a) 对于在所述电气设备(2)中存在的所述含氟酮的分压 p_a 与所述介电气体组分b)的分压 p_b 的比率确定协同因子 s 的值,且

b) 通过以下措施中的至少一个进行额定值扩展:增加所述最大电场强度 E_{app} ,降低所述最低额定操作温度 T_{min} ,降低所述绝对填充压力 p_{abs} ,降低在所述电气设备(2)中存在的所述含氟酮的分压 p_a 或摩尔分数 m_a ,增加安全性容限及其组合。

介电绝缘介质

技术领域

[0001] 本发明涉及介电绝缘介质,特定混合物作为介电绝缘介质的用途以及所述介电绝缘介质的用途,产生和/或传输和/或分配和/或使用电能的设备,和确定电气设备的尺寸的方法。

背景技术

[0002] 液态或气态的介电绝缘介质常规用于诸如开关设备或变压器的各种电气设备中的电气活性元件的绝缘。

[0003] 在中压或高压金属封装的开关设备中,例如,电气活性元件布置在限定绝缘空间的气密外壳中,所述绝缘空间包含通常具有高达数巴压力且将外壳与电气活性元件间隔开由此防止电流在外壳与活性元件之间流动的绝缘气体。与安装在室外且由周围空气绝缘的开关设备相比,金属封装的开关设备的构造节省空间得多。为了中断在高压开关设备中的电流,绝缘气体还充当消弧气体。

[0004] 具有高绝缘和开关性能的常规绝缘气体在释放到大气中时具有一些环境影响。至今,这些绝缘气体的高全球变暖潜力(GWP)已经通过对气体绝缘设备的严格气体泄漏控制和非常仔细的气体处理来克服。

[0005] 诸如干燥空气或CO₂的常规环境友好的绝缘气体具有相当低的绝缘性能,因此需要非常不利地增加气体压力和/或绝缘距离。

[0006] 出于以上提到的原因,过去已经尝试用合适的代替物替代这些常规的绝缘气体。

[0007] 例如,WO 2008/073790公开了一种介电气态化合物,除了其他特性之外,其还具有在-20°C至-273°C范围内的低沸点,优选不消耗臭氧且在100年的时标(time scale)下具有小于约22,200的GWP。具体地讲,WO 2008/073790公开了不属于一般化学定义内的许多不同化合物。

[0008] 另外,US-A-4175048涉及包含选自全氟环己烯和六氟偶氮甲烷的化合物的气态绝缘体,且EP-A-0670294公开了全氟丙烷作为介电气体的用途。

[0009] EP-A-1933432涉及三氟碘甲烷(CF₃I)及其在气体绝缘的开关设备中用作绝缘气体的用途。在这方面,该文献提到了介电强度和中断性能两者均为绝缘气体的重要需求。根据EP-A-1933432,CF₃I的GWP为5且因此认为其导致相对较低的环境影响。然而,由于CF₃I的相对较高的沸点(-22°C),教导了CF₃I将与CO₂混合。所提议的气体混合物仅具有纯常规绝缘介质的特定绝缘性能的约80%。其必须通过增加气体压力和/或增大绝缘距离来补偿。

[0010] 在对于合适代替物的研究中,业已发现,通过使用具有4-12个碳原子的含氟酮,可以得到具有高绝缘能力、特别是高介电强度且同时具有极低全球变暖潜力的绝缘介质。该发明先前已作为国际专利申请案PCT/EP2009/057294号提交。

[0011] 德国实用新型DE 20 2009 009 305 U1和德国专利DE 10 2009 025 204 B3也涉及具有填充有包含含氟酮的填充介质的封装的开关装置。

[0012] 尽管根据国际专利申请案PCT/EP2009/057294号的含氟酮具有良好的介电强度,

但包含该含氟酮的相应绝缘介质的绝缘性能常由于含氟酮的相对较高的沸点而受限。

[0013] 对于在低温环境中应用,特别是这种情况。在这种情况下,在不使含氟酮液化的情况下仅可以保持含氟酮的相对较低的饱和蒸气压力。这限制了在气相中可以实现的含氟酮摩尔比,且将使得需要用常规绝缘气体增加填充压力。

[0014] 例如,高压或中压气体绝缘开关设备(HV-GIS或MV-GIS)的最低容许操作温度通常可为 -5°C 。在该温度下,为了得到可与常规高效绝缘介质匹敌的介电性能,例如包含具有6个碳原子的含氟酮如 $\text{C}_2\text{F}_5\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ 或十二氟-2-甲基戊-3-酮的绝缘介质所需要的填充压力可能仍然相对较高且可能超过常用外壳构造所能承受的填充压力,对于HV GIS应用,所述填充压力通常为约7巴。

[0015] 替代增加填充压力或者除了增加填充压力以外,可将体系加热(如在申请人的PCT/EP2009/057294中所示)。如果使用例如具有6个碳原子的纯含氟酮如 $\text{C}_2\text{F}_5\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ 或十二氟-2-甲基戊-3-酮作为绝缘介质,将需要加热到大于 50°C 以达到所述含氟酮的足够的饱和蒸气压力且对于要求更高的高压应用获得所需的绝缘性能。出于经济和生态及可靠性的原因,这种加热并不总是可行或受到推荐。

发明内容

[0016] 本发明要实现的目标因此是提供绝缘介质,其在相对较低的操作温度下且在中等填充压力下具有非常低的GWP,同时还具有高绝缘能力,因此允许实现可与具有较高GWP的高效绝缘介质之一相匹敌的绝缘性能。

[0017] 该目标通过本发明的绝缘介质、用途、设备和确定所述设备的尺寸的方法来实现。

具体实施方式

[0018] 根据本发明的一个方面,本发明因此涉及介电绝缘介质,其包含:

[0019] a) 正好含有5个碳原子的含氟酮,在此简称为“含氟酮a)”,其与以下物质混合:

[0020] b) 介电绝缘气体组分,在此简称为“介电绝缘气体组分b)”,其与所述含氟酮a)不同。

[0021] 在本发明的上下文中,术语“不同”应该广泛理解为涵盖其他介电绝缘气体组分b),其并不源自术语含氟酮、特别是正好具有5个碳原子的含氟酮的定义内的化合物群组。换句话说,其他介电绝缘气体组分b)将包括不是正好具有5个碳原子的含氟酮的任何气体或气体组分。再换句话说,所述介电绝缘介质包含小于100%的含氟酮a)。为了清楚起见,术语“介电绝缘气体组分b)”应理解为其可包括单一气体组分或可包括至少两种气体组分b1)、b2)、...bn)的混合物。

[0022] 具体地讲,介电绝缘气体组分b)具有低沸点,更具体地讲所述介电绝缘气体组分b)的常压沸点低于含氟酮a)的常压沸点至少50K、优选至少70K、特别至少100K。在本发明的上下文中使用的术语“沸点”或“常压沸点”应理解为在常压、即约1巴下的沸点。

[0023] 通常,介电绝缘气体组分b)为惰性和/或无毒和/或不易燃的。优选其具有大于 $10\text{kV}/(\text{cm bar})$ 、优选大于 $20\text{kV}/(\text{cm bar})$ 、特别是大于 $30\text{kV}/(\text{cm bar})$ 的介电强度。在例示性实施方案中,介电绝缘气体组分b)为本身具有比含氟酮a)低的介电强度的载气。其臭氧消耗潜力优选为0。

[0024] 本发明基于以下出乎预料的发现, 如果将正好含有5个碳原子的含氟酮用作第一介电绝缘气体组分与另一介电绝缘气体组分如空气或二氧化碳混合, 则所述混合物的所得介电绝缘性能或介电强度比将所述混合物的各单独气体组分的介电强度线性相加所预期的介电绝缘性能或介电强度高得多。因此, 首次提供了含有含氟酮a) 和不同或另外的气体组分b) 的绝缘气体混合物的介电强度的强有力地超比例或非线性增加。根据本发明的混合物的介电强度的这种非线性增加至今尚无人知晓。

[0025] 通过本发明的介电绝缘介质实现的非线性效应的发现最出乎预料; 例如, 当比较本发明的混合物的介电强度与在图1中公开的混合物的介电强度时, 这是显而易见的。

[0026] 根据一个优选的实施方案, 所述介电绝缘介质、特别是介电绝缘气体因此具有非线性增加的介电强度, 所述介电强度大于所述介电绝缘介质的气体组分的介电强度的总和。由此特别优选介电绝缘气体组分b) 为存在量比含氟酮a) 大的载气。

[0027] 换句话说, 优选选择气体组分b) 的类型和量及含氟酮a) 的量以使得实现绝缘介质的非线性增加的介电强度超过所述介电绝缘介质的气体组分的介电强度的总和。

[0028] 在根据本发明的介电绝缘介质的一个例示性实施方案中, 击穿场强 E_{bd} 在系统中建立, 所述 E_{bd} 由以下方程式限定:

$$[0029] \quad E_{bd} = s \cdot (p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b})$$

[0030] 其中:

[0031] p_a 为含氟酮a) 的分压,

[0032] p_b 为介电绝缘气体组分b) 的分压,

[0033] $E_{crit,a}$ 为含氟酮a) 的压力降低的电击穿场强,

[0034] $E_{crit,b}$ 为介电绝缘气体组分b) 的压力降低的电击穿场强, 且

[0035] s 为协同因子 $E_{bd,measured}/E_{bd,lin.calc.}$, 其中 $E_{bd,measured}$ 为介电绝缘介质、特别是其气体组分的混合物的测量或实际击穿场强, 且 $E_{bd,lin.calc.}$ 为含氟酮a) 和介电气体组分b) 的电击穿场强的线性计算总和,

[0036] 其中选择该混合物以使得所述协同因子 s 大于1。

[0037] 换句话说, 所述混合物将含有至少一种特定的介电气体组分b), 特别是载气, 其连同含氟酮a) 一起提供超过在所述混合物中存在的气体组分的介电强度的算术总和的非线性增加的介电强度, 这使得在上述方程式中的协同因子 s 大于1。

[0038] 在一个例示性实施方案中, 正好含有5个碳原子的含氟酮a) 与作为介电绝缘气体组分b) 的空气以在0.04:1至0.6:1范围内的 p_a 与 p_b 比混合实现显著的非线性增加。

[0039] 在上述方程式中, 介电绝缘介质、特别是其气体组分的混合物的击穿场强 E_{bd} 、含氟酮a) 的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$ 和介电绝缘气体组分b) 的压力降低的电击穿场强 $E_{crit,b}$ 在第一类似、优选第一相同的测量设备中测定, 且特别是在将使用所述介电绝缘介质的电气设备中测定。

[0040] 另外, 在协同因子(或协同系数)的测定中, 介电绝缘介质、特别是其气体组分的混合物的测量击穿场强 $E_{bd,measured}$ 及含氟酮a) 和介电气体组分b) 的电击穿场强的线性计算总和 $E_{bd,lin.calc.}$ 在第二类似、优选第二相同的测量设备中测定, 且特别是在将使用所述介电绝缘介质的电气设备中测定。另外, 所述第一测量设备与所述第二测量设备可相同。

[0041] 如上所述, $E_{crit,a}$ 和 $E_{crit,b}$ 定义为在特定测量条件如电极构造、表面粗糙度、极性等等

下相应组分的与压力无关的电击穿场强。通常,如果所述测量条件保持恒定,同时交换或混合气体组分a)和b),则可测定有意义的协同因子。 $E_{crit,a}$ 和 $E_{crit,b}$ 因此表示对于以纯净形式且归一化到1巴压力的组分a)和b)得到的电击穿场强。

[0042] $E_{bd1in.calc.}$ 也可表示为 $p_a \cdot E_{crit,a} + p_b \cdot E_{crit,b}$,其中 p_a 、 p_b 、 $E_{crit,a}$ 和 $E_{crit,b}$ 具有在本文中提到的意义。

[0043] 如将在下文详细示出,发现协同因子s非常显著地取决于含氟酮a)的分压 p_a 与介电绝缘气体组分b)的分压 p_b 的比率。

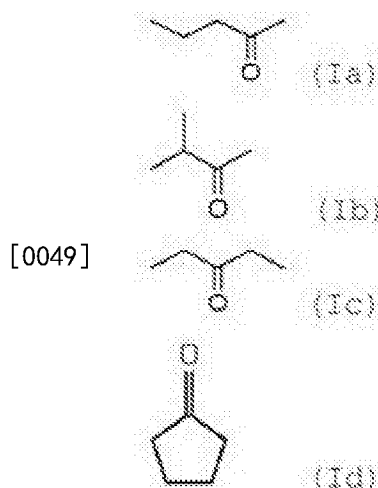
[0044] 在本发明的实施方案中,选择气体组分b)的类型和量及含氟酮a)的量,以使得协同因子s大于101%,优选大于105%,更优选大于110%且最优选大于115%。因此,同时已经发现协同因子随气体组分b)的类型而变。

[0045] 本文所用的术语“含氟酮”应广泛解释且将涵盖全氟酮和氢氟酮两者。该术语还将涵盖饱和化合物和包括双键和/或三键的不饱和化合物两者。所述至少部分氟代的碳骨架即分别是所述含氟酮的烷基链可为直链或支链的。

[0046] 术语“含氟酮”还将涵盖具有环状碳骨架的含氟酮。术语“含氟酮”将意味着包含羰基且在其各侧上的烷基的化学组成(chemical composition)。术语“含氟酮”可包含其他链内杂原子(即,连接到包含羰基和在其各侧上的烷基的化学结构的杂原子),例如,可包含作为碳骨架的一部分和/或连接到碳骨架的至少一个杂原子。在例示性实施方案中,含氟酮a)和/或含氟酮c)将不具有杂原子。术语“含氟酮”还将涵盖具有两个羰基的含氟二酮或具有多于两个羰基的含氟酮。在例示性实施方案中,含氟酮a)和/或含氟酮c)将为含氟单酮。

[0047] 根据特定的实施方案,含氟酮a)为全氟酮,和/或含氟酮a)具有支链烷基链,特别是至少部分氟代的烷基链,和/或含氟酮a)为完全饱和的化合物。应理解的是可包含单一完全饱和的含氟酮a),即没有任何双键或三键的含氟酮,或两种或更多种完全饱和的含氟酮的混合物。

[0048] 根据一个优选的实施方案,含氟酮a)为选自由以下结构式限定的化合物的至少一种化合物,其中至少一个氢原子被氟原子替代:



[0050] 在其他例示性实施方案中,介电绝缘气体组分b)为大体积气体或缓冲气体或载气。所述载气组分b)的存在量可比含氟酮a)大。作为对此的另外或供选的量限制,在其他实施方案中,含氟酮a)与气体组分b)的摩尔比可大于1:20、优选大于1:10、更优选大于1:5、最

优选大于1:2。另外,载气组分b)应为环境友好的气体。例如,气体组分b)在100年时标下可具有小于1000、优选小于300、优选小于100、优选小于50、优选小于10、更优选小于5、甚至更优选小于3、另外优选小于2且最优选小于1.5的GWP。另外,载气组分b)可包含二原子分子或由二原子分子组成,所述分子优选在环境条件下且特别是在气体绝缘的电气设备的正常操作条件下如在-40℃至+105℃的温度范围下且在极小至数巴的气体压力下化学稳定。另外,载气组分b)本身可为气体混合物,诸如空气或空气组分,例如氮气、氧气、二氧化碳或惰性气体。在本申请的发明上下文中,术语“空气”将涵盖且特别是指“工艺空气(technical air)”或“干燥空气”。

[0051] 根据另一实施方案,介电绝缘气体组分b)包含具有比在含氟酮a)中存在的原子少的原子的分子,特别是包含三原子和/或二原子分子或由三原子分子和/或二原子分子组成。

[0052] 已经出乎预料地发现,正好包含5个碳原子的含氟酮和/或正好包含6个碳原子的含氟酮在以与空气、氮气和/或二氧化碳的混合物存在时表现出超过所述混合物的组分的介电强度的算术总和的非常显著的介电强度的非线性增加。

[0053] 在使用正好含有5个碳原子的含氟酮时,该非线性增加特别相关。如上所述,含有5个碳原子的含氟酮的优点在于沸点比较低,允许所述含氟酮在绝缘介质中分别具有比较高的摩尔分数和比较高的分压,即使在低温下也不面临液化的问题。

[0054] 因此,在优选的实施方案中,选择与空气、氮气、二氧化碳或其混合物混合的正好含有5个碳原子的含氟酮作为介电绝缘气体组分b),以实现所需的介电强度非线性增加。

[0055] 具体地讲,本发明还涉及介电绝缘介质,其包含:

[0056] a) 正好含有5个碳原子的含氟酮a),其与以下物质混合:

[0057] b) 与所述含氟酮a)不同的介电绝缘的气体组分b),

[0058] 介电绝缘气体组分b)为或包含空气或特别是氮气的空气组分。

[0059] 已经发现,通过使用空气、氮气和/或二氧化碳作为介电绝缘气体组分b),可实现非常显著的非线性效应;含氟酮a)与这些绝缘气体组分b)中的一种或多种的相应混合物因此特别适用于绝缘目的。

[0060] 也已经发现,包含含氟酮a)和作为介电绝缘组分b)的二氧化碳的混合物特别可用作例如电路断路器、特别是高压电路断路器中的灭弧气体。

[0061] 因此,根据另一优选的实施方案,介电绝缘气体组分b)包含且特别是二氧化碳。

[0062] 在这方面,进一步发现,由于在灭弧气体中使用氧气,可有效地减少或避免碳在电极上沉积。

[0063] 通过在灭弧气体中使用氧气,还可减少毒性燃弧副产物如另外可能在开关操作之后存在的副产物的量。

[0064] 因此,根据另一优选的实施方案,介电绝缘气体组分b)包含且特别是氧气。当然,在这方面,可使用纯氧以及含氧的气体混合物,特别是空气。

[0065] 优选另外的介电气体组分b)、特别是载气不是SF₆或不包含SF₆。

[0066] 在不受任何理论限制的情况下,根据本发明的非线性增加的介电强度的可能机制可为介电气体组分b)起到使电子减速的作用,所述电子来源于介电击穿,且含氟酮a)起到捕获所述减速的电子的作用,由此确立含有含氟酮a)和载气b)的气体混合物的极高介电强

度。根据本发明的介电绝缘气体组分b)因此将特别涵盖能够使电子减速的气体。

[0067] 例如,与通过仅仅考虑气体混合物的单一气体组分的场强和摩尔比将预期的击穿电压相比,通过将约350毫巴、在此更确切地讲325毫巴的1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮(或十氟-3-甲基丁-2-酮) $\text{CF}_3\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ 加到4650毫巴的工艺空气(包含约80%氮气和20%氧气)中,可以实现高得多的击穿电压。这将结合下图更加详细地显示。

[0068] 由于该增强效应,可得到具有极高绝缘能力且同时具有极低GWP的绝缘介质。最终,这允许常规高性能绝缘气体将被具有极低GWP而不需要加热系统或设定高于通常使用的压力值的填充压力的绝缘介质所替代。

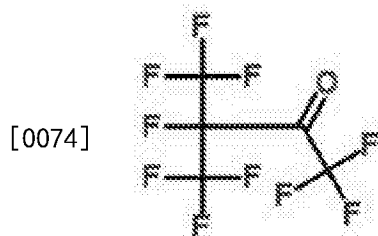
[0069] 与具有大于5个碳原子的更长链长的含氟酮相比,含有5个碳原子的含氟酮的优势在于沸点比较低,允许所述5-碳含氟酮在绝缘介质中具有比较高的摩尔分数且即使在低温下也避免液化的问题。

[0070] 含有5个或更多个碳原子的含氟酮更加有利,因为它们通常为无毒的。这与具有少于4个碳原子的含氟酮如六氟乙酮(或六氟丙酮)形成对比,具有少于4个碳原子的含氟酮具有毒性和很大的反应性。

[0071] 在本发明的实施方案中,优选具有支链烷基链的含氟酮,因为其沸点低于具有直链烷基链的相应化合物(即,具有相同分子式的化合物)的沸点。

[0072] 根据一个优选的实施方案,含氟酮a)为全氟酮,特别具有分子式 $\text{C}_5\text{F}_{10}\text{O}$,即其完全饱和,没有双键或三键。含氟酮a)可更优选选自1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮(还称为十氟-3-甲基丁-2-酮)、1,1,1,3,3,4,4,5,5,5-十氟戊-2-酮、1,1,1,2,2,4,4,5,5,5-十氟戊-3-酮、1,1,1,4,4,5,5,5-八氟-3-双(三氟甲基)-戊-2-酮,且最优选为1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮。

[0073] 1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮可由以下结构式(I)表示:



(I)

[0075] 已经发现,对于高压和中压绝缘应用特别优选落入上位术语“C5-酮”(= 正好含有5个碳原子的含氟酮)且在此以通称“C5-酮”简要提到的1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-(三氟甲基)丁-2-酮(具有分子式 $\text{CF}_3\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$ 或 $\text{C}_5\text{F}_{10}\text{O}$),因为其优势在于具有高介电绝缘性能,特别是在与介电载气组分b)混合的情况下,具有极低GWP且具有低沸点。其具有0臭氧消耗潜力且几乎无毒。

[0076] 根据另一优选的实施方案,当使用常规高压GIS压力填充值时,在所述绝缘介质中C5-酮的摩尔分数为约5%-约15%,优选为约6%-约10%,且当使用常规中压GIS压力填充值时,在所述绝缘介质中C5-酮的摩尔分数为约10%-40%。所述摩尔分数范围的优势在于即使绝缘介质在低温环境、例如降至低于 0°C 的温度、特别是降至低于 -5°C 的温度中使用,也不会发生含氟酮的液化。

[0077] 根据其他实施方案,在所述绝缘介质中C5-酮的摩尔分数大于1%,优选大于2%,更

优选大于3%，甚至更优选大于3.5%。

[0078] 根据其他实施方案，在操作条件下所述C5-酮在绝缘介质中为气相形式。

[0079] 优选在小于8巴、优选小于7.5巴、更优选小于7巴、特别是等于或小于6.5巴的过压下所述介电绝缘介质为介电绝缘气体，或其中在小于2.5巴、优选小于2.0巴、更优选小于1.5巴、特别是等于或小于1.2巴的过压下所述介电绝缘介质为介电绝缘气体。

[0080] 根据一个特别优选的实施方案，通过组合根据本发明的含氟酮a)与介电绝缘气体组分b)的混合物与以下物质可实现甚至更高的绝缘能力：

[0081] c) 另外的含氟酮，在此简称“含氟酮c)”，其与含氟酮a)不同且优选还与介电绝缘气体组分b)不同。

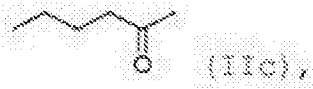
[0082] 此外，“不同”是指不落入正好具有5个碳原子的含氟酮a)的定义下，且优选不落入绝缘气体组分b)的定义下，特别是不为大体积气体或缓冲气体或载气。

[0083] 如将结合下图所示出，对于以下实施方案已经确定了显著的非线性增加，其中含氟酮c)、特别是含有6个碳原子的含氟酮与介电绝缘气体组分b)不同，换句话说，介质除了含氟酮a)和c)之外还包含不同于含氟酮a)和c)的介电绝缘气体组分b)。

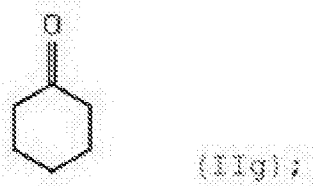
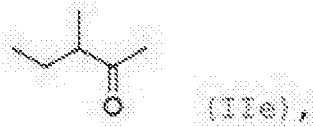
[0084] 因此，可获得具有多于一种含氟酮的绝缘介质，所述含氟酮各自自身为介电绝缘介质的介电强度作贡献。在该实施方案中，特别优选至少在所述介电绝缘介质或包含所述介电绝缘介质的电气设备的最低操作温度下包含在所述混合物中的各含氟酮分别具有至少对应于其饱和蒸气压的分压；因此，可得到所述含氟酮的高总摩尔比且将其保持在气相，这允许获得所述介电绝缘介质的很高的介电强度。

[0085] 所述另外的含氟酮c)优选正好含有5个碳原子或正好含有6个碳原子或正好含有7个碳原子或正好含有8个碳原子，且更优选含有5-7个碳原子，最优选正好含有6个碳原子。

[0086] 优选所述另外的含氟酮c)为选自由以下结构式限定的化合物中的至少一种化合物，其中至少一个氢原子被氟原子替代：



[0087]

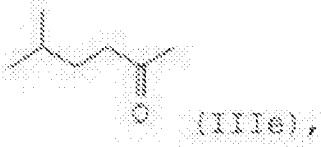
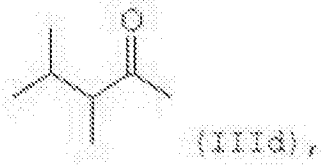


[0088] 和/或为选自由以下结构式限定的化合物中的至少一种化合物,其中至少一个氢原子被氟原子替代:

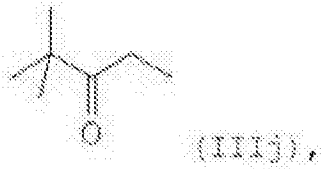
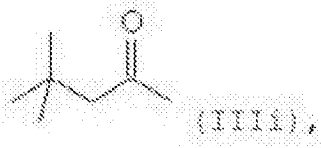


[0089]





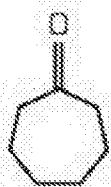
[0090]



[0091]



[0092] 命名为十二氟-环庚酮的



(IIIIn)

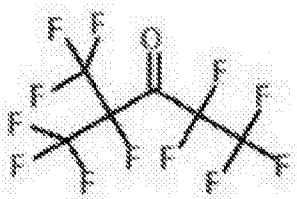
[0093] 本发明涵盖根据结构式Ia-Id的化合物中的任一种与根据结构式IIa-IIg和/或IIIa-IIIIn的化合物中的任一种的各个组合。

[0094] 更优选含氟酮c)正好含有6个碳原子;这种含氟酮无毒,具有突出的人类安全性容限。

[0095] 在实施方案中,类似于含氟酮a),含氟酮c)为全氟酮,和/或含氟酮c)具有支链烷基链、特别是至少部分氟代的烷基链和/或含氟酮c)包括完全饱和的化合物。

[0096] 具体地讲,含氟酮c)具有分子式 $C_6F_{12}O$,即完全饱和,没有双键或三键。更优选含氟酮c)可选自1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-2-(三氟甲基)戊-3-酮(还称为十二氟-2-甲基戊-3-酮)、1,1,1,3,3,4,5,5,5-九氟-4-(三氟甲基)戊-2-酮(还称为十二氟-4-甲基戊-2-酮)、1,1,1,3,4,4,5,5,5-九氟-3-(三氟甲基)戊-2-酮(还称为十二氟-3-甲基戊-2-酮)、1,1,1,3,4,4,4-七氟-3-双-(三氟甲基)丁-2-酮(还称为十二氟-3,3-(二甲基)丁-2-酮)、十二氟己-2-酮和十二氟己-3-酮,且特别为提到的1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-2-(三氟甲基)戊-3-酮。

[0097] 1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-2-(三氟甲基)戊-3-酮(还称为十二氟-2-甲基戊-3-酮)可由以下结构式(II)表示:



[0098]

(II)

[0099] 已经发现,对于高压绝缘应用,特别优选落入更加上位的术语“C6-酮”(= 正好含有6个碳原子的含氟酮)且在此以更加上位的术语“C6-酮”简要提到的1,1,1,2,4,4,5,5,5-九氟-4-(三氟甲基)戊-3-酮(具有分子式 $C_2F_5C(O)CF(CF_3)_2$),因为其具有高绝缘性质和极低的GWP。其具有0臭氧消耗潜力且无毒(4小时LC50为约100'000ppm)。因此,与常规绝缘气体相比,其环境影响低得多,且同时实现突出的人类安全性容限。

[0100] 优选在所述绝缘介质中含氟酮c)的摩尔分数将为约1%-约15%,优选为约1%-约10%,更优选为约1%-约4%,最优选为1%-3%,以避免所述含氟酮在低温、例如降至低于0℃、例如降至-5℃的温度下液化。

[0101] 在实施方案中,选择在所述绝缘介质中含氟酮c)的摩尔分数以大于0.1%,优选大于0.5%,更优选大于1%,特别是大于2%。

[0102] 优选在所述绝缘介质中含氟酮c)的摩尔分数为1%-15%,更优选为1%-10%,最优选为1%-3%。

[0103] 已经出乎预料地发现,经由C5-酮和C6-酮与介电绝缘气体组分b)的混合物,产生如下绝缘介质,其在等于或小于7巴的中等填充压力下表现出与在4.5巴或更低下的SF₆相当的绝缘性能。所述中等填充压力通常被常规外壳构造所耐受,这些常规外壳构造通常被

评定为耐受高达约8巴的闭锁压力(lock out pressure)。

[0104] 在特定的实施方案中,当混合C5-酮与C6-酮和空气时,发现如下介电绝缘介质,即使在低操作温度、特别是降至低到-5℃的最低操作温度下,其也提供容许的填充压力和足够的介电强度,而不需要任何加热。由于5-碳和6-碳含氟酮混合物的极低GWP和零ODP,从环境观点上来看,所得绝缘介质也是完全可以接受的。

[0105] 如上所述,根据本发明的绝缘介质特别可用于电气应用。本发明因此还涉及上述组分的组合在用于产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备中用作介电绝缘介质的用途。

[0106] 另外,在整个本申请中,关于根据本发明的包含含氟酮a)的介电绝缘介质及其任何实施方案的任何公开内容和权利要求也是这种含氟酮a)在介电绝缘介质中或作为介电绝缘介质的用途的公开内容,且本文明确地公开了该用途且其可作为用途权项而要求保护,特别是通过用术语“含氟酮a)作为介电绝缘介质的用途”替换术语“包含含氟酮a)的介电绝缘介质”来要求保护。

[0107] 同样,本发明还涉及用于产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备,所述设备包括限定绝缘空间的外壳和布置在所述绝缘空间中的电气活性元件。该绝缘空间包含上述绝缘介质。

[0108] 在本申请中的术语“电气活性元件”将广泛解释为包括任何类型的导体、导体布置、开关、导电部件、避雷器等,且另外应解释为在至少一种操作状态下可电学激活、即可经受电压的任何元件,即该元件的其他暂时非活化操作状态或局部非活化操作状态仍可存在。

[0109] 具体地讲,本发明的设备包括开关设备,特别是空气绝缘或气体绝缘的金属(或其他)封装的开关设备或混合的(即,部分空气绝缘和部分气体绝缘的)开关设备或中压闭塞开关设备(*medium voltage block switchgear*)或环网柜(*ring-main-unit*)或接地箱壳断路器或PASS模块(插头-和-开关模块)或其元件和/或部件,特别是汇流条、绝缘套管、电缆、气体绝缘的电缆、电缆接头、电流变压器、电压变压器和/或避雷器。也可能是气体绝缘的传输线路(GITL)。

[0110] 本领域技术人员众所周知开关设备,特别是气体绝缘的开关设备(GIS)。本发明特别适合的开关设备的实例例如示于EP-A-1933432的[0011]-[0015]段中,其公开内容通过引用结合在本文中。

[0111] 进一步优选所述设备为开关,特别是接地开关(例如,快速作用接地开关);断路器、组合的断路器和接地开关、负载断连开关或电路断路器,特别是中压电路断路器、发电机电路断路器和/或高压电路断路器。具体地讲,高压电路断路器可具有用于提供自爆炸效应的压力累积室,例如压缩室和/或加热室,其中,在开关操作中,一种或多种含氟酮在灭弧期间优选在压力累积室中和/或在燃弧区域中分解成具有较低碳原子数的氟烃化合物。一种或多种含氟酮混合物的这种分子分解可允许分子数目进一步增加,且由此使得可用于灭弧的压力进一步增加。同时,含氟酮的分子分解还在燃弧区域中发生,其进一步增加灭弧爆炸压力。在电路断路器的排出区域中所述一种或多种含氟酮混合物也有帮助,因为约400℃-约600℃或甚至900℃的未离解的含氟酮的相当低的离解温度充当排出气体中的温障。换句话说,在排出气体中的热能可被排出物中未离解的含氟酮的离解所吸收,这防止在排

出区域中的温度进一步升高到超过含氟酮的离解温度。因此,该应用的介电绝缘具有良好的消弧能力。在不希望受理论约束的情况下,推测该消弧能力可至少部分地归于在燃弧区域内含氟酮的离解产物重新组合成例如主要为四氟化碳(CF₄),众所周知其为高度有效的消弧介质。

[0112] 特别是在用作消弧介质时,根据本发明的介电绝缘介质包含二氧化碳和/或空气或氧气。如上所指出,氧气或空气的存在允许实现电极上碳沉积的减少,特别是在二氧化碳用作另一气体组分时。

[0113] 并且,特别是可由于含氟酮的分解而形成且随后将在开关操作之后存在的毒性燃弧副产物的量可通过使用空气或氧气来减少或避免。

[0114] 优选氧气的摩尔分数与所述至少一种含氟酮a)和任选的c)的摩尔分数的比率为至少2:1,更优选为至少2.5:1,甚至更优选为至少3:1。

[0115] 根据另一优选的实施方案,氧气的体积分数为40%或低于40%,优选低于30%,更优选低于20%。

[0116] 特别是在包含与二氧化碳和/或空气或氧气混合的含氟酮的介电绝缘介质用作消弧介质时,二氧化碳的量与空气或氧气的量的比率优选为至多20:1,更优选为至多15:1,甚至更优选为至多10:1,最优选为至多5:1。如上所述,氧气的摩尔分数与含氟酮a)和任选的另外含氟酮c)的摩尔分数的比率为至少2:1,更优选为至少2.5:1,最优选为至少3:1。

[0117] 在实施方案中,四氟化碳(CF₄)也可用作介电绝缘气体组分b)或介电绝缘气体组分成分b1)。

[0118] 如所述,除了所述介电绝缘介质及如上所述的用途之外,本发明还涉及用于产生和/或传输和/或分配和/或应用电能的设备,所述设备包括限定绝缘空间的外壳和布置在所述绝缘空间中的电气活性元件,所述绝缘空间包含绝缘介质,其由如上限定的介电绝缘介质表征。

[0119] 根据优选的实施方案,所述设备为开关设备,特别是空气绝缘或气体绝缘的金属封装的开关设备或混合的开关设备或中压闭塞开关设备或环网柜或接地箱壳断路器或PASS模块(插头-和-开关模块)或其元件和/或部件,特别是汇流条、绝缘套管、电缆、气体绝缘的电缆、电缆接头、电流变压器、电压变压器和/或避雷器。

[0120] 根据另一优选的实施方案,所述设备为开关,特别是接地开关、断路器、组合的断路器和接地开关、负载断连开关和/或电路断路器。

[0121] 如上所述,由此特别优选所述设备为具有用于提供加压的灭弧气体的压力累积室的高压电路断路器,所述压力累积室特别包含:

[0122] a) 含氟酮a),其与以下各物混合:

[0123] b1) 二氧化碳和/或

[0124] b2) 空气或氧气,

[0125] 且在开关操作中,所述含氟酮在灭弧期期间分解成具有较低数目的碳原子的氟烃化合物。同样如上所述,特别优选组合使用二氧化碳与空气或氧气,这是由于由此实现在电极上的碳沉积和毒性燃弧副产物的量的减少。

[0126] 与上述类似,除了二氧化碳和/或空气或氧气之外,特别优选的灭弧气体还可含有另外的含氟酮c),特别是含有6个碳原子的含氟酮c)。

[0127] 根据另一实施方案,所述设备可为变压器,特别是配电变压器或电力变压器。

[0128] 根据其他实施方案,所述设备还可例如为旋转电机、发电机、发动机、驱动器、半导体器件、大功率电子器件和/或其部件。

[0129] 本发明特别涉及中压或高压设备。本文所用的术语“中压”是指在1kV-72kV范围内的电压,而术语“高压”是指大于72kV的电压。在低于1kV的低压范围内的应用也是可行的。

[0130] 为了达到所述设备的所需介电额定值,诸如需要的介电耐受能力和操作温度范围,所述设备可包括控制单元(也称作“流体管理系统”),所述控制单元用于单个或组合地控制所述绝缘介质的组成、特别是化学组成或物理相组成如气/液两相体系,和/或温度;和/或所述绝缘介质或其组分中的至少一种各自的绝对填充压力、气体密度、分压和/或分气体密度。特别是,所述控制单元可包括加热器和/或蒸发器以控制根据本发明的绝缘介质组分的蒸气压,其特别适合在降至约-20℃的低温环境中的应用。所述蒸发器例如可为超声波蒸发器,或可包括用于将绝缘介质喷射到设备中的喷嘴。

[0131] 在一个例示性实施方案中,特别是对于在低温环境中的高压应用,在绝缘介质中含氟酮、特别是含氟酮a)和/或c)的分压可通过加热和/或蒸发提供,以使得所述含氟酮的分压保持在所需的压力水平。

[0132] 如果使用蒸发器,其还应该包括定量给料单元以根据介电绝缘能力或介电强度的需要来设定在绝缘介质中含氟酮、特别是含氟酮a)和/或c)的浓度。在本申请中的术语“介电绝缘能力”或“介电强度”应该广泛理解且可包括由可在特定测量条件下测定的电击穿场强进行的更特定的表征。这将在下文对于中压或高压气体绝缘的开关设备更详细地例示性表示。另外,所述控制单元可包括用于测量控制参数如温度、密度、压力和/或组成,特别是液相位的测量单元和/或用于监视所述参数的监视单元。

[0133] 根据另一方面,本发明还涉及用于确定电气设备的尺寸的方法,所述确定尺寸的方法的特征在于以下步骤:

[0134] a) 选择具有由额定参数表征的额定值的设备,所述参数包括在将由介电绝缘介质填充的空间中需要的电场强度 E_{app} 、最低额定操作温度 T_{min} 、最高额定操作温度 T_{max} 和最大容许气体压力 p_{max} ,

[0135] b) 选择包含与介电绝缘气体组分b)混合的含氟酮的介电绝缘气体,所述介电绝缘气体组分b)与所述含氟酮不同,其中所述混合物具有由协同因子 s 表征的非线性增加的介电强度,

[0136] c) 使所述介电绝缘气体,特别是所述混合物具有由以下参数限定的特征参数:含氟酮的类型、分压 p_a 或特别是相应数量密度(number density)或体积浓度或摩尔分数 m_a 和压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$;和气体组分b)的类型、分压 p_b 或特别是相应数量密度或体积浓度或摩尔分数 m_b 和压力降低的电击穿场强 $E_{crit,b}$,

[0137] d) 通过压力降低的电击穿场强 $E_{crit,a}$ 和 $E_{crit,b}$ 的分压加权总和计算介电绝缘气体、特别是所述混合物随含氟酮的分压 p_a 而变的线性压力降低的击穿场强 $E_{bdlin,calc}$,

[0138] e) 自电场强度 E_{app} 和线性压力降低的击穿场强 $E_{bdlin,calc}$ 确定介电绝缘气体随含氟酮的分压 p_a 而变的绝对压力曲线 $p_{abs}(p_a)$,

[0139] f) 选择在标准温度下绝缘气体的绝对填充压力 p_{abs} 且由此并由绝对压力曲线 $p_{abs}(p_a)$ 确定含氟酮的第一分压 p_{a1} 或特别是第一相应数量密度或摩尔分数 m_{a1} ,和

[0140] g) 由于所述混合物的协同因子大于1而扩展所述电气设备的额定参数中的至少一种。

[0141] 因为通常优选不发生含氟酮的液化,所以所述方法还包括以下步骤:

[0142] a) 确定所述含氟酮的第二分压 p_{a2} 或特别是第二相应数量密度,使得所述含氟酮在所述绝缘气体中的冷凝温度低于最低额定操作温度 T_{min} ,和

[0143] b) 如果第一分压 p_{a1} 等于或低于第二分压 p_{a2} ,则选择在使得 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ 的范围内的含氟酮的分压 p_a ,或

[0144] c) 如果第一分压 p_{a1} 大于第二分压 p_{a2} ,则:

[0145] i. 选择小于或等于第二分压 p_{a2} 的含氟酮的分压 p_a 且通过增加介电绝缘气体组分b)的分压 p_b 而增加绝对压力 p_{abs} ,特别是增加到等于 $p_{abs}(p_{a2})$ 的绝对压力 p_{abs} ,和/或

[0146] ii. 通过加热增加最低或最低额定操作温度 T_{min} 且由此使第二分压 p_{a2} 增加到较高值,且特别是使第二分压 p_{a2} 增加到等于或高于第一分压 p_{a1} 的值,且随后选择在使得 $p_{a1} \leq p_a \leq p_{a2}$ 的范围内的含氟酮的分压 p_a 。

[0147] 请注意,绝对压力曲线 $p_{abs}(p_a)$ 为随含氟酮分压降低而递增的函数,因为且只要与对于介电绝缘组分b)相比,对于含氟酮来讲压力降低的电击穿场强较大。

[0148] 如果除了含氟酮a)之外使用另外的含氟酮c),则所述方法应该用额外的步骤类似地进行,其中应该计算两种含氟酮的分压以保证两种含氟酮至少在降至所述设备的 T_{min} 时保留在气相中。

[0149] 在例示性实施方案中,所述方法还包括以下步骤:

[0150] a) 对于所述混合物、特别是含氟酮的分压 p_a 与介电气体组分b)的分压 p_b 的比率,确定协同因子 s 的值,和

[0151] b) 通过以下步骤中的至少一个进行额定值扩展:增加电场强度 E_{app} ,降低最低额定操作温度 T_{min} ,降低绝对填充压力 p_{abs} ,降低含氟酮的分压 p_a 或摩尔分数 m_a ,增加安全性容限及其组合。

[0152] 在上述中,最大电场强度 E_{app} 可限定为包括安全性容限。应该选择所述绝对填充压力低于最大容许气体压力 p_{max} 。另外,所述含氟酮可优选为正好含有5个碳原子的含氟酮a)和/或其可为正好含有6个碳原子的含氟酮。优选介电气体组分b)可包含空气、氮气、二氧化碳及其混合物中的至少一种。

[0153] 另外,上述确定尺寸的方法步骤还表现电气设备本身的特点,相应的权利要求作为本说明书的一部分随此列出。

[0154] 本发明通过下图进一步说明,其中:

[0155] 图1表示根据本发明的实施方案的空气和介电绝缘气体混合物随体系的总绝对填充压力而变的测量和计算的击穿电压的图示;

[0156] 图2为当使用在空气中的包含5个碳原子的含氟酮、在空气中的包含6个碳原子的含氟酮和在空气中的包含5个碳原子的含氟酮和包含6个碳原子的含氟酮作为绝缘介质时达到与在4.5巴下的 SF_6 相同的绝缘性能所需要的填充压力的图示;

[0157] 图3表示包括温度控制单元的根据一个实施方案的高压气体绝缘的开关设备的纯粹示意图;

[0158] 图4表示包括流体处理单元的根据一个实施方案的高压气体绝缘的开关设备的纯粹示意图;

粹示意图；

[0159] 图5表示用所述介电绝缘介质的一个例示性实施方案填充的常规断路器；

[0160] 图6表示在使用用所述介电绝缘介质的例示性实施方案(菱形)填充的常规断路器和用常规绝缘介质(三角形)填充的常规断路器的总线转移电流开关试验中的燃弧时间(a.u.)；

[0161] 图7a、7b表示在一段用例示性绝缘介质(菱形)填充的汇流条和用常规绝缘介质(三角形)填充的汇流条中的温升试验的结果；

[0162] 图8表示随包含在所述含氟酮中的碳原子数而变的毒性(a.u.,左手侧)和沸点(右手侧)的示意图；

[0163] 图9表示随电子能量而变的用于在载气中的电子散射和用于在含氟酮中电离的横截面的示意图，

[0164] 图10表示对于有和没有空气的各种绝缘介质随总压力而变的协同因子s的图示；

[0165] 图11a和图11b分别表示在均匀场中根据本申请的例示性介电绝缘介质随压力或含氟酮含量而变的测量和计算的击穿电压 U_{50} 的图示，以及

[0166] 图12表示包含含氟酮和空气的例示性介电绝缘介质在各种分压比率下随冷凝温度而变的电击穿场强的图示。

[0167] 在下文中，论述本发明的例示性实施方案：

[0168] 作为计算图1中给出的多种气体混合物的击穿场的图示的输入值而需要的纯净气体的电场强度已经通过使用提供代表性场条件且特别是例示性均匀场条件的试验装置进行介电试验来确定。计算值以虚线给出。

[0169] 根据图1，计算出与纯净空气(且在4.0巴约140kV/cm下)相比，通过向空气中加入约100毫巴、更确切地96毫巴的C6-酮(混合物I)得到的击穿电压增加约10%-15%；计算出与纯净空气(且在4.0巴约170kV/cm下)相比，通过向空气中加入约350毫巴、更确切地325毫巴的C5-酮(混合物II)得到的击穿电压增加约30%-40%；且计算出与纯净空气(且在4.0巴约190kV/cm下)相比，通过向空气中加入约100毫巴的C6-酮和约350毫巴的C5-酮(混合物III)得到的击穿电压增加约40%-50%。

[0170] 然而，对于根据本发明的实施方案的绝缘介质，特别是对于气体混合物II，如在图1中由实线表示，测量的击穿电压值比计算值高得多。这证明在C5-酮和空气或类似气体之间存在强烈的非线性相互作用，这强有力地证明气体混合物的在此由电击穿场强 E_{bd} (kV/cm)表示的介电绝缘能力改善到超过单个气体混合物组分的在此由电场强度 E_{bd} (kV/cm)表示的介电绝缘能力的算术总和。对于混合物I，见到类似的结果。具体地讲，对于气体混合物II得到的测量击穿场比纯净空气(且在4.0巴约230kV/cm下)的击穿场高约60%-80%，且对于气体混合物III得到的测量击穿场比纯净空气(且在4.0巴约260kV/cm下)的击穿场高约75%-95%。这些改善因此显著高于对于将气体混合物组分的击穿场线性相加所预期的值，与纯净空气相比，对于气体混合物II，将气体混合物组分的击穿场线性相加将引起介电击穿场仅增加30%-40%，且对于气体混合物III，将引起介电击穿场仅增加40%-50%。

[0171] 并且，对于气体混合物I得到的测量击穿场比纯净空气(且在4.0巴约180kV/cm下)的击穿场高约30%-50%，其高于与纯净空气相比对于气体混合物I所预期的10%-15%的改善。

[0172] 根据图1的击穿场值通过使用具有均匀场布置的试验装置进行标准负极性闪电脉

冲介电试验来测量。

[0173] 正极性标准闪电脉冲介电试验和AC介电试验用类似的气体混合物如I、II和III在场布置、填充压力和接触距离的不同组合下进行,产生了证实在C5-酮和C6-酮与空气和其他气体如CO₂之间的协同效应的类似结果。

[0174] 图2表示对于气体混合物I、II和III实现与在4.5巴下的SF₆相同的绝缘性能分别需要的填充压力。图2表示不同混合物随温度而变的需要的填充压力。图2因此可被读成是通过以下步骤确定用于操作而不液化的介电绝缘介质:在第一步骤中,分别确定介电绝缘介质或电气设备的最低操作温度;在第二步骤中,确定在该混合物中的各含氟酮组分的蒸气压,该蒸气压保证在最低操作温度下含氟酮不液化;在第三步骤中,自图2读出实现与在4.5巴下的SF₆相同或类似的绝缘性能所必需的总气体压力;和在第四步骤中,加入载气,在此为空气或空气组分,其加入量使得含氟酮的分压和载气压力的总和达到该总气体压力。图2并且证明在-5℃下对应于4.5巴的纯净SF₆的所需绝缘性能可用处于约6.5巴的填充压力下的包含空气、C5-酮和C6-酮的绝缘介质实现。该填充压力处于现今气体绝缘的开关设备或其元件和/或部件的平常压力范围内。在例如-5℃的最低容许操作温度下,所述绝缘介质因此允许实现类似于在4.5巴下的SF₆的绝缘能力,而不需要对常规电气设备、特别是外皮或外壳进行任何改进以耐受不高于常规填充压力的该压力。对于电气设备如高压开关设备或其元件或部件,常规高性能绝缘介质的生态学上高度吸引人而绝缘性能等效的替代物因此可通过将包含空气和5-碳含氟酮和任选的6-碳含氟酮的气体混合物的填充压力设定到约6.5巴而提供。

[0175] 除了所述特定的介电绝缘介质以外,本发明还涉及如上所述的电气设备。优选所述设备包括控制单元(或“流体管理系统”)以调节绝缘介质的压力、组成和/或温度。这特别适合在低到-20℃的温度的环境中的应用。

[0176] 例如,包括温度控制单元的高压开关设备示于图3中。开关设备2包括限定绝缘空间6的外壳4和布置在绝缘空间6内的电气活性元件8。开关设备2还包括温度控制单元10a,其用于设定开关设备2的外壳4或外壳4的至少一部分且因此使包括在绝缘空间6中的绝缘介质达到所需温度或最低(或最低额定)操作温度T_{min}。当然,可加热与绝缘介质接触的任何其他元件以使绝缘介质达到所需温度。因此,可相应地调节含氟酮的蒸气压(且因此调节其在绝缘气体中的分压p_a或摩尔比m_a)以及绝缘气体的绝对压力p_{abs}。同样如图4中所示,含氟酮在该实施方案中由于在绝缘空间6中给出的温度梯度而在整个绝缘空间并非均匀分布。因此,含氟酮的浓度在紧邻外壳4的壁4'处较高。

[0177] 供选的控制单元或流体管理系统示意性地示于图4中,其中流体处理单元10b作为控制单元为气体绝缘的开关设备作贡献。根据该控制单元10b,在包括在流体处理单元10b中的定量给料单元中调节绝缘介质的组成且特别是含氟酮(特别是含氟酮a)和/或含氟酮c)的浓度,且将所得绝缘介质注入或引入、特别喷射到绝缘空间6中。在图4中所示的实施方案中,绝缘介质以气溶胶14形式喷射到绝缘空间中,在所述气溶胶14中,液态含氟酮的小液滴分散在相应载气中。气溶胶14利用喷嘴16喷射到绝缘空间6中且使含氟酮容易地蒸发,因此使得绝缘空间6具有不均匀的含氟酮浓度,具体地讲,在紧邻包括喷嘴16的外壳壁4'处具有相对较高的浓度。或者,可在注入绝缘空间之前,在流体处理单元10b中控制绝缘介质,特别是含氟酮a)和/或介电绝缘气体b)和/或含氟酮c)的浓度、压力和/或温度。为了确保气

体的循环,在外壳4的顶壁中提供其他开口18,所述开口通向外壳4中的通道20且允许绝缘介质从绝缘空间6中移出。如图4所示的具有流体处理单元10b的开关设备2可与结合图4描述的温度控制单元10a组合。如果没有提供温度控制单元,则可发生含氟酮的冷凝。可收集冷凝的含氟酮,如果需要,则过滤,且将其再次引入绝缘介质的循环中。另外,设备2可具有一定储备量的液态含氟酮,特别是含氟酮a)(或C5-酮)和/或含氟酮c)(或C6-酮)和/或用于限制所需绝缘介质的最高容许操作温度以使得绝对填充压力保持低于设备2的给定压力极限的装置。

[0178] 在图3和图4中所示的开关设备2的上下文中,应注意,标称电流负载通常通过载流导体的欧姆加热而促进含氟酮、特别是含氟酮a)(或C5-酮)和/或含氟酮c)(或C6-酮)的蒸发。因此,当装备或设备(承载标称电流)不提供含氟酮的所需分压需要的温度,例如在极低周围温度下时,通常仅需要使用温度控制单元。

[0179] 根据上文给出的实施方案,在本申请中的术语“介电绝缘介质”应广泛理解为涵盖所述介电绝缘介质的气相和可能的液相。然而,优选所述介电绝缘介质,即所述介电绝缘介质的所有组分应该在所有操作条件下、特别是在电气设备的所有操作温度下完全且排他地以气态存在。另外,该术语将涵盖例如在气体绝缘的开关设备(GIS)或气体绝缘的传输线路(GITL)中具有突出的介电绝缘能力或介电强度,和/或具有用于熄灭电弧、例如在GIS或GITL中的电弧故障或用于开关在开关、断路器、电路断路器等任何分类中电弧的高性能的介质。

[0180] 已经进行了各种介电试验以证明根据本发明的介电绝缘介质的格外高且非线性增加的介电强度。具体地讲,在气体绝缘的开关设备(GIS)的常规断路器中进行的介电试验中使用包含正好含有5个碳原子的含氟酮和正好含有6个碳原子的含氟酮及空气、特别是C5-含氟酮、C6-含氟酮和工艺空气的混合物(在此简称为FCK-空气混合物)的电介质。

[0181] 图5表示开关设备2的一个实施方案,开关设备2在此例示性地为组合的断路器和接地开关22,其同样具有外壳4、封装填充有上述气体混合物FCK-空气的绝缘空间6和活性元件8的外壳壁4'。同时可存在气体传感器24。在第一步骤中,将断路器22排空;在第二步骤中,将C6-含氟酮填充到断路器22中达到约100毫巴的压力;在第三步骤中,将C5-含氟酮额外填充到断路器22中,达到约460毫巴的总压力,即C5-含氟酮的分压为360毫巴;且在第四步骤中,填充工艺空气,达到7巴的总绝对压力。该混合物在此简称为FCK-空气。优选存在气体传感器24、例如气体密度传感器24或气体压力传感器24且允许控制在介电绝缘介质中的填充压力和/或分气体压力。至少第二填充步骤和第三填充步骤的顺序原则上可以交换。

[0182] 断路器22为根据IEC标准62271-203和62271-1设计用于300kV额定电压、1050kV闪电脉冲电压和460kV电力频率耐压的标准元件,其中在20℃下SF₆的绝对填充压力为4.5巴。

[0183] 用填充有上述7巴的FCK-空气混合物的该断路器22进行的介电试验证明耐受根据IEC标准300kV额定电压的介电试验。所有介电试验还根据IEC 60060-1(高压试验技术)进行,IEC 60060-1进一步调节试验条件和试验方法。

[0184] 具有7巴的FCK-空气的断路器22在没有闪燃(flashover)的情况下成功通过了对于460kV rms相-地(phase-to-earth)的短时电力频率耐压试验、对于跨越分隔距离、即跨越断路器22的开路接点的595kV rms的短时电力频率耐压试验和对于1050kV峰值电压的闪电脉冲耐压试验。这进一步证明含有正好具有5个碳原子的含氟酮的FCK-空气混合物在不

均匀电场布置中,例如在存在于断路器22 (ELK-TK14)中的电场分配中也表现出额外高的介电强度或介电耐压。

[0185] 图6表示在填充有7巴的上述混合物FCK-空气(菱形)的断路器22中进行的根据IEC 62271-102的总线转移电流开关试验中的燃弧时间(任意单位)。应用了根据IEC 62271-102的标准试验条件,具体地讲,在20V总线转移电压下应用1600A总线转移电流。示出了用处于4.5巴绝对压力下的常规SF₆介电绝缘气体的试验结果用于对比(三角形)。为了更加直观的比较,取10个测量点的平均值且将FCK-空气用实线表示并将SF₆用虚线表示。图6证明新型介电绝缘介质FCK-空气具有与常规使用的SF₆至少相同的总线转移电流开关性能。另外,图6证明处于7巴绝对压力下的包含FCK-空气的新型介电绝缘介质具有优异的消弧能力,在此特别是,在总线转移电流开关的情况下,其与处于4.5巴绝对压力下的SF₆相当或甚至更好。

[0186] 在进行了100次总线转移电流开关操作之后,进行根据IEC 62271-203的介质状况检查(dielectric condition check)证实了介电绝缘能力。

[0187] 图7a、7b表示在用例示性绝缘介质(菱形)(在此为处于360毫巴分压下的C5-含氟酮加处于100毫巴分压下的C6-含氟酮加约4.0巴的工艺气体)填充的一段汇流条中的温升试验的结果;和用于比较的用常规绝缘介质(三角形)(在此为处于4.5巴绝对压力下的SF₆)填充的一段汇流条的温升试验的结果。所述温升试验在约20℃的周围温度下进行。试验根据IEC 62271-203和IEC 62271-1进行。

[0188] 图7a、7b表示活性元件(顶部图7a)和外皮(底部图7b)随热电偶位置而变的超过周围温度的升温。图7a、7b证明FCK-空气混合物的热性能或传热能力与常规SF₆的传热能力相当。对于处于较高标称绝对压力下、例如处于7巴总绝对压力下的FCK-空气混合物,可以预期甚至更高的传热能力。

[0189] 在例示性实施方案中,所述介电绝缘介质将含有在液相中以不同于至少在绝缘空间6中的大体积液体的形式、例如在绝缘空间6中以液滴、气溶胶、烟雾或喷雾形式的正好包含5个碳原子的含氟酮。所述实施方案可包括在例如具有流体管理系统10a、10b的电气设备2的绝缘空间6外部具有以大体积液体形式的正好包含5个含氟酮的介电绝缘介质。

[0190] 在例示性实施方案中,用于除了作为介电绝缘介质之外的其他用途的正好含有5个碳原子的任何含氟酮都将从本申请的主题中放弃:

[0191] - 用于处理熔融活性金属、特别是保护所述金属以免与氧气或空气反应的方法的正好含有5个碳原子的任何含氟酮;和/或

[0192] - 作为清洁剂、特别是用于清洁蒸气反应器或电子系统的正好含有5个碳原子的任何含氟酮;和/或

[0193] - 作为灭火介质或用于灭火系统中的正好含有5个碳原子的任何含氟酮;和/或

[0194] - 作为液体形式的冷却剂、特别是用于冷却电子系统的正好含有5个碳原子的任何含氟酮;和/或

[0195] - 用于兰金法(Rankine-process)、特别是在小型发电站中使用的正好含有5个碳原子的任何含氟酮;和/或

[0196] - 作为润滑剂的正好含有5个碳原子的任何含氟酮;和/或

[0197] - 作为液体:例如作为电气设备或变压器中的液体、作为液体冷却剂、作为电气设备中的液体冷却剂、作为变压器中的液体冷却剂和/或作为用于液压系统或液体耦合机械

驱动器的液体的正好含有5个碳原子的任何含氟酮；和/或

[0198] - 选自氯二氟甲基全氟异丙基酮和二氟甲基全氟异丙基酮的正好含有5个碳原子的任何含氟酮；和/或

[0199] - 除了含氟酮a)之外还包含选自 β -氯全氟乙基全氟异丙基酮、二氟甲基全氟叔丁基酮和十二氟-2-甲基-戊-3-酮的含氟酮的任何介电绝缘介质。

[0200] 在例示性实施方案中,本发明的介电绝缘介质或其用途或本发明的电气设备,将不是用于变压器的介电绝缘介质,或将不是变压器,例如不是配电变压器、不是电力变压器,在其他实施例,不是气体变压器,不是液体变压器,不是干式变压器和/或不是气体变压器、液体变压器和干式变压器的任何组合。

[0201] 在另外的例示性实施方案中,本发明的介电绝缘介质,将不是用于热管的工作介质,特别不是用于在变压器中的热管的工作介质。

[0202] 在一个特定的实施方案中,根据本发明的介电绝缘介质,不含正好含有6个碳原子的含氟酮,特别是,不含得自3M的具有商品名称Novec 1230的十二氟-2-甲基戊-3-酮($\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$)。所述实施方案可能仅得益于正好具有5个碳原子的含氟酮的较低沸点的优点。图8表示随包含在所述含氟酮、特别是包含在含氟酮a)和/或含氟酮c)中的碳原子数而变的毒性(左手侧)(任意单位)和沸点或沸点温度 T_p (右手侧)的示意图。最大容许毒性水平由水平的虚粗线表示,且最大容许沸点水平由水平的虚细线表示。按一般规律,毒性随碳原子数增加而降低,使得由于足够无毒而容许具有5个以上碳原子的含氟酮。按另外的一般规律,沸点随碳原子数增加而增加,使得具有7个或更少碳原子的含氟酮可用于典型的技术应用中,而认为具有8个或更多碳原子的含氟酮由于太高的沸点而不太可用或不可用。因此,就无毒性 and 低沸点看来,优选具有5-7个碳原子的含氟酮。

[0203] 图9表示随电子能量(例如以eV测量)而变的用于在载气、特别是介电绝缘气体组分b)中的电子散射和用于在含氟酮、特别是含氟酮a)和/或含氟酮c)中的电离的横截面(例如以 m^2 测量)的示意图。

[0204] 在不受理论限制的情况下:根据本发明的非线性增加的介电强度的可能机制可为介电气体组分b)(其为载气或包含载气)用于使电子减速,所述电子来源于介电击穿,且含氟酮a)和可能的含氟酮c)起到捕获所述减速的电子的作用,由此确立含有含氟酮a)和可能的含氟酮c)与载气b)的气体混合物的极高介电强度。根据本发明的介电绝缘气体组分b)因此将特别涵盖能够使电子减速的气体。如果在低于含氟酮、特别是含氟酮a)和/或c)的电离阈值的能量下载气具有高非弹性电子散射横截面,则优选可存在这一机制。这种情形在图9中例示性表示,其中载气的电子散射横截面的峰值在能量方面低于电离阈值,该阈值指定含氟酮的电离截面特征的明显升高的低能边缘。

[0205] 为了清楚起见,载气或大体积气体可等于介电绝缘气体组分b)或可为介电绝缘气体组分b)的介电绝缘气体组分成分b2)之一。

[0206] 在实施方案中,设备2具有介电绝缘介质,其中所述含氟酮、特别是至少一种含氟酮a)和任选的另外的含氟酮c)以使得所述含氟酮的冷凝温度低于+5°C、优选低于-5°C、更优选低于-20°C、甚至更优选低于-30°C、最优选低于-40°C的量存在。

[0207] 在另外的实施方案中,设备2具有介电绝缘介质,其包含气态组分,所述气态组分的摩尔体积或体积浓度或数量密度或摩尔分数 m_a 或分压 p_a 使得所述气态组分的混合物的冷

凝温度低于+5℃、优选低于-5℃、更优选低于-20℃、甚至更优选低于-30℃、最优选低于-40℃。

[0208] 为了清楚起见,沸点或沸点温度涉及绝缘介质的组分随温度而变的蒸气压力曲线,且特别涉及在常压下,即在约1巴下的沸点(温度)。这因而是所述组分本来的性质且描述特别在周围大气压力条件下其蒸发和液化特性。

[0209] 相比之下,冷凝温度涉及提供用于接收介电绝缘介质的体积的特定设备,在给定温度、例如操作温度或最低额定操作温度下其用特定的介电绝缘介质填充,特别是所述介电绝缘介质的一种或多种组分的类型和量,并且涉及所述介电绝缘介质的相应总压力和其组分的分压。这种特定的设备环境可包括表面粗糙度、电场不均匀性和与介电耐受能力或介电强度有关的其他因子。在用特定选择的介电绝缘介质填充的这种特定设备中,冷凝温度限定所述介电绝缘介质的气态部分或气相、特别是在所述介电绝缘介质的气相中的组分集合开始冷凝成在设备的内表面上降落且在其上形成液体“海洋”的液滴的温度。这种冷凝可在所述介电绝缘介质的组分的共同的冷凝温度、简称冷凝温度下发生,即使以它们的纯净形式的所述各组分的沸点可能相差例如数十K或甚至相差大约50K。由于不同的沸点和共同的冷凝温度,在冷凝开始时,在气相中和在液相中的组分的摩尔分数可能改变。

[0210] 因此,术语“冷凝温度”为描述具有用所述介电绝缘介质填充的特殊性且在特定的操作条件下的特定设备的整体参数。

[0211] 换句话说,冷凝温度仅仅由所考虑的一种或多种介电绝缘气体组分的性质和数量密度或摩尔体积(m^3/mol)或体积浓度决定。数量密度或摩尔体积或摩尔分数对应于在给定温度下在设备中存在的分压(例如, p_a)。因此,参数“一种或多种介电气体组分的类型”和“数量密度或摩尔体积或分压”决定气体或气体组分的集合在什么温度下将冷凝。

[0212] 在实施方案中,希望通过选择介电绝缘介质、特别是选择组分的类型和量,和通过选择压力、即组分的分压和总压力,可能通过额外填充载气或大体积气体以及通过选择操作条件如温度来避免冷凝。如上所述,冷凝的避免通过冷凝温度应低于设备的最低操作温度或最低额定操作温度 T_{\min} 、例如低于+5℃或-5℃或-20℃或-30℃或-40℃的事实来表述。

[0213] 图10表示通过根据本发明的例示性介电绝缘介质实现的非线性或协同因子 s 。示出了第一混合物C5-含氟酮加空气(菱形)、第二混合物C6-含氟酮加空气(正方形)和第三混合物C5-含氟酮加C6-含氟酮加空气(三角形)随总压力 p_{abs} 而变的协同因子 s ,其中含氟酮的分压 p_a 保持恒定。

[0214] 对于含有C5-含氟酮的混合物(第一混合物和第三混合物),协同因子 s 随总压力增加到大约高达2巴总压力而增加,且随后到至少高达3巴总压力下在大约 $s = 1.23$ 下保持相当地恒定。相比之下,第二混合物在宽总压力范围内具有约1.3的相对较高的协同因子。按照惯例,当含氟酮与空气的比率高时协同因子 s 相对较低,且其随含氟酮的摩尔分数 m_a 或分压 p_a 与介电气体组分 b)、在此为空气的摩尔分数或分压的比率减小而增加。

[0215] 请注意,存在如下气体组分 b),其可能不引起介电强度的任何非线性增加且因此其协同因子为1。

[0216] 图11a表示,对于纯净的二氧化碳气体 CO_2 在测量时(点)、对于二氧化碳气体 CO_2 与含氟酮的混合物在线性计算时(正方形)(即,假设协同因子 = 1)和对于 $\text{CO}_2 + \text{FKs}$ 的这种混合物在测量时(菱形)随绝对压力 p (巴)而变的击穿电压 U_{50} (kV)。该击穿电压 U_{50} 定义为

在具有均匀电极布置的主要试验装置中施加正极性的情况下当例如升高1.2 μ s的典型闪电脉冲和下降50 μ s的典型闪电脉冲时分解50%的概率。在实验中,含氟酮FKs的分压保持恒定且例示性地选择为0.1巴的C6-含氟酮和0.36巴的C5-含氟酮。随后填充CO₂内含物以达到在x轴上指示的总压力p。画出线性外推线以显示较低绝对压力p的趋势线。

[0217] 在图11a中明显可见通过包含与二氧化碳混合的C5-含氟酮和C6-含氟酮的介电绝缘介质实现的非线性效应。在7巴下,实现约s = 1.2的协同因子,该协同因子通过测量的击穿场强或击穿电压U₅₀分别除以线性计算值得到。

[0218] 图11b也示出了对于C6-含氟酮与二氧化碳CO₂的介电绝缘气体混合物由本发明实现的协同或非线性效应的存在。图11b示出了,在总压力p_{abs}保持恒定在1巴的情况下,在不同测量设备中用闪电脉冲测量的随C6-含氟酮的分压p_{c6}而变的击穿电压U₅₀ (kV)。再次,证明了所述混合物的测量的介电强度(菱形)超过单组分C6和CO₂的介电强度的线性计算总和(正方形)的强烈的非线性增加。在宽范围的C6-含氟酮的分压p_a或等效地摩尔比m_a内发现约s = 1.35的强协同因子。

[0219] 图12进一步图示C5-含氟酮与空气的气体混合物的介电强度的非线性增加。在此,对于C5-含氟酮的分压p_{c5}与空气的分压p_{air}的多个比率r₁-r₅(即r_i = (p_{c5}/p_{air})_i,其中,i = 测量次数),确定随冷凝温度T_{cond}而变的对应于在给定测量机构中的击穿电压U₅₀的击穿场强E_{bd}。根据协同因子s = E_{bd} (测量)/E_{bd} (线性计算),这两种气体组分表现示出协同效应,对于给定的几何形态(geometry),该协同效应随分压比r大致地改变。这些测量通过填充360毫巴的C5-含氟酮开始来进行,对于各次新测量,依次用空气补充。这产生不同p_{c5}/p_{air}比所表现出的测量结果,由此测量协同因子。通过使用方程E_{bd} = [p_{c5}*E_{crit,C5} + p_{air}*E_{crit,air}] * s (p_{c5}/p_{air})对于通过不同测量i = 1, ..., 5给出的固定比率r_i = (p_{c5}/p_{air})_i,对于不同冷凝温度计算随温度T而变的E_{bd}。在本文中,p_{c5} = C5-含氟酮在温度T下的蒸气压,p_{air} = 空气的分压,且s = s(r_i) = s((p_{c5}/p_{air})_i) = 对于混合比率r_i = (p_{c5}/p_{air})_i的协同因子s。

[0220] E_{bd} (线性计算)或E_{bd}_{lin.calc.}可根据以下方程表述:

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

[0222] 其中:

[0223] p_a为含氟酮a)的分压,

[0224] p_b为介电绝缘气体组分b)的分压,

[0225] E_{crit,a}为含氟酮a)的压力降低的电击穿场强,

[0226] E_{crit,b}为介电绝缘气体组分b)的压力降低的电击穿场强。

[0227] 作为特定的实例,C5-含氟酮的E_{crit,a}为180kV/(cm*bar),且空气的E_{crit,b}为30kV/(cm*bar)。

[0228] 给定气体混合物的冷凝温度取决于高沸点组分(在此为C5-含氟酮)的蒸气压。因此,对于电气设备的-5℃的最低操作温度,高沸点组分的分压必须处于或低于其在-5℃下的蒸气压。

[0229] 换句话说,在y轴上的冷凝温度T_{cond}对应于含氟酮(在此为C5含氟酮)的分压p_a或摩尔分数m_a,该对应关系经由含氟酮(在此为C5-含氟酮)的蒸气压曲线确立。如上论述,该冷凝温度T_{cond}也可对应于在避免液化时电气设备的最低操作温度。请注意,一般而言,在整

个申请中,同样适用的是符号 p_a = 含氟酮、例如含氟酮a)和/或含氟酮c)的分压且 m_a = 含氟酮、例如含氟酮a)和/或含氟酮c)的摩尔分数,且 p_b = 介电气体组分b)、在此为空气的分压且 m_b = 介电气体组分b)、在此为空气的摩尔分数。

[0230] 在图12中,小菱形表示混合物的介电强度的测量值,且线表示借助于C5-含氟酮的蒸气压力曲线计算的趋势线。底部实心线表示,对于 $r_1 = (p_{C5}/p_{air})_1 = 0.8$,混合物不显示任何非线性增加且因此协同因子 $s = 1$ 。当减小比率 $r = p_{C5}/p_{air}$ 时,例如在此当增加空气的量,同时保持C5-含氟酮的量恒定时,协同因子在比率 $0.04 < r < 0.8$ 的范围内开始大于 $s = 1$,在比率 $0.1 < r < 0.3$ 的范围内达到最大,大约 $s = 1.23$,且随后再次下降。具体地讲,在示于图12中的实施例中,对于0.04:1、0.14:1、0.22:1和0.56:1的分压比 $p_a:p_b$,得到高于1的协同因子。特别是,可在 $0.01 < r < 0.8$ 、优选 $0.02 < r < 0.7$ 、更优选 $0.04 < r < 0.6$ 的范围内选择比率 r 。

[0231] 概括地讲,高或超低比例的C5-含氟酮产生低协同因子(接近于1)。中等或低于高比例的C5-含氟酮产生显著高于1的协同因子 s 。因此,与不存在协同作用的情况相比,表述为协同因子 s 大于1的协同作用的存在容许电气设备在较高电击穿场强 E_{bd} 下和/或降至较低温度的情况下操作。同时,当存在大于1的协同因子时,可减少含氟酮和/或介电气体组分b)的量。

[0232] 在整个本申请,以下将适用:

[0233] 可包含在不同于所述含氟酮的上述气体组分b)或气体组分成分b1)、b2)、……bn)中或可为不同于所述含氟酮的上述气体组分b)或气体组分成分b1)、b2)、……bn)的术语载气或大体积气体或缓冲气体将意味着介电绝缘介质的气态部分,其为介电强度作贡献,但通常具有弱于更具介电活性或更强的含氟酮的介电强度。所述载气如空气、氮气或二氧化碳通常具有完全低于所述含氟酮的冷凝温度 T_{cond} 的冷凝温度。

[0234] 随此明确地公开了所述介电绝缘介质的成分或组分如各种含氟酮和载气为可能的或以任何组合存在,它们可成对组合、三重组合、四重组合等。因此,所有这种组合的任何列举都随此成为本发明的一部分。

[0235] 术语“优选”、“优选的”、“更优选”、“特别地”将仅指“例示性的”且因此将仅意味着实施方案或实施例,即应理解为任选的。

[0236] 参考标号列表

[0237]	2	开关设备
[0238]	4	外壳
[0239]	4'	外壳壁
[0240]	6	绝缘空间
[0241]	8	电气活性元件
[0242]	10a	温度控制单元
[0243]	10b	流体处理单元
[0244]	14	气溶胶
[0245]	16	喷嘴
[0246]	18	开口
[0247]	20	通道

[0248]	22	断路器
[0249]	24	气体传感器、气体压力传感器、气体密度传感器

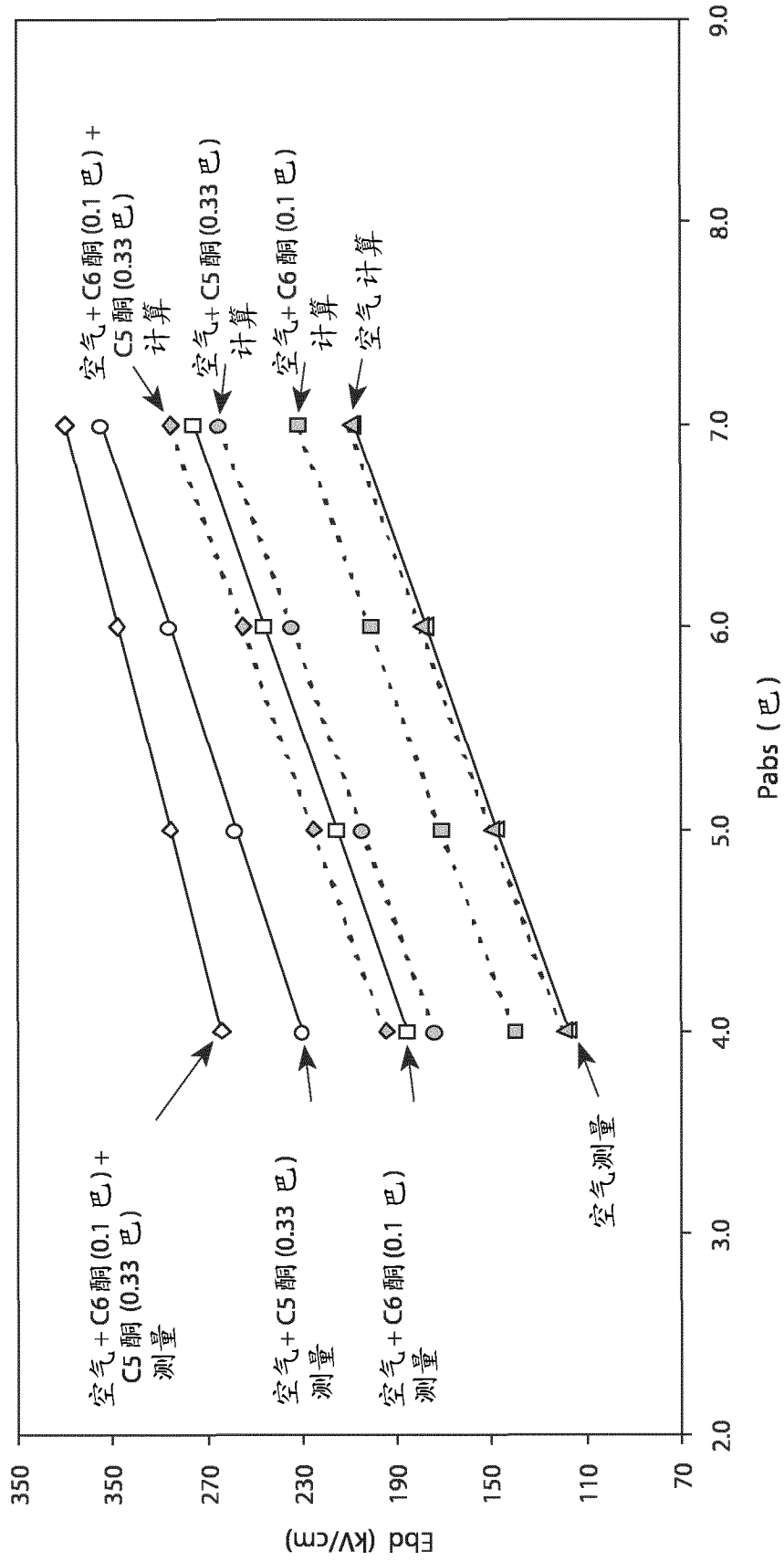


图 1

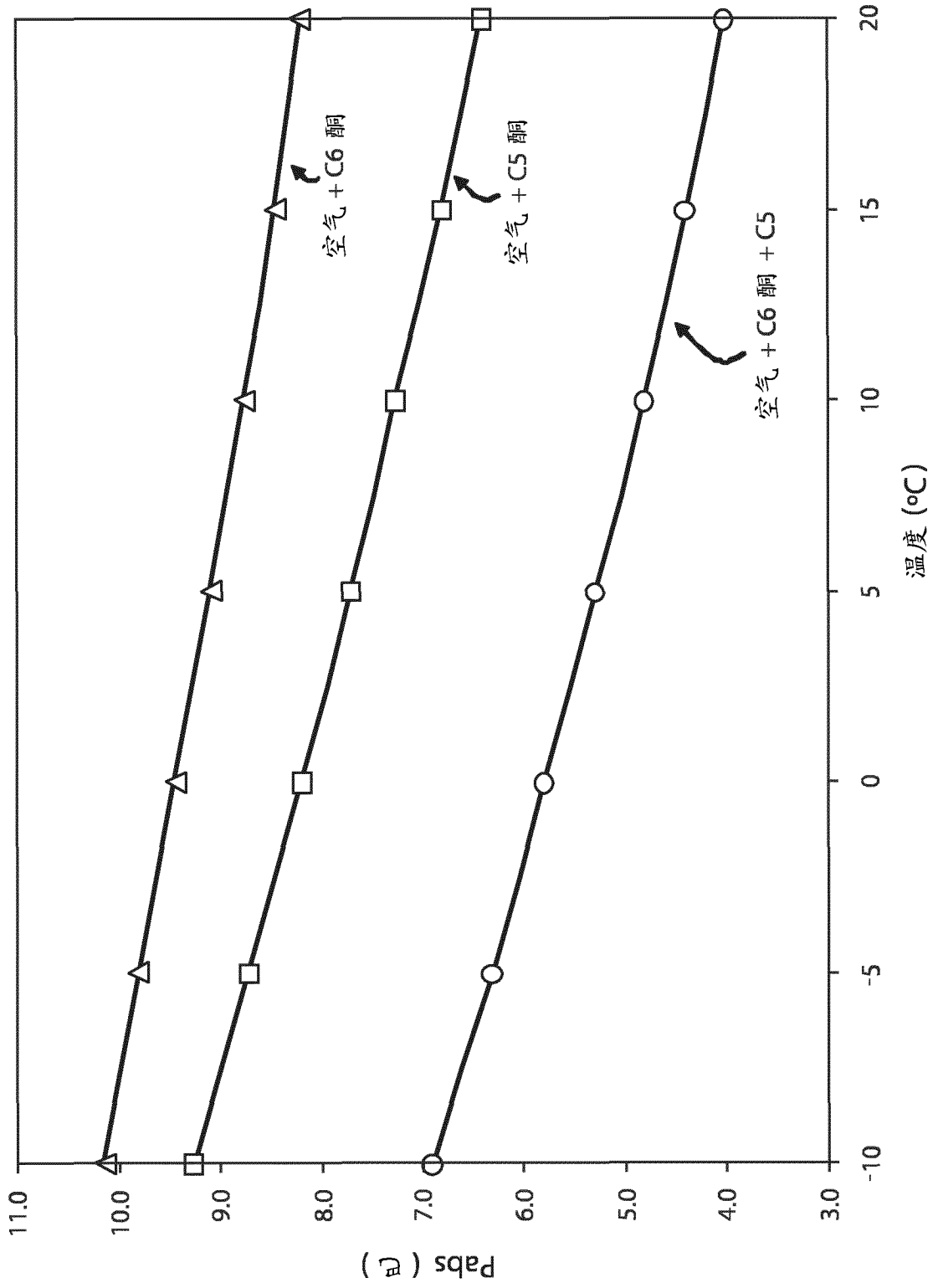


图 2

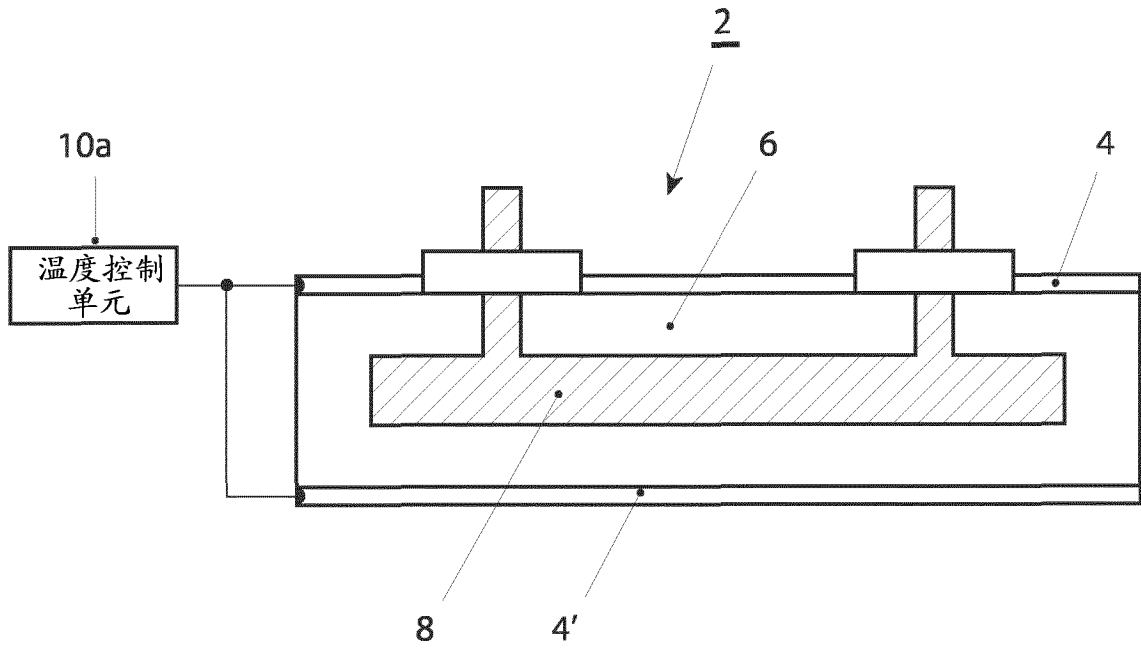


图 3

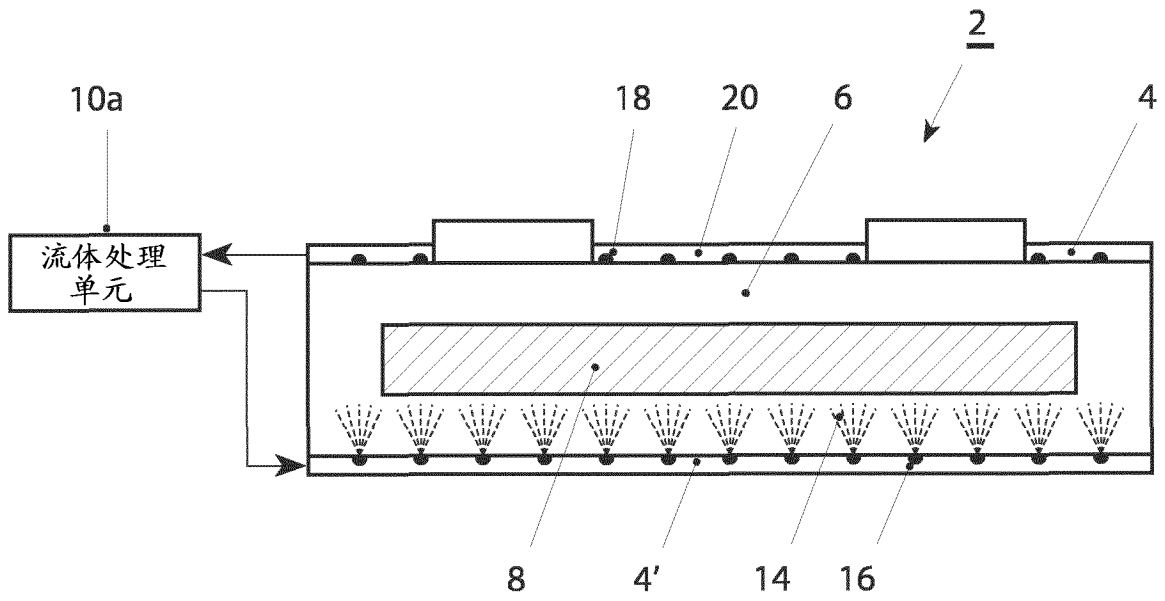


图 4

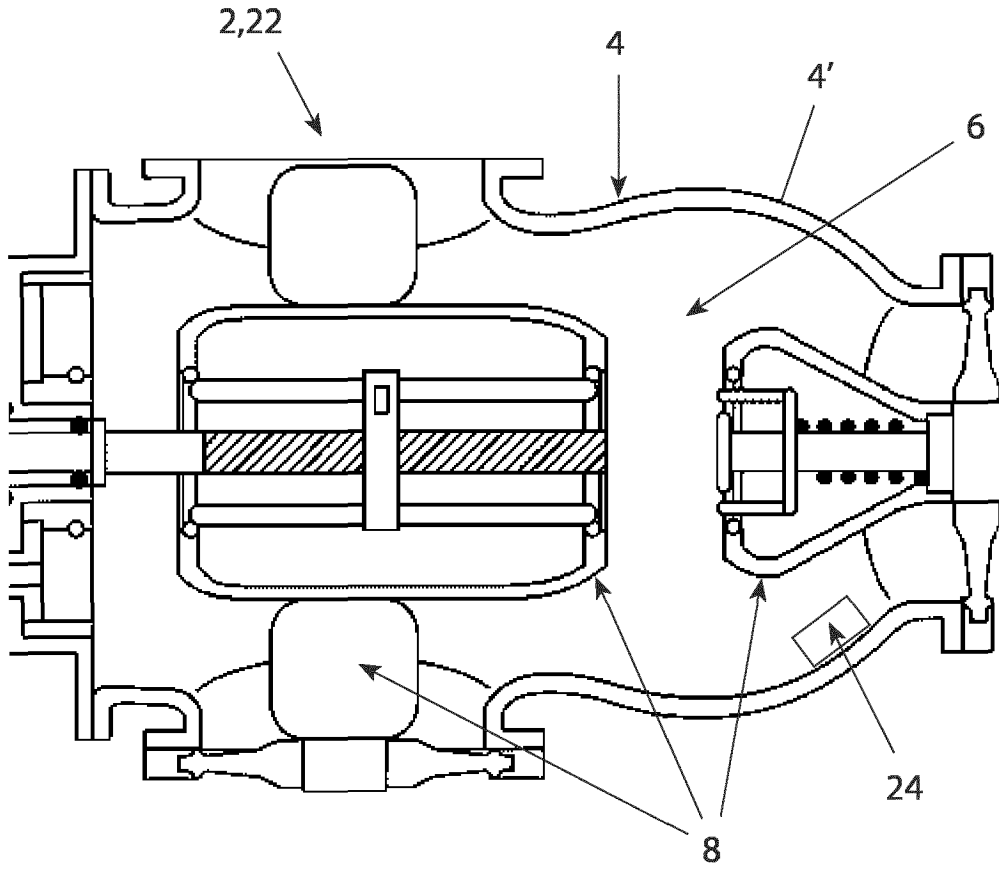


图 5

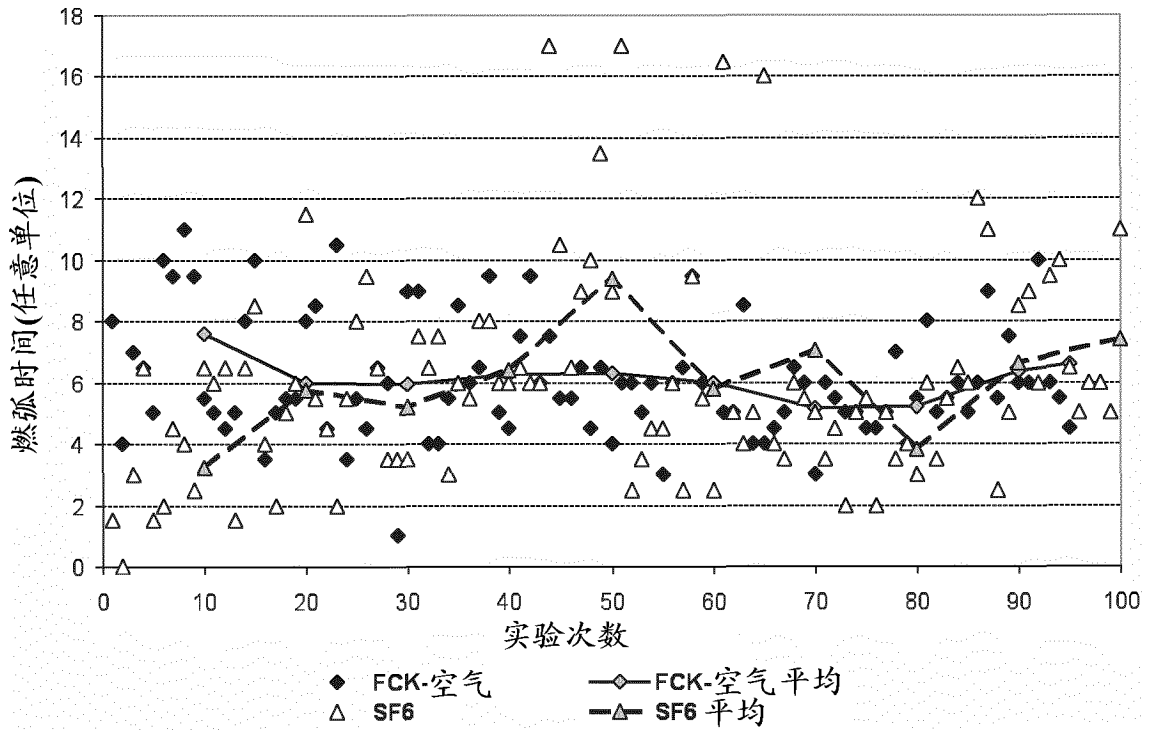


图 6

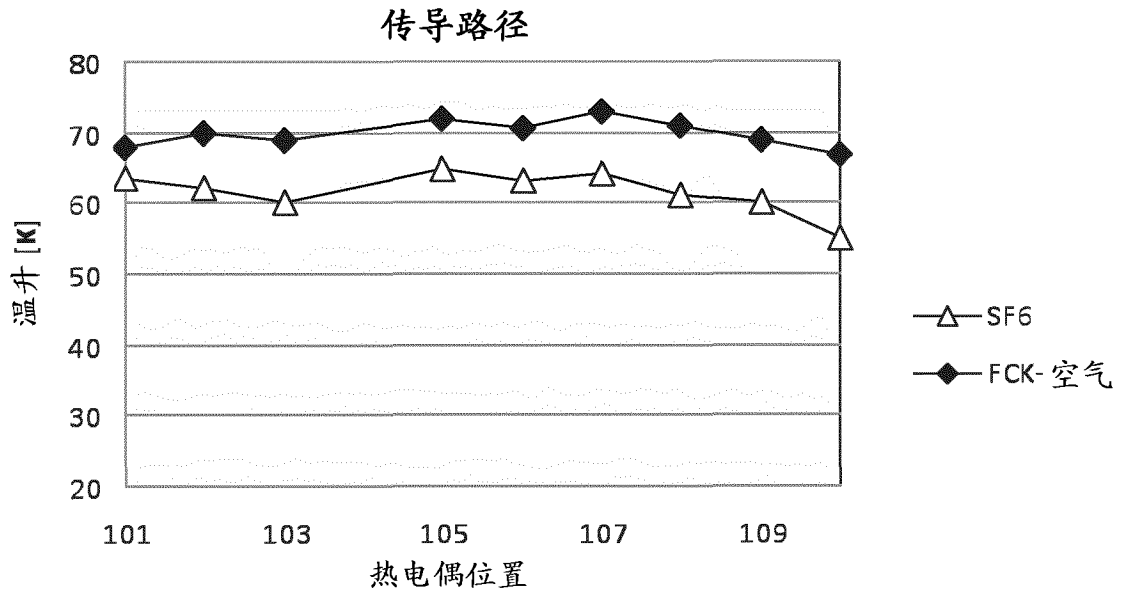


图 7a

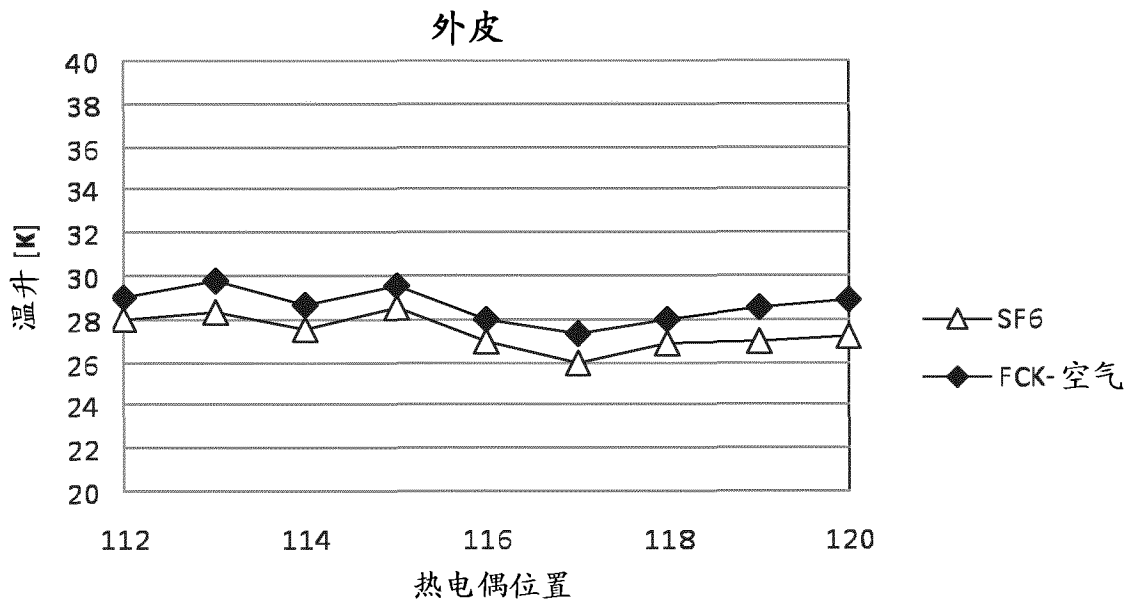


图 7b

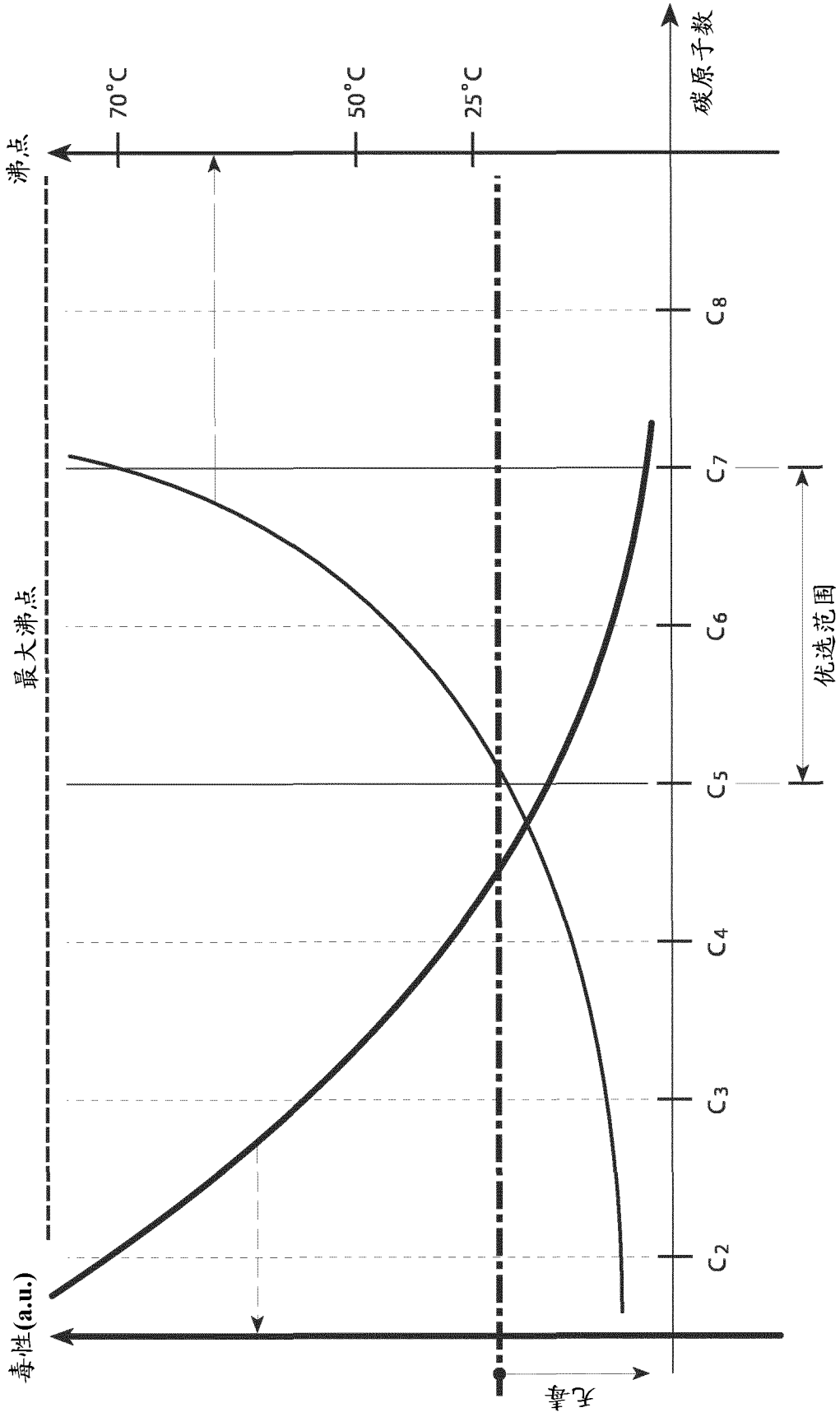


图 8

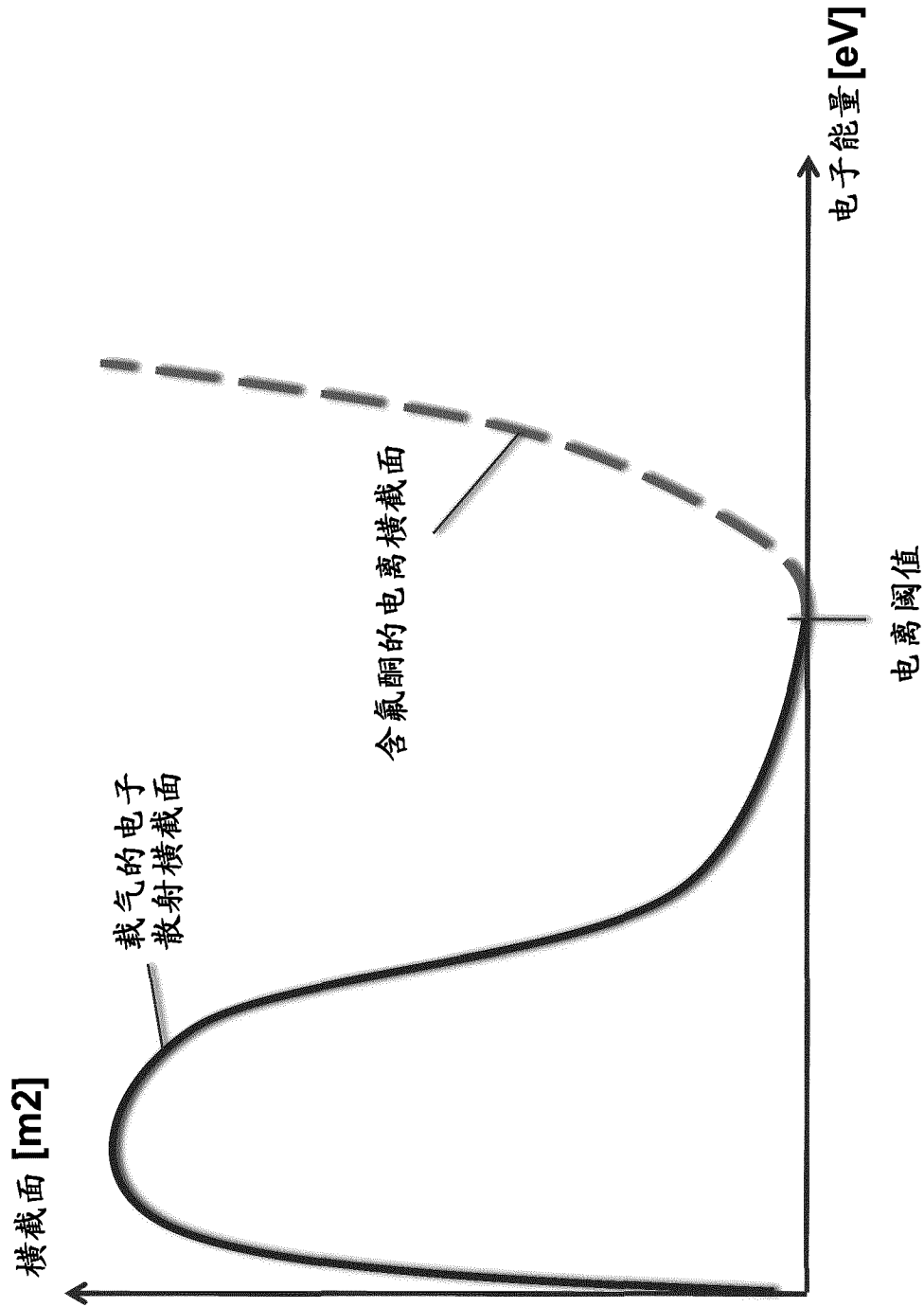


图 9

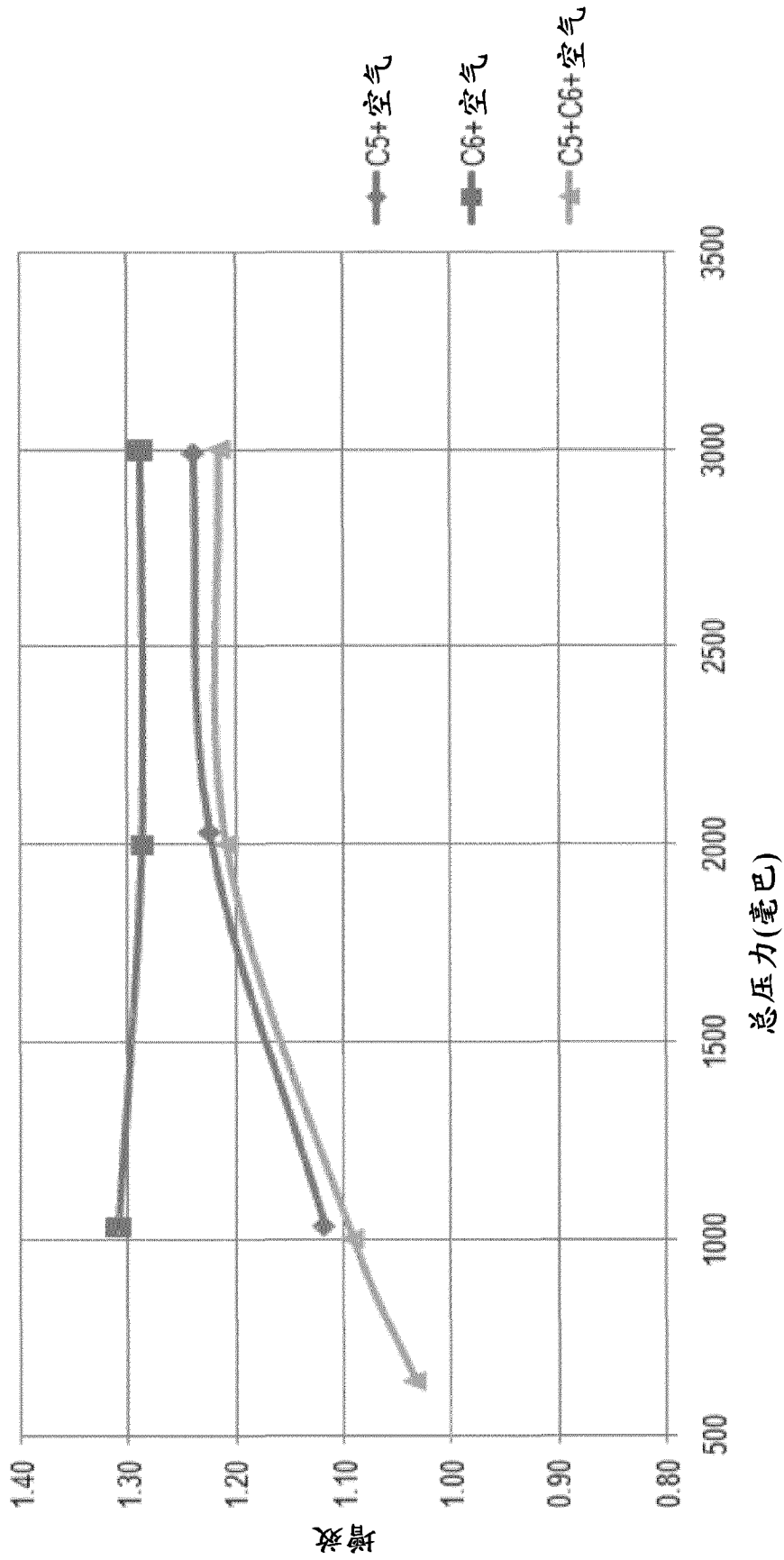


图 10

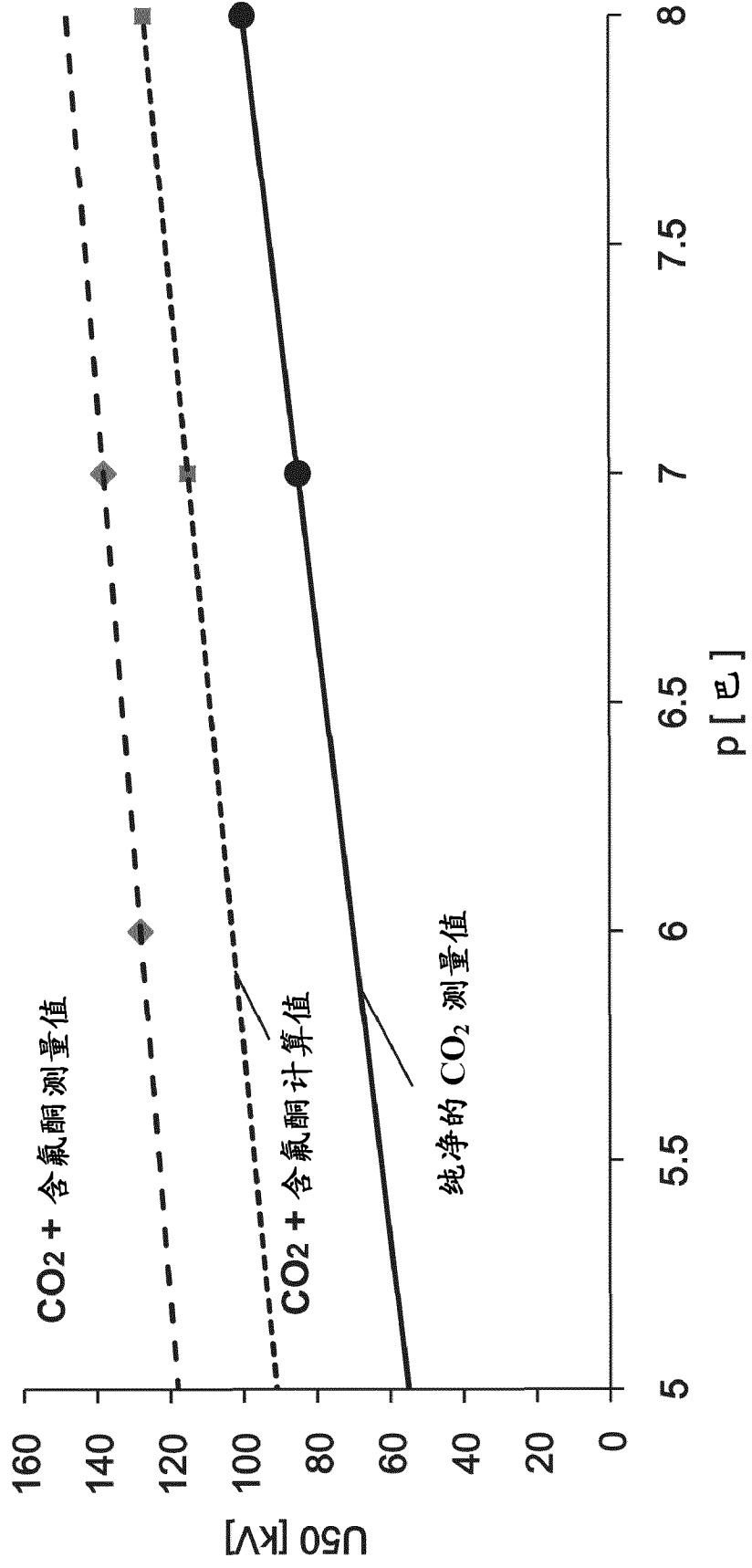


图 11a

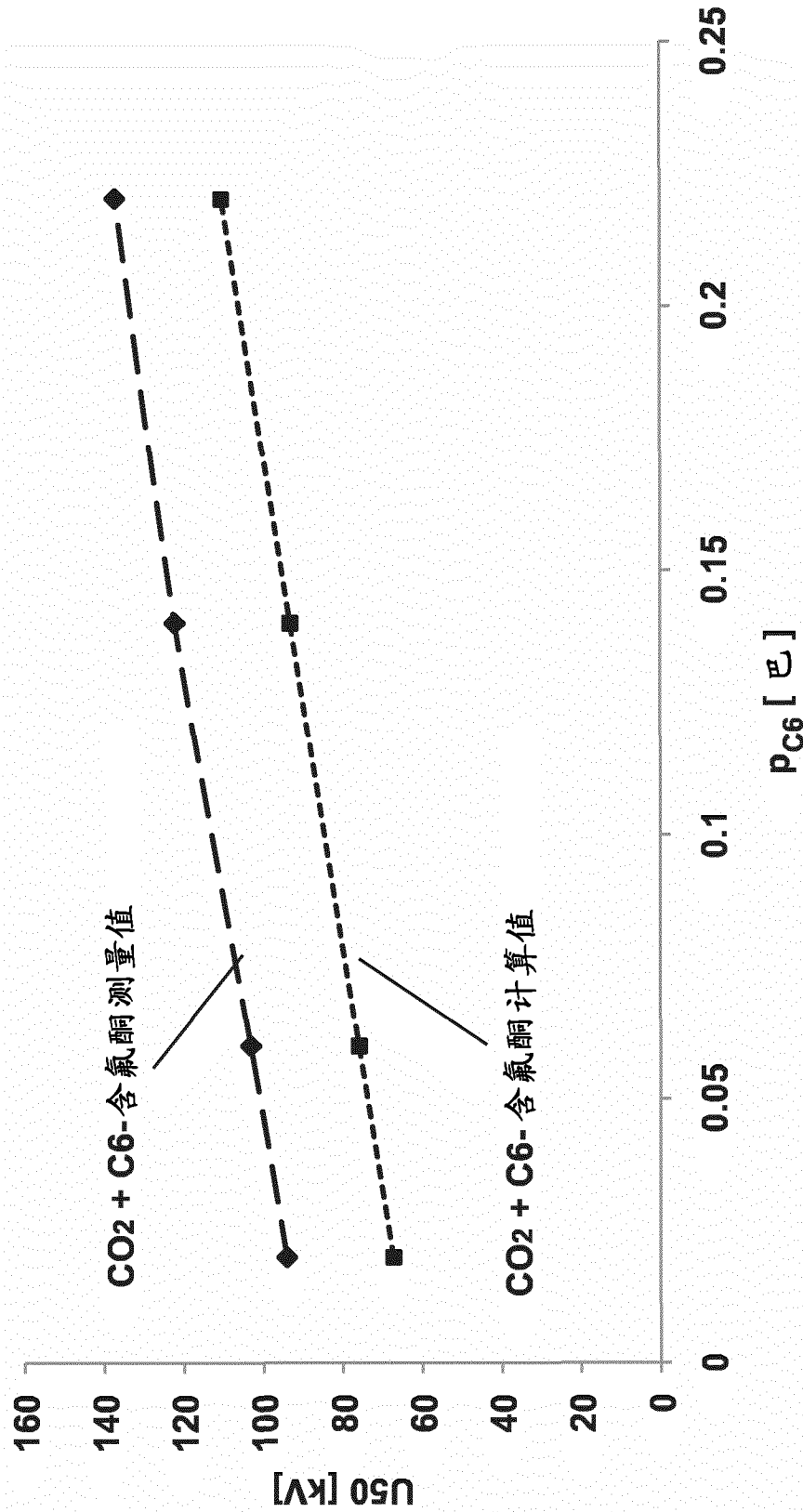


图 11b

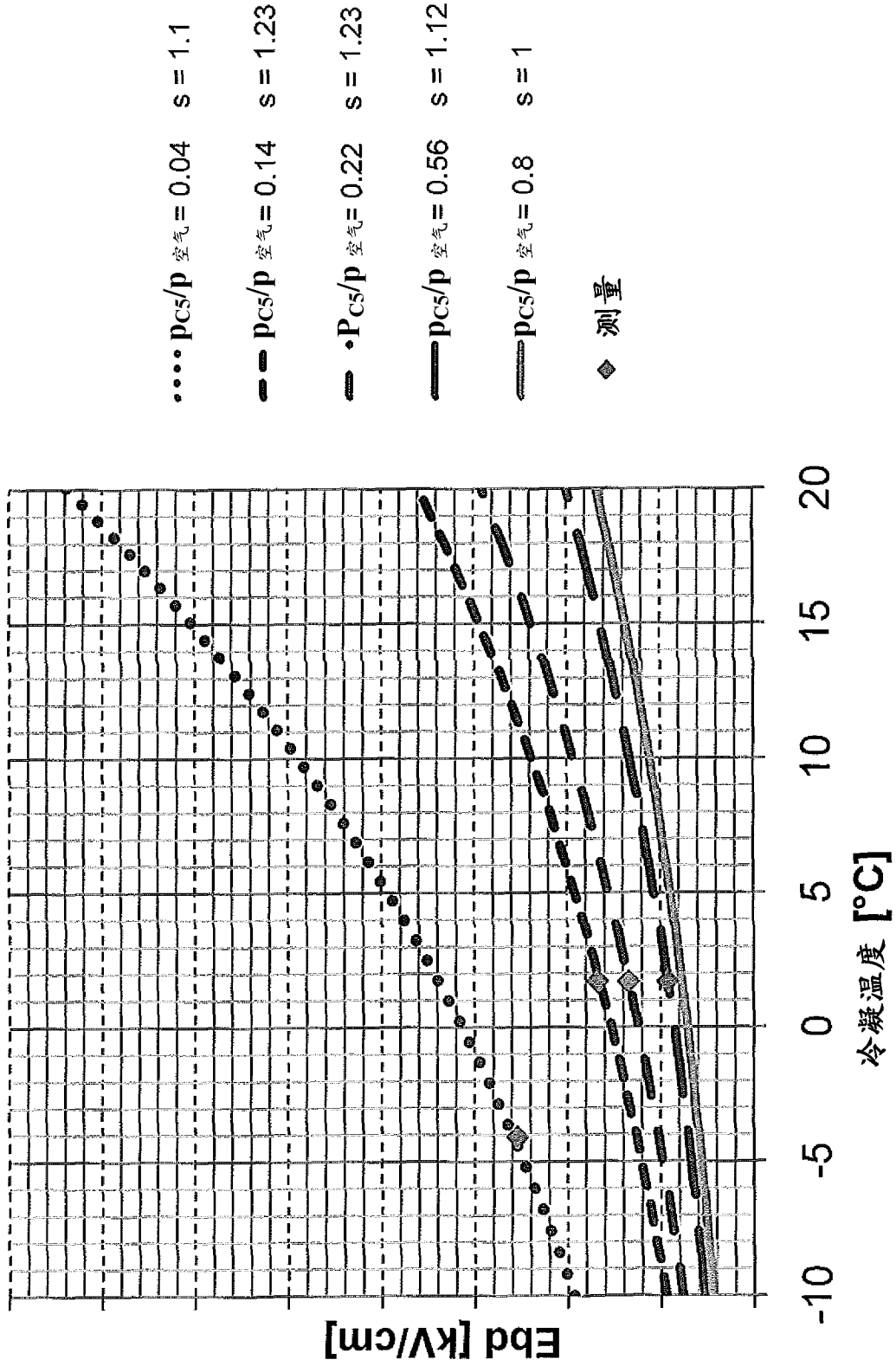


图 12