

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C07C 19/08 (2006.01)

C07C 17/42 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410036806.2

[45] 授权公告日 2007 年 6 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 1321958C

[22] 申请日 1998.1.23

[21] 申请号 200410036806.2

分案原申请号 98802053.X

[30] 优先权

[32] 1997.1.27 [33] US [31] 08/789,679

[73] 专利权人 艾博特公司

地址 美国伊利诺伊州

共同专利权人 中央硝子株式会社

[72] 发明人 C·比尼尔兹 S·H·常

K·R·克洛马克 S·L·黄

河合俊和 小林真奈美

D·罗弗雷多 R·拉格哈范

E·R·斯佩彻尔

H·A·斯特尔马希

[56] 参考文献

CN1125936A 1996.7.3

US4469898A 1984.9.4

审查员 吕 青

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 庞立志

权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称

氟代醚组合物和抑制路易斯酸存在下其降解的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种防止七氟烷被路易斯酸降解的方法,所述方法包括以下步骤:提供一个容器;提供一定量的七氟烷;用一种路易斯酸抑制剂洗涤或漂洗所述容器;将所述一定量的七氟烷放置在所述容器中。本发明还涉及防止七氟烷被路易斯酸降解的另一种方法。

1.一种防止七氟烷被路易斯酸降解的方法，所述方法包括以下步骤：

提供一个容器；

提供一定量的七氟烷；

用一种路易斯酸抑制剂洗涤或漂洗所述容器；

将所述一定量的七氟烷放置在所述容器中。

2.权利要求 1 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂选自水、丁基化的羟基甲苯、羟苯甲酸甲酯、对羟苯甲酸丙酯、丙泊酚，或麝香草酚。

3.权利要求 1 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是水。

4.权利要求 1 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是水饱和的七氟烷。

5.权利要求 1 的方法，其中在洗涤或漂洗和放置步骤之间，所述容器被部分干燥。

6.一种防止七氟烷被路易斯酸降解的方法，所述方法包括：将稳定有效量的路易斯酸抑制剂加入到七氟烷中以防止该七氟烷被路易斯酸降解，其中所述的稳定有效量是 0.0150%w/w 水当量到该路易斯酸抑制剂在该七氟烷中的饱和水平。

7.权利要求 6 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是水。

8.权利要求 6 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是丁基化的羟基甲苯。

9.权利要求 6 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是羟苯甲酸甲酯。

10.权利要求 6 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是对羟苯甲酸丙酯。

11.权利要求 6 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是丙泊酚。

12.权利要求 6 的方法，其中所述路易斯酸抑制剂是麝香草酚。

氟代醚组合物和抑制路易斯酸存在下其降解的方法

技术领域

本发明通常涉及稳定的、麻醉氟代醚组合物，该组合物在路易斯酸存在时不会降解。本发明也涉及抑制路易斯酸存在下氟代醚降解的方法。

发明背景

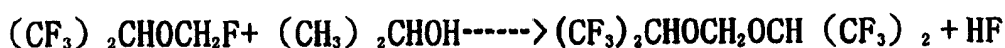
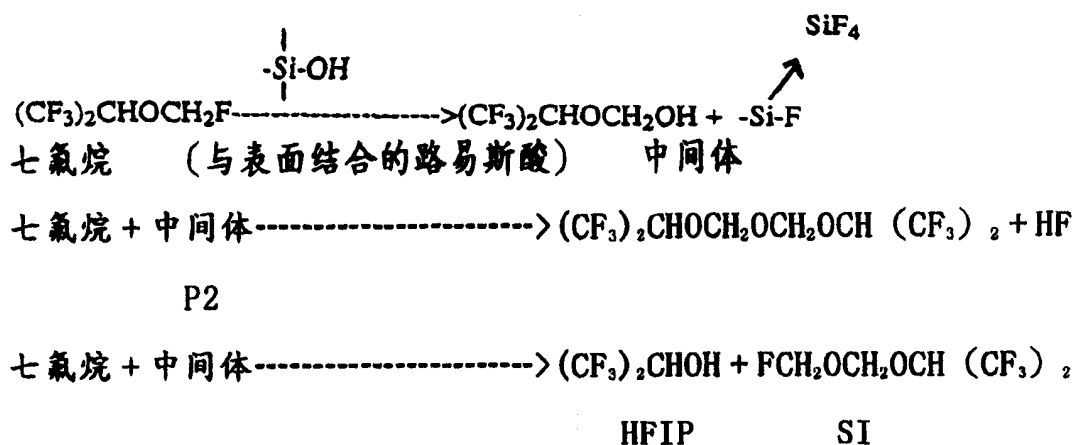
氟代醚化合物常用作麻醉剂。用作麻醉剂的氟代醚化合物所实例包括七氟烷（氟代甲基-2,2,2-三氟-1-(三氟代甲基)乙基醚）、恩氟烷（(±)-2-氟-1,1,2-三氟乙基二氟甲基醚）、异氟烷（1-氟-2,2,2-三氟乙基二氟甲基醚）、甲氧氟烷（2,2-二氟-1,1-二氟乙基甲基醚）和 desflurane (±)-2-二氟甲基-1,2,2,2-四氟乙基醚。

尽管氟代醚是极好的麻醉剂，但发现某些氟代醚有稳定性问题。更具体地说，确定某些氟代醚在一种或多种路易斯酸存在时降解成一些产物，包括潜在的毒性化学物质如氢氟酸。氢氟酸经摄取和吸入是有毒的并高度腐蚀皮肤和粘膜。因此，氟代醚降解成其他化学物质如氢氟酸对医药领域人员来说是非常关注的。

发现氟代醚降解在玻璃容器中发生。相信氟代醚在玻璃容器中降解是由容器中存在的痕迹量的路易斯酸激活的。路易斯酸可来源于氧化铝，它是玻璃的一种天然成分。玻璃壁因某些方式发生变化或蚀刻时，氧化铝暴露出来并与容器中的成分接触。然后，路易斯酸袭击氟代醚并使之降解。

例如，氟代醚七氟烷在无水条件下与在玻璃容器中的一种或多种路易斯酸接触时，路易斯酸启动七氟烷降解为氢氟酸和一些降解产物。七氟烷的降解产物是六氟异丙醇、亚甲基二醇双六氟异丙基醚、二亚甲基二醇双六氟异丙基醚和亚甲基二醇氟甲基六氟异丙基醚。氢氟酸会进一步袭击玻璃表面并因此在玻璃表面暴露更多的路易斯酸。这样进一步使七氟烷降解。

如下说明七氟烷在路易斯酸存在下的降解机制：



缩写	化合物名称	结构式
HFIP	六氟异丙醇	$\text{(CF}_3\text{)}_2\text{CHOH}$
P1	亚甲基二醇双六氟异丙基醚	$\text{(CF}_3\text{)}_2\text{CHOCH}_2\text{OCH (CF}_3\text{)}_2$
P2	二亚甲基二醇双六氟异丙基醚	$\text{(CF}_3\text{)}_2\text{CHOCH}_2\text{OCH}_2\text{OCH (CF}_3\text{)}_2$
SI	亚甲基二醇氟甲基六氟异丙基醚	$\text{(CF}_3\text{)}_2\text{CHOCH}_2\text{OCH}_2\text{F}$

所以，本领域需要存在稳定的含有氟代醚化合物的麻醉组合物，该化合物在路易斯酸存在时不降解。

发明概述

本发明涉及一种防止七氟烷被路易斯酸降解的方法，所述方法包括以下步骤：提供一个容器；提供一定量的七氟烷；用一种路易斯酸抑制剂洗涤或漂洗所述容器；将所述一定量的七氟烷放置在所述容器中。

本发明还涉及另一种防止一定量的七氟烷被路易斯酸降解的方法，所述方法包括：将稳定有效量的路易斯酸抑制剂加入到七氟烷中以防止该七氟烷被路易斯酸降解，其中所述的稳定有效量是0.0150%w/w（水当量）到该路易斯酸抑制剂在该七氟烷中的饱和水平。

附图简述

图1显示存在有相同量的氧化铝（50毫克）时，七氟烷降解随水量的增加而减少的色谱图。图1显示的七氟烷确定的降解产物是

六氟异丙醇（HFIP）、亚甲基二醇双六氟异丙基醚（PI）、二亚甲基二醇双六氟异丙基醚（P2）和亚甲基二醇氟甲基六氟异丙基醚（S1）。

图 2 描述在高压锅中于 119℃ 加热 3 小时后七氟烷降解的色谱图。

图 3 描述在高压釜中于 119℃ 加热 3 小时后水对七氟烷降解影响的色谱图。

图 4 显示实施例 5 和 6 在活性 III 型琥珀玻璃瓶中七氟烷降解物 P2 比较的条形图。该图表明加入 400ppm 的水抑制七氟烷降解。

图 5 显示实施 5 和 6 在活性 III 型琥珀玻璃瓶中七氟烷降解物 S1 比较的条形图。该图表明加入 400ppm 的水抑制七氟烷的降解。

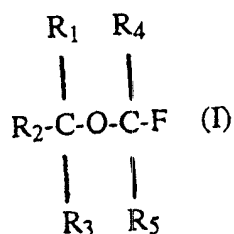
发明详述

本发明提供一种防止七氟烷被路易斯酸降解的方法，所述方法包括以下步骤：提供一个容器；提供一定量的七氟烷；用一种路易斯酸抑制剂洗涤或漂洗所述容器；将所述一定量的七氟烷放置在所述容器中。

本发明提供根据上述方法保护的一种七氟烷产品，它防止了路易斯酸引起的降解。

本发明提供一种稳定的麻醉组合物，它在路易斯酸存在时不降解。

本发明的麻醉组合物含有至少一种无水氟代醚化合物。本文所使用的术语“无水”意指氟代醚化合物含有低于约 50ppm 的水。组合物中使用的氟代醚化合物与下式相对应。



在式 I 中， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和 R_5 独立地为氢、卤素、具有 1 到 4 个碳原子的烷基（ C_1 - C_4 烷基）或具有 1 到 4 个碳原子的取代的烷基（ C_1 - C_4 取代的烷基）。在式 I 优选的实施方案中， R_1 和 R_3 各自

为取代的烷基 CF_3 并且 R_2 、 R_4 和 R_5 各自为氢。

本文所使用的术语“烷基”指由饱和的烃经脱去一个氢原子而衍生的直链或支链烷基。烷基基团的实例包括甲基、乙基、正丙基、异丙基、正丁基、仲丁基、异丁基、叔丁基等。本文所使用的术语“取代的烷基”指由一个或多个基团如卤素、氨基、甲氧基、二氟甲基、三氟甲基、二氯甲基、氯氟甲基等取代的烷基。本文所使用的术语“卤素”指一种周期表中 VIIA 族的负电元素。

具有式 I 的氟代醚化合物含有 α 氟代醚部分 $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{F}-$ 。路易斯酸袭击该部分，导致氟代醚化合物降解为各种降解产物和毒性化学物质。

本发明可以使用的式 I 无水氟代醚化合物的实例是七氟烷、恩氟烷、异氟烷、甲氧氟烷和 desflurane。本发明使用的优选的氟代醚是七氟烷。

制备式 I 氟代醚化合物的方法在本领域中是公知的并且可以在本发明组合物的制备中使用。例如，七氟烷可使用美国专利 3689571 和美国专利 2992276 描述的方法来制备，这两篇文献引入本文供参考。

本发明的组合物含有总量约 98%w/w 到约 100%w/w 具有式 I 的氟代醚化合物。优选地，组合物含有至少 99.0%w/w 的氟代醚化合物。

本发明的麻醉组合物也含有生理可接受的路易斯酸抑制剂。本文所使用的“路易斯酸抑制剂”指任何与路易斯酸的空轨道相互作用并由此阻断酸的潜在反应部位的化合物。任何生理可接受的路易斯酸抑制剂都可用于本发明的组合物。本发明可使用的路易斯酸抑制剂的实例包括水、丁基化的羟基甲苯（1,6-二(1,1-二甲基-乙基)-4-甲基苯酚）、羟苯甲酸甲酯（4-羟基苯甲酸甲酯）、对羟苯甲酸丙酯（4-羟基苯甲酸丙酯）、丙泊酚（propofol）和麝香草酚（5-甲基-2-(1-甲基乙基)苯酚）。

本发明的组合物含有有效稳定量的路易斯酸抑制剂。相信可用于组合物的路易斯酸抑制剂的有效稳定量约为 0.0150%w/w（水的当量）到约路易斯酸抑制剂在氟代醚化合物中的饱和水平。本文所使用的术语“饱和水平”意指路易斯酸抑制剂在氟代醚化合物最大溶

解度水平。可以理解的是饱和水平依赖于温度。饱和水平也将取决于组合物中所使用的特定的氟代醚化合物和特定的路易斯酸抑制剂。例如，氟代醚化合物为七氟烷并且路易斯酸抑制剂为水时，相信稳定组合物所使用的水的量为约 0.0150%w/w 到约 0.14%w/w（饱和水平）。然而，应当注意一旦组合物暴露于路易斯酸，组合物中路易斯酸抑制剂的量随路易斯酸抑制剂与路易斯酸反应而减少以防止路易斯酸抑制剂与组合物发生的不希望的降解反应。

本发明组合物使用的优选的路易斯酸抑制剂是水。可使用纯水或蒸馏水或其组合物。如上文所述，相信可加到组合物中的水的有效量约为 0.0150%w/w 到约 0.14%w/w，并且优选约 0.0400%w/w 到约 0.0800%w/w。对于任何其他路易斯酸抑制剂，应当使用基于水的摩尔的摩尔当量。

氟代醚化合物暴露于路易斯酸时，存在于组合物中的生理可接受的路易斯酸抑制剂为路易斯酸空轨道提供电子并在抑制剂和酸之间形成共价键。因此，防止了路易斯酸与氟代醚的 α 氟代醚部分发生反应并防止了氟代醚降解。

本发明组合物能以几种方式来制备。一方面，容器（如玻璃瓶）首先用路易斯酸抑制剂洗涤或漂洗，然后填充氟代醚化合物。任选地，洗涤或漂洗后，可以将容器进行部分干燥。一旦将氟代醚加到容器中，立即将容器密封。本文所使用的术语“部分干燥”指不完全干燥的过程，化合物残留在被干燥的容器上或容器中。本文所使用的术语“容器”指由玻璃、塑料、钢或其他可用于盛装货物的材料制成的容器。容器的例子包括瓶、安瓿、试管、烧杯等。

另一方面，可将路易斯酸抑制剂加到干燥的容器中，之后用氟代醚化合物填充容器。一旦将路易斯酸抑制剂加入，立即将氟代醚化合物加到容器中。另外，路易斯酸抑制剂可直接加到已经含有氟代醚化合物的容器中。

再一方面，路易斯酸抑制剂可在湿润条件下加入到填充有氟代醚化合物的容器。例如，通过填充有氟代醚化合物的容器在潮湿的房间放置足够长的时间以便允许水在容器中积累，将水加到该容器中。

路易斯酸抑制剂可在制备过程的任何合适的时候加到组合物

中，如在填充到运送容器（如，500 升运送容器）之前的最后制备步骤时加入。合适量的组合物可从该容器进行分配并包装在对于工业使用来说更合适大小的容器中，如，250ml 玻璃瓶中。另外，可使用少量含有合适量路易斯酸抑制剂的组合物洗涤或漂洗容器以中和任何可能存在于容器中的路易斯酸。一旦路易斯酸被中和，倒空容器并将另外量的氟代醚组合物加到容器中，然后密封容器。

现给出本发明的实施例，它们不对本发明构成限制。

实施例 1：活性氧化铝作为路易斯酸

III 型玻璃主要由二氧化硅、氧化钙、氧化钠和氧化铝组成。氧化铝为已知的路易斯酸。玻璃材料对于七氟烷来说通常是惰性的。然而，在某些条件下（无水、酸性），玻璃表面可被袭击或改变，使七氟烷暴露于活性的路易斯酸部位如氧化铝。

通过将各种数量的活化的氧化铝加到含有下列三种水平的湿度的 20ml 七氟烷中来研究水对七氟烷降解的影响：1) 20ppm 水-测量的水，不另外加水；2) 100ppm-示踪；和 3) 260ppm 水-示踪。下表显示试验材料。

表 1

	1	2	3
A	50mg Al_2O_3 20ppm 水	50mg Al_2O_3 100ppm 水	50mg Al_2O_3 260ppm 水
B	20mg Al_2O_3 20ppm 水	20mg Al_2O_3 100ppm 水	20mg Al_2O_3 260ppm 水
C	10mg Al_2O_3 20ppm 水	10mg Al_2O_3 100ppm 水	10mg Al_2O_3 260ppm 水

会理解 20ppm 的水相当于 0.0022%w/w 水。样品被放置在 60℃ 下并在 22 小时后用气相色谱分析。图 1 显示在相同量的氧化铝（50mg）

存在下七氟烷降解随水量的增加而减少(表 1A 行)。在 20mg 和 10mg 的氧化铝情况下观察到类似的趋势(B 和 C 行)。

实施例 2: 在加或不加水的情况下加热来使安瓿中的七氟烷降解
将大约 20ml 的七氟烷加到 50ml I 型透明安瓿中并将大约 20ml 七氟烷和 1300ppm 的水加到第二个安瓿中。两个安瓿都被火焰密封, 然后在高压釜中于 119℃下加热 3 小时。然后通过气相色谱分析两个安瓿中的成分。图 2 显示第一个安瓿中的七氟烷降解。图 3 显示第二个安瓿中的七氟烷因路易斯酸抑制剂, 即加入水而不降解。

实施例 3: 使用示踪水研究安瓿中七氟烷的降解(109ppm-951ppm)

使用 I 型透明玻璃安瓿来研究各种水平的水对抑制七氟烷降解的影响。大约 20ml 的七氟烷和约 109ppm 到约 951ppm 范围的不同水平的水加到各个安瓿中。然后将安瓿密封。总共 10 个安瓿被填充七氟烷并改变水量。5 个安瓿包括在 A 装置中, 其他 5 个安瓿包括在 B 装置中。然后, 将安瓿在高压釜中于 119℃下保持 3 小时。装置 A 中的样品被放置在机械振荡器中过夜来使湿气包裹在玻璃表面。制备装置 B 中的样品, 没有用水包裹玻璃表面, 也制备一些对照样品。两个非高压釜加热的安瓿(对照安瓿 1 和对照安瓿 2)和瓶(对照瓶)分别填充 20ml 七氟烷。任何对照样品中都没有加水。而且, 对照样品不振荡过夜。通过气相色谱测量六氟异丙醇(HFIP)和总降解物(包括亚甲基二醇双六氟异丙基醚、二亚甲基二醇双六氟异丙基醚、亚甲基二醇氟甲基六氟异丙基醚)水平。结果显示在下表 2 中。

表 2

样品	计算的总湿度 (ppm)	pH	HFIP (ppm)	除 HFIP 外的总降解物 (ppm)
对照, 瓶		6.0	6	57
对照, 安瓿 1, RT		3.0	7	50
对照, 安瓿 2, RT		4.0	6	51
A 装置 (振荡过夜)				
1	109	0	1.525	201614
2	206	0	2.456	105518
3	303	0	4.027	127134
4	595	5.0	7	82
5	951	5.0	12	84
B 装置 (不振荡)				
1	109	0	1.936	195364
2	206	0	3.390	170869
3	303	0	5.269	101845
4	595	6.0	21	107
5	951	6.0	10	63

上文表 2 结果表明对于 A 装置和 B 装置中的安瓿来说, 至少 595ppm 的水足以抑制七氟烷降解。结果显示在振荡过夜的安瓿和未振荡过夜的安瓿之间无明显差异。

实施例 4: 使用示踪水七氟烷在 60℃或 40℃研究安瓿中七氟烷的降解

使用 I 型透明玻璃安瓿来研究各种水平的水和温度抑制七氟烷降解的作用。将大约 20ml 七氟烷和大约 109ppm 到约 951ppm 范围的不同水平的水加到各安瓿中。然后将安瓿火焰密封。为了促进降解过程, 将各湿润水平的样品置于两种加热的条件下。样品置于 60℃稳态 144 小时或置于 40℃稳态 200 小时。通过气相色谱和 pH 分析各样品中的七氟烷。测量六氟异丙基醇 (HFIP) 和七氟烷的总降解物。所得结果显示在下表 3 中。

表 3

样品	总湿度	pH	HFIP (ppm)	总降解物 (ppm)
示踪水, 60℃, 144 小时				
1	109	0	850	474796
2	206	3.5	7	48
			8	65
3-1	303	3.5	13	68
			16	68
3-2	303	5.0	8	60
4	595	5.5	7	66
5-1	951	5.5	4	52
5-2	951	5.5	5	60
示踪水, 40℃, 200 小时				
6-1	不加水	0	232	102435
6-2	不加水	2.5	24	68
7	109	3.0	40	77
8	206	5.0	7	59
9	303	5.0	6	59
10	595	6.0	6	60
11	951	6.0	5	60

表 3 结果表明 40℃200 小时, 高于 206ppm 的水浓度抑制七氟烷降解。对于储存在 60℃144 小时或更长时间的样品来说, 高于 303ppm 的水浓度抑制七氟烷降解。该数据暗示温度增加, 抑制七氟烷降解所需的水量将增加。

实施例 5: 活性的 III 型琥珀玻璃瓶中七氟烷的降解

检查用于储存降解七氟烷的 III 型琥珀玻璃瓶。选择显示内壁有明显数量蚀刻的那些瓶。总共选择 10 个 III 型琥珀玻璃瓶。排出在各瓶中包含的降解的七氟烷并用未降解的新鲜七氟烷漂洗该瓶几次。含有大约 20ppm 水的约 100ml 的未降解七氟烷加到各瓶中。在

0 时间和在 50℃加热 18 小时后气相色谱分析所有样品。测量六氟异丙基醇（HFIP）和二亚甲基二醇（P2）醚。所得结果显示在表 4 和 5 中。

表 4

0 时间的结果

瓶号	降解产物（ppm）		
	HFIP	P2	总量
1	124	<10	185
2	84	<10	123
3	77	<10	137
4	56	<10	89
5	144	<10	190
6	63	<10	96
7	58	<10	95
8	60	<10	102
9	51	<10	106
10	65	<10	140

表 5

50℃, 18 小时的结果

瓶号	降解产物 (ppm)		
	HFIP	P2	总量
1	1026	7938	14243
2	912	3013	6428
3	1160	4662	10474
4	908	3117	7381
5	907	6687	11774
6	1128	5448	11313
7	1152	2371	6695
8	1199	2925	7386
9	1560	4183	10325
10	1455	2255	6667

表 4 和 5 的结果显示这些瓶中的玻璃表面被降解的七氟烷“活性”。“活性”的玻璃表面因此起到用于使新鲜七氟烷降解的引发剂的作用。

实施例 6: 七氟烷在活性的 III 型琥珀玻璃瓶中降解的其他研究
通过气相色谱定量实施例 5 中各瓶中七氟烷降解程度。十个瓶被分为两组, 对照 Sevo 组 (包括瓶 2、3、5、7、8) 和研究 Sevo 组 (包括瓶 1、4、6、9、10)。

所有 10 个瓶都用含有约 20ppm 水的未降解的七氟烷重新漂洗几次。对于 5 个对照 Sevo 组瓶来说, 将 100ml 含有大约 20ppm 水的七氟烷加到各瓶中。对于 5 个研究 Sevo 组瓶来说, 将 100ml 含有大约 400ppm 水 (示踪的) 的七氟烷加到各瓶中。

所有样品在 0 时和在 50℃ 下加热 18 小时后进行气相色谱分析。测量六氟异丙醇 (HFIP)、二亚甲基二醇双六氟异丙醚 (P2) 和总降解物。结果显示在下表 6 中。

表 6

0 小时和 18 小时的结果

时间	降解产物 (ppm)					
	HFIP		P2		总降解物	
	0 小时	18 小时	0 小时	18 小时	0 小时	18 小时
对照组 (20ppm 水)						
2	<10	777	<10	2291	<50	5995
3	<10	790	<10	2714	<50	6552
5	11	688	<10	2446	<50	5485
7	<10	894	<10	1171	<50	4124
8	<10	824	<10	1950	<50	5139
研究组 (400ppm 水)						
1	12	605	<10	<10	<50	669
4	<10	84	<10	<10	<50	98
6	<10	331	<10	<10	<50	357
9	<10	294	<10	<10	<50	315
10	10	528	<10	<10	<50	577

表 6 结果表明与表 4 中的 0 小时结果比较, 观察到 0 小时七氟烷没有明显降解。表 6 结果显示研究 Sevo 组 (400ppm 水) 中, 七氟烷降解明显减少。降解物 P2 (二亚甲基二醇双六氟异丙醚) 和 S1 (亚甲基二醇氟甲基六氟异丙基醚) 的量显著低于对照组 (20ppm 水) 的量。然而, 在研究 Sevo 组中 HFIP 浓度十分高, 暗示玻璃表面仍有几分活性。

图 4 显示表 5 和 6 中数据降解物二亚甲基二醇双六氟异丙醚(P2) 的比较图。图 5 显示实施例 5 和 6 所示的降解物亚甲基二醇氟甲基六氟异丙基醚 (S1) 比较图。图 4 和图 5 都表明加入 400ppm 的水都抑制七氟烷降解。

实施例 7: 七氟烷在活性的 III 型琥珀玻璃瓶中降解的其他研究
将七氟烷从实施例 6 的 5 个研究 Sevo 组的瓶中轻轻倒出。将每个瓶用新鲜七氟烷彻底漂洗。然后将大约 125ml 水 饱和的七氟烷加到各瓶中。将 5 个瓶放置在机械滚筒上大约两小时以允许水包裹活

化的瓶表面。从各瓶中倒出水饱和的七氟烷并用 100ml 含有 400 (示踪的) ppm 水的七氟烷代替。在 50℃ 下加热 18 小时、36 小时和 178 小时后气相色谱分析所有样品。测量双六氟异丙醚 (P2) 和总降解物。结果显示在下表 7 中。

表 7

时间	降解产物 (ppm)					
	HFIP		P2		总降解物	
	36 小时	178 小时	36 小时	178 小时	36 小时	178 小时
研究组 (400ppm 水)						
1	<10	16	<10	<10	<50	<50
4	<10	<10	<10	<10	<50	<50
6	<10	28	<10	<10	<50	<50
9	<10	15	<10	<10	<50	<50
10	<10	19	<10	<10	<50	<50

表 7 结果表明在加热前用饱和七氟烷处理活性玻璃表面能大大抑制七氟烷的降解。

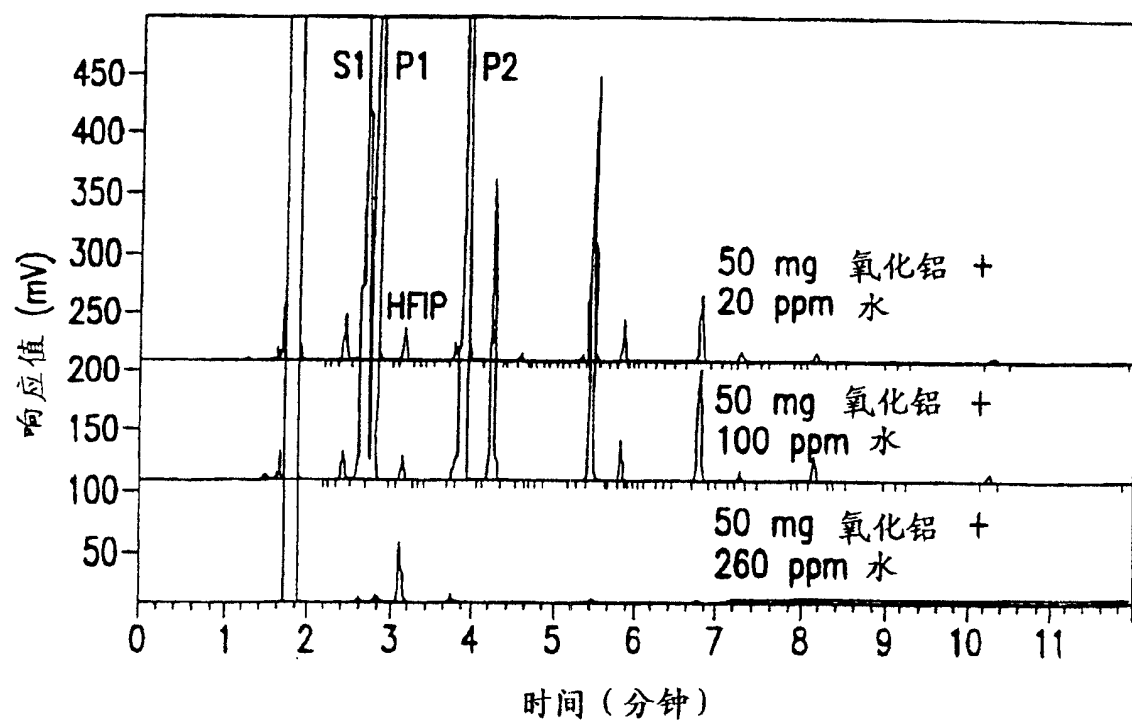


图 1

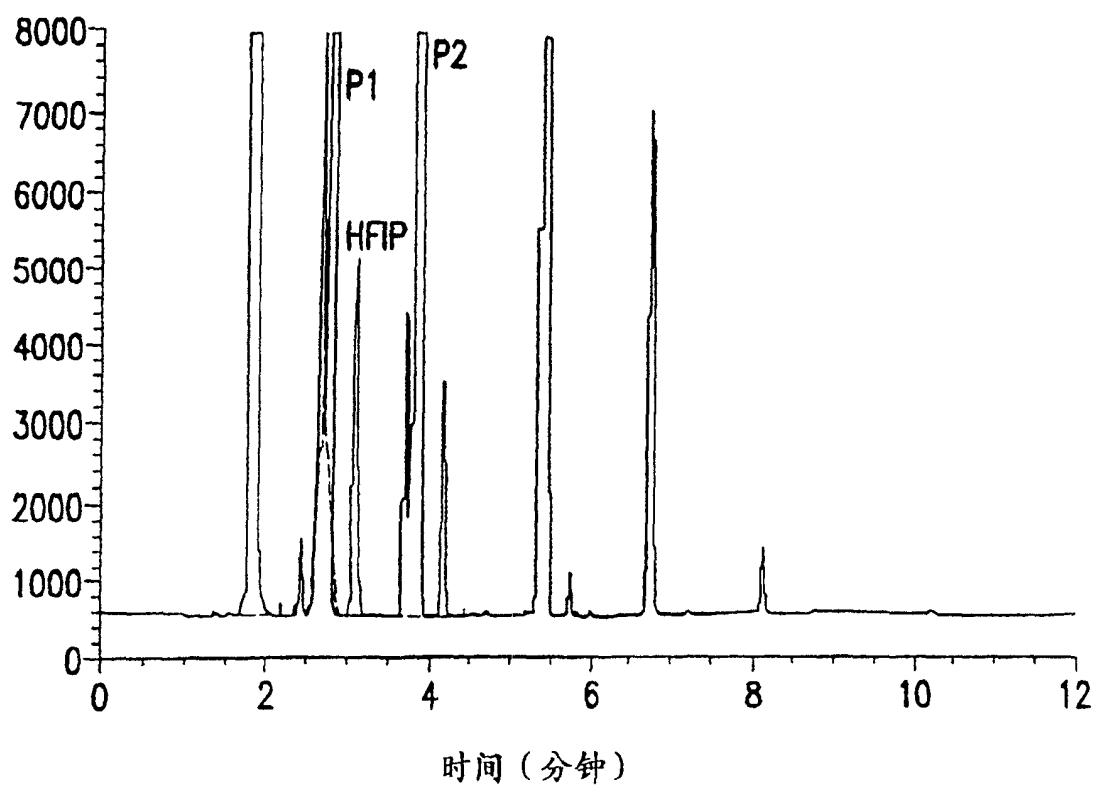


图 2

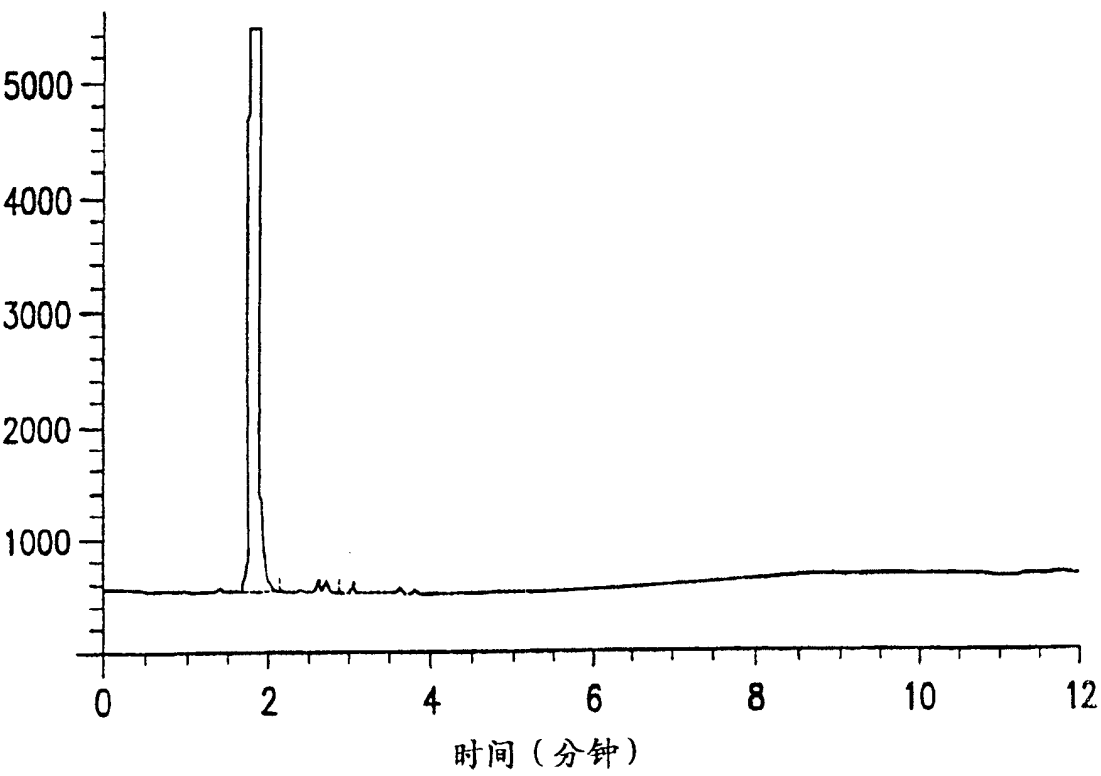


图 3

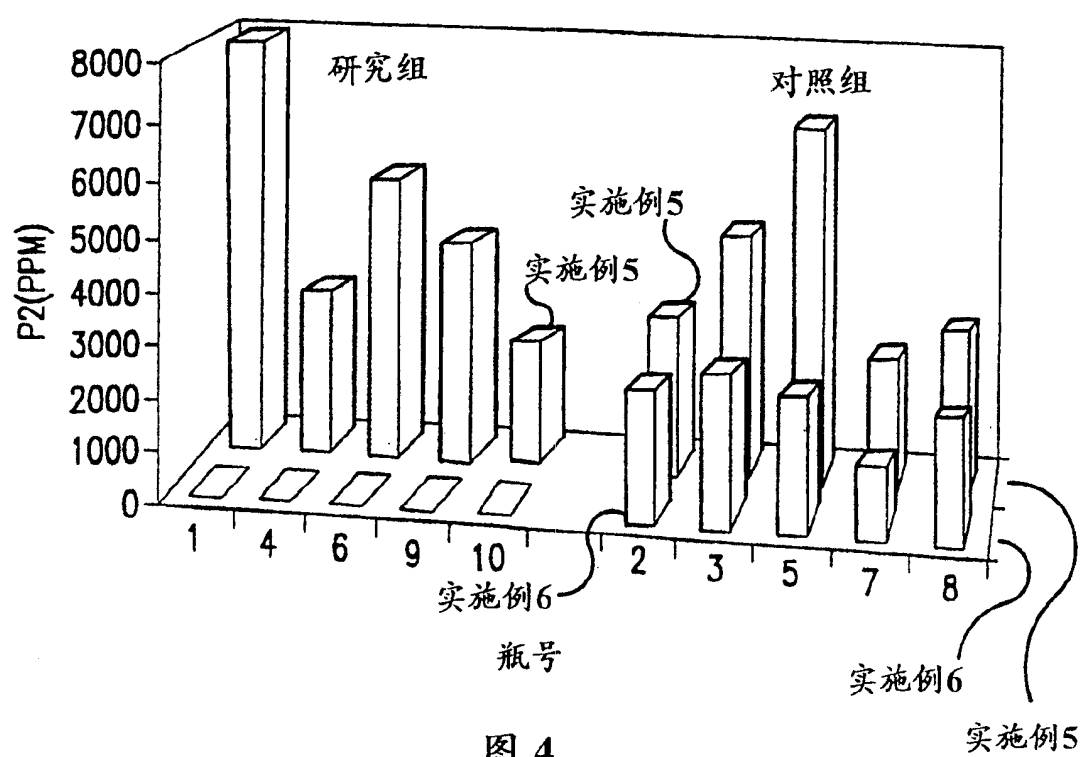


图 4

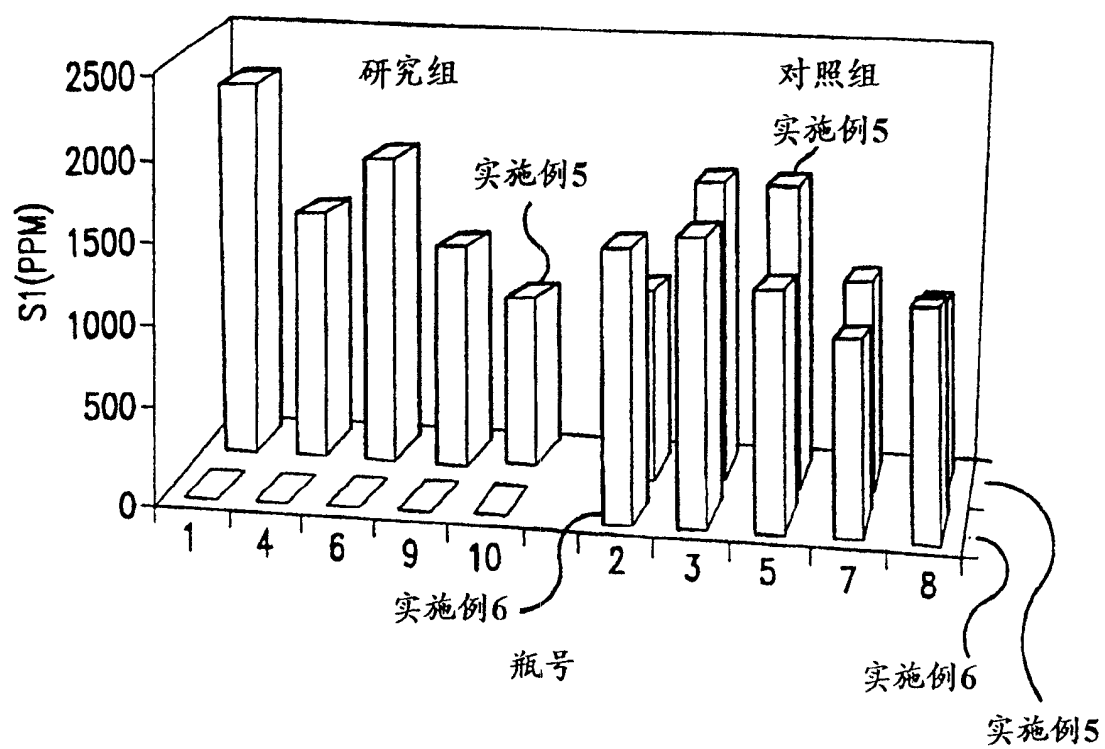


图 5