



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106782941 A

(43)申请公布日 2017. 05. 31

(21)申请号 201611198910.0

(22)申请日 2016.12.22

(71)申请人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路1239号

(72)发明人 安振连 阙龙凯 马勇 单芳婷

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 赵志远

(51) Int. Cl.

H01B 17/50(2006.01)

H01B 19/04(2006.01)

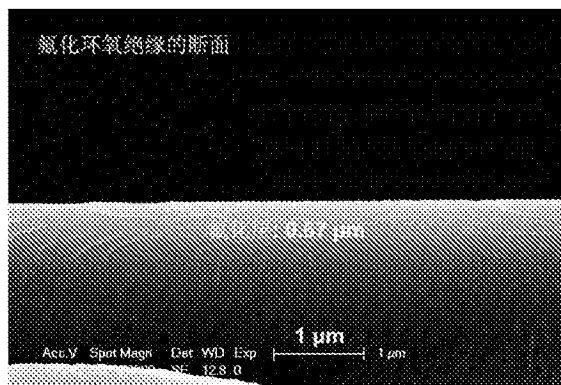
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,该方法是在密闭反应室中,于适宜的温度及压力条件下,使用氟气与氮气的混合气或氟气与惰性气的混合气对环氧绝缘进行氟化处理,在环氧绝缘表面形成含C-F键的氟化层,用以提高环氧绝缘的耐放电性能。与现有技术相比,本发明方法工艺步骤简单,可控性好,经济成本低,能批量、均匀地改性具有任意形状和尺寸的环氧绝缘件,特别适合于商业化应用。



1. 一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,该方法是在密闭反应室中,于适宜的温度及压力条件下,使用氟气与氮气的混合气或氟气与惰性气的混合气对环氧绝缘进行氟化处理,在环氧绝缘表面形成含有C-F键的氟化层,用以提高环氧绝缘的耐放电性能。

2. 根据权利要求1所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的密闭反应室的温度为室温-120℃,压力为0.1-2bar。

3. 根据权利要求2所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的密闭反应室的温度为50-80℃,压力为0.3-1bar。

4. 根据权利要求1所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的氟气占反应性混合气体的体积百分含量为2-50%。

5. 根据权利要求4所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的氟气占反应性混合气体的体积百分含量为10-20%。

6. 根据权利要求5所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的反应性混合气体优选为氟气和氮气的混合气。

7. 根据权利要求1所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的氟化处理的时间为10min-24h。

8. 根据权利要求7所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的氟化处理的时间为30min-2h。

9. 根据权利要求1所述的一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,其特征在于,所述的气体绝缘系统中的绝缘气体包括SF₆或N₂中的一种或两种。

一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法

技术领域

[0001] 本发明属于高电压气体绝缘技术领域,涉及一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法。

背景技术

[0002] 聚合物绝缘子在原材料、配方和制造工艺上已经历了几十年的改进和发展,今天已被市场广泛接受。尤其是环氧绝缘子不仅广泛地应用于户外和户内高电压绝缘,而且现今的密闭气体绝缘系统,如气体绝缘开关设备(GIS)和气体绝缘输电管路(GIL)中使用的所有绝缘子均为盆式或柱状环氧绝缘子。这归因于聚合物绝缘比传统的陶瓷和玻璃绝缘具有许多优点,如具有好的绝缘性能和适应性、简单的制造工艺、重量轻而且容易运输和安装、不易破损。由于突出的电绝缘性、灭弧能力以及化学稳定性、无毒性,SF₆是这些高电压气体绝缘系统及高电压气吹断路器中最常用的气体绝缘介质。另一方面,与SF₆极高的温室效应相比,N₂是典型、廉价的环境友好气体,并且人们现已发现在SF₆中混入适当比例的N₂,不会显著地影响气体绝缘系统的绝缘性能。然而,与陶瓷和玻璃绝缘相比,聚合物绝缘使用过程中,由于放电等因素易于老化、降解,尤其是沿面闪络或电弧事故的发生,更容易导致聚合物绝缘表面严重降解或碳化,使其绝缘性能丧失,而不得不进行更换。这不仅会带来直接的经济损失,而且由于断电则可能会引起重大的间接经济损失。因此,耐放电烧蚀能力是聚合物绝缘最重要的性能之一。

发明内容

[0003] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种工艺简单,仅改变环氧绝缘表层的物化特征而不改变其它任何体特征及特性,可在宽的氟化条件下显著提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法。

[0004] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0005] 一种用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法,该方法是在密闭反应室中,于适宜的温度及压力条件下,使用氟气与氮气的混合气或氟气与惰性气的混合气对环氧绝缘进行氟化处理,在环氧绝缘表面形成含有C-F键的表层(氟化层),用以提高环氧绝缘的耐放电性能。

[0006] 所述的密闭反应室的温度为室温-120℃,压力为0.1-2bar。

[0007] 作为优选的技术方案,所述的密闭反应室的温度为50-80℃,压力为0.3-1bar。

[0008] 所述的氟气占反应性混合气体的体积百分含量为2-50%。

[0009] 作为优选的技术方案,所述的氟气占反应性混合气的体积百分含量为10-20%。

[0010] 所述的反应性混合气体优选为氟气和氮气混合气。

[0011] 所述的气体绝缘系统中的绝缘气体包括SF₆或N₂中的一种或两种。

[0012] 所述的氟化处理的时间为10min-24h。

[0013] 作为优选的技术方案,所述的氟化处理的时间为30min-2h。

[0014] 本发明中,使用含有氟气的反应性混合气体对环氧绝缘进行氟化处理,在环氧绝缘表面形成含有C-F键的表层(氟化层)的厚度为0.3-2 μm 。

[0015] 本发明的设计思路是在密闭的反应室中,在一定的温度和反应压力下,使用含一定氟气体积浓度的反应性混合气,氟化处理环氧绝缘一定的时间。由于环氧绝缘的表层被氟化,从而形成了具有一定厚度的氟化层(即含有C-F键的表层),经本发明改性的环氧绝缘,在SF₆气、N₂气或SF₆/N₂混合气中的耐放电能力(或耐放电烧蚀次数)分别提高了1.5~2.5倍、9.0~14.0倍或3.0~14.5倍(取决于氟化条件及SF₆和N₂气的混合比例)。

[0016] 与现有技术相比,本发明具有以下特点:

[0017] 1) 本发明采用一种工艺简单、技术成熟、极为有效的气相改性方法,仅改变环氧绝缘表层的物化特征、不改变其任何体特征和特性,且不同于“物理涂层”、该氟化的表层与未氟化的内层间为一“有机(化学)结合”的整体;

[0018] 2) 采用本发明方法,能在宽的氟化条件下显著地提高气体绝缘系统中环氧绝缘的耐放电能力,适用范围广,实用性好;

[0019] 3) 工艺步骤简单,可控性好,经济成本低,能批量、均匀地改性具有任意形状和尺寸的环氧绝缘件,特别适合于商业化应用。

附图说明

[0020] 图1为本发明方法的环氧绝缘气相氟化处理系统示意图;

[0021] 图2为经本发明方法(实施例1)改性前后的环氧绝缘的衰减全反射红外谱;

[0022] 图3为经本发明方法(实施例1)改性后的环氧绝缘的断面电子显微镜像;

[0023] 图4为经本发明方法(实施例1)改性前后的环氧绝缘的表面电子显微镜像;

[0024] 图5为下述实施例中耐放电试验所用的指形电极和试样示意图;

[0025] 图6为经本发明方法(实施例3)改性前后的7个环氧绝缘在SF₆气中交流闪络电压随闪络次数的变化;

[0026] 图7为经本发明方法(实施例3)改性前后环氧绝缘表面随在SF₆气中交流闪络次数的典型变化。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0028] 首先请参阅图1。本发明方法的工艺简单,仅需将环氧绝缘置于氟化室中,在“发明内容”中所说明的宽的氟化条件下对其进行气相氟化处理。

[0029] 请参阅图2~图4。绝缘材料的耐放电能力取决于其化学组成和结构。本发明方法通过氟原子对环氧绝缘表层中的氢原子和其它基团的取代及对表层中双键的加成,在环氧绝缘表层中形成了有机化学中“最强”的单键(C-F键),同时改变了环氧绝缘表层的化学和物理结构,从而达到了提高其耐放电性能的目的。本发明中,使用含有氟气的反应性混合气体对环氧绝缘进行氟化处理,在环氧绝缘表面形成了含有C-F键的表层(氟化层)的厚度为0.3-2 μm 。

[0030] 详细如下文中的实施例所述,及图6和图7的典型结果(实施例3)所显示的,与未经本发明方法表层改性的环氧绝缘相比,采用本发明方法改性后的环氧绝缘,在SF₆气、N₂气或

SF₆/N₂混合气中的耐放电能力(能够耐放电烧蚀的次数)分别提高了1.5~2.5倍、9.0~14.0倍或3.0~14.5倍(取决于氟化条件及SF₆和N₂气的混合比例)。因此,本发明方法对延长气体绝缘系统中环氧绝缘的使用寿命效果显著,具有明显的实际应用价值。

[0031] 下文中所列举的用于提高气体绝缘系统中环氧绝缘耐放电性能的方法的各实施例,如图5所示,均使用相同的不锈钢指形电极和2.5mm厚的环氧绝缘片状试样。环氧绝缘片状试样的氟化处理是在密闭反应室中,于适宜的温度及压力条件下,使用氟气/氮气混合气进行。在进行耐放电能力试验时,不锈钢密闭试验仓中SF₆气、N₂气或两者的混合气的压力均为1bar。N₂气的闪络试验以直流、线性升压的方式,而SF₆气或SF₆/N₂混合气中的闪络试验,采用交流、线性升压的方式。

[0032] 实施例1

[0033] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为55℃,压力为1bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为12.5%,氟化处理的时间为30min。

[0034] 耐放电烧蚀情形:具体结果如表1所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘,在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了11.3倍,且平均直流闪络电压提高了14.1%,在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了2.0倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0035] 实施例2

[0036] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为25℃,压力为0.1bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为50%,氟化处理的时间为4h。

[0037] 耐放电烧蚀情形:具体结果如表1所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘,在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了10.8倍,且平均直流闪络电压提高了5.0%,在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了1.5倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0038] 实施例3

[0039] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为85℃,压力为1bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为12.5%,氟化处理的时间为30min。

[0040] 耐放电烧蚀情形:具体结果如表1所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘,在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了12.0倍,且平均直流闪络电压提高了19.8%,在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了2.2倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0041] 实施例4

[0042] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为25℃,压力为0.5bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为25%,氟化处理的时间为2h。

[0043] 耐放电烧蚀情形:具体结果如表1所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘,在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了11.5倍,且平均直流闪络电压提高了5.9%,在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了1.6倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0044] 实施例5

[0045] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为120℃,压力为2bar。氟气占反应

性混合气体的体积百分含量为2%，氟化处理的时间为10min。

[0046] 耐放电烧蚀情形：具体结果如表1所示，经该表层氟化改性的环氧绝缘，在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了10.0倍，且平均直流闪络电压提高了13.0%，在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了1.5倍，而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0047] 实施例6

[0048] 环氧绝缘的氟化处理条件：密闭反应室的温度为100℃，压力为1.5bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为5%，氟化处理的时间为15min。

[0049] 耐放电烧蚀情形：具体结果如表1所示，经该表层氟化改性的环氧绝缘，在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了11.0倍，且平均直流闪络电压提高了12.3%，在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了1.6倍，而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0050] 实施例7

[0051] 环氧绝缘的氟化处理条件：密闭反应室的温度为15℃，压力为1bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为15%，氟化处理的时间为24h。

[0052] 耐放电烧蚀情形：具体结果如表1所示，经该表层氟化改性的环氧绝缘，在N₂气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了13.5倍，且平均直流闪络电压提高了6.7%，在SF₆气中的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比提高了2.5倍，而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0053] 表1未氟化环氧绝缘和实施例1-7的氟化环氧绝缘、在N₂气和SF₆气中的平均耐放电烧蚀次数与平均闪络电压

[0054]

环氧绝缘试样	N ₂ 气中的耐放电与闪络电压 (kV)		SF ₆ 气中的耐放电与闪络电压 (kV)	
	平均耐放电次数	平均闪络电压	平均耐放电次数	平均闪络电压
未氟化	1.3	17.47	5.0	40.76
实施例1 氟化	22.5	19.93	10.0	41.10
实施例2 氟化	21.5	18.34	7.5	40.86
实施例3 氟化	24.0	20.93	11.0	41.30

[0055]

实施例4 氟化	23.0	18.50	8.0	40.98
实施例5 氟化	20.0	19.74	7.6	40.90
实施例6 氟化	22.0	19.62	7.8	41.90
实施例7 氟化	27.0	18.64	12.5	41.03

[0056] 实施例8

[0057] 环氧绝缘的氟化处理条件：密闭反应室的温度为95℃，压力为1.5bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为8%，氟化处理的时间为20min。

[0058] 在SF₆/N₂体积比为1:4、1:1或4:1的混合绝缘气中的耐放电烧蚀情形:具体结果如表2所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比分别提高了11.4、6.8或3.8倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0059] 实施例9

[0060] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为65℃,压力为0.2bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为35%,氟化处理的时间为2h。

[0061] 在SF₆/N₂体积比为1:4、1:1或4:1的混合绝缘气中的耐放电烧蚀情形:具体结果如表2所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比分别提高了10.8、6.1或3.2倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0062] 实施例10

[0063] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为120℃,压力为0.1bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为50%,氟化处理的时间为12h。

[0064] 在SF₆/N₂体积比为1:4、1:1或4:1的混合绝缘气中的耐放电烧蚀情形:具体结果如表2所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比分别提高了10.1、5.9或3.2倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0065] 实施例11

[0066] 环氧绝缘的氟化处理条件:密闭反应室的温度为15℃,压力为2bar。氟气占反应性混合气体的体积百分含量为2%,氟化处理的时间为24h。

[0067] 在SF₆/N₂体积比为1:4、1:1或4:1的混合绝缘气中的耐放电烧蚀情形:具体结果如表2所示,经该表层氟化改性的环氧绝缘的平均耐放电烧蚀能力(次数)与未氟化的环氧绝缘相比分别提高了13.7、8.1或4.5倍,而平均交流闪络电压没有明显的变化。

[0068] 表2未氟化环氧绝缘和实施例8-11的氟化环氧绝缘、在SF₆/N₂混合绝缘气中的平均耐放电烧蚀次数与平均闪络电压

[0069]

环氧绝缘试样	SF ₆ /N ₂ 混合气的体积比					
	1:4	1:1	4:1	1:4	1:1	4:1
	平均耐放电次数			平均闪络电压(kV)		
未氟化	2.6	3.6	4.5	23.1	31.5	39.8
实施例8 氟化	29.7	24.3	16.9	23.9	32.7	40.2
实施例9 氟化	28	22.3	14.6	24.2	33.2	40.8
实施例10 氟化	26.2	21.2	14.2	23.6	31.9	40.0
实施例11 氟化	35.7	29	20.3	22.9	32.4	39.9

[0070] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的

保护范围之内。

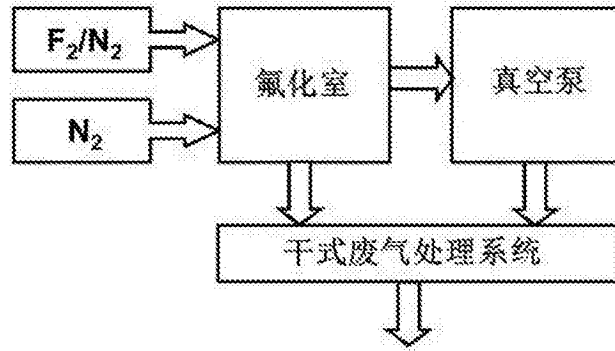


图1

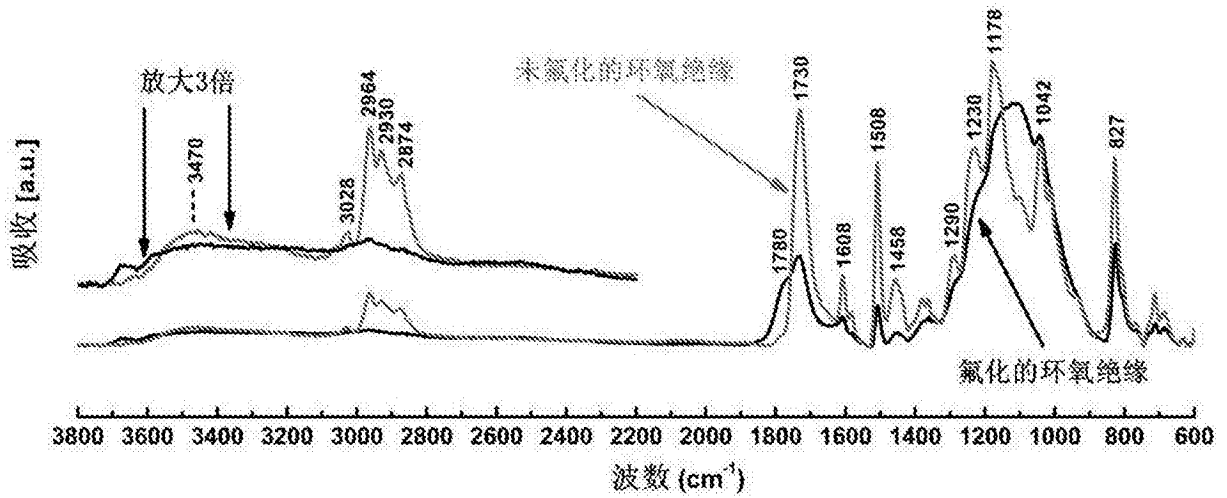


图2

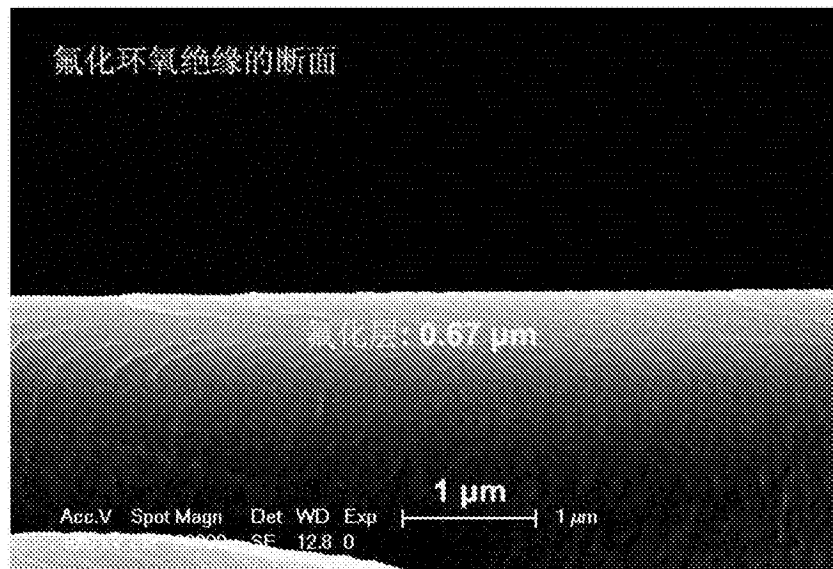


图3

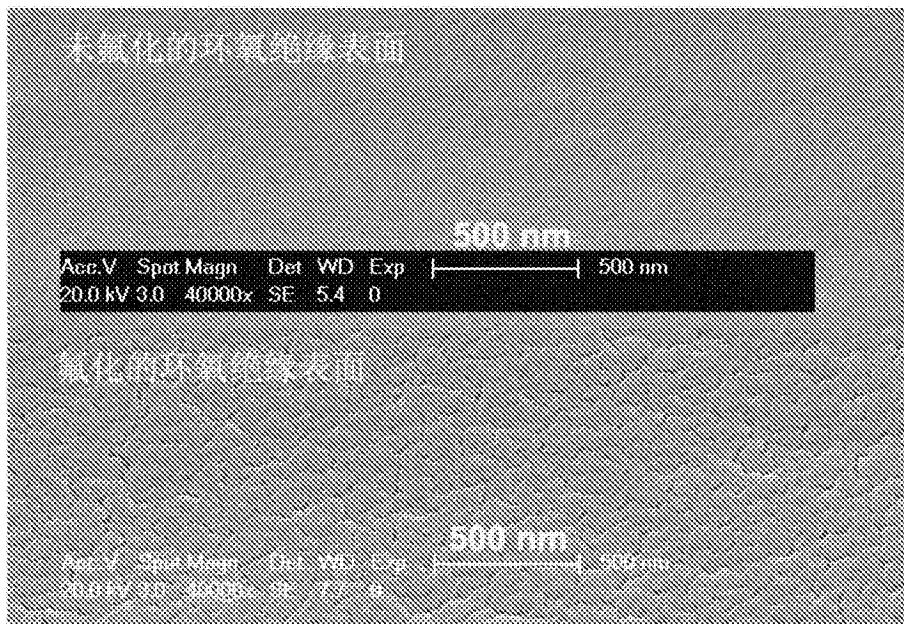


图4

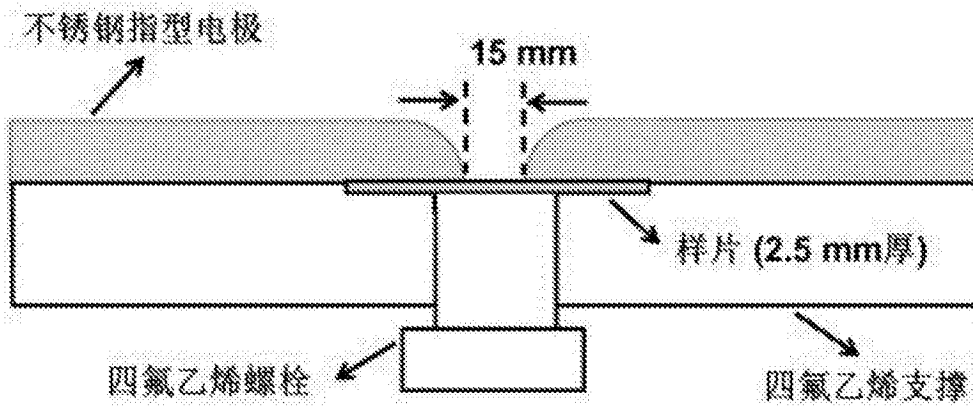


图5

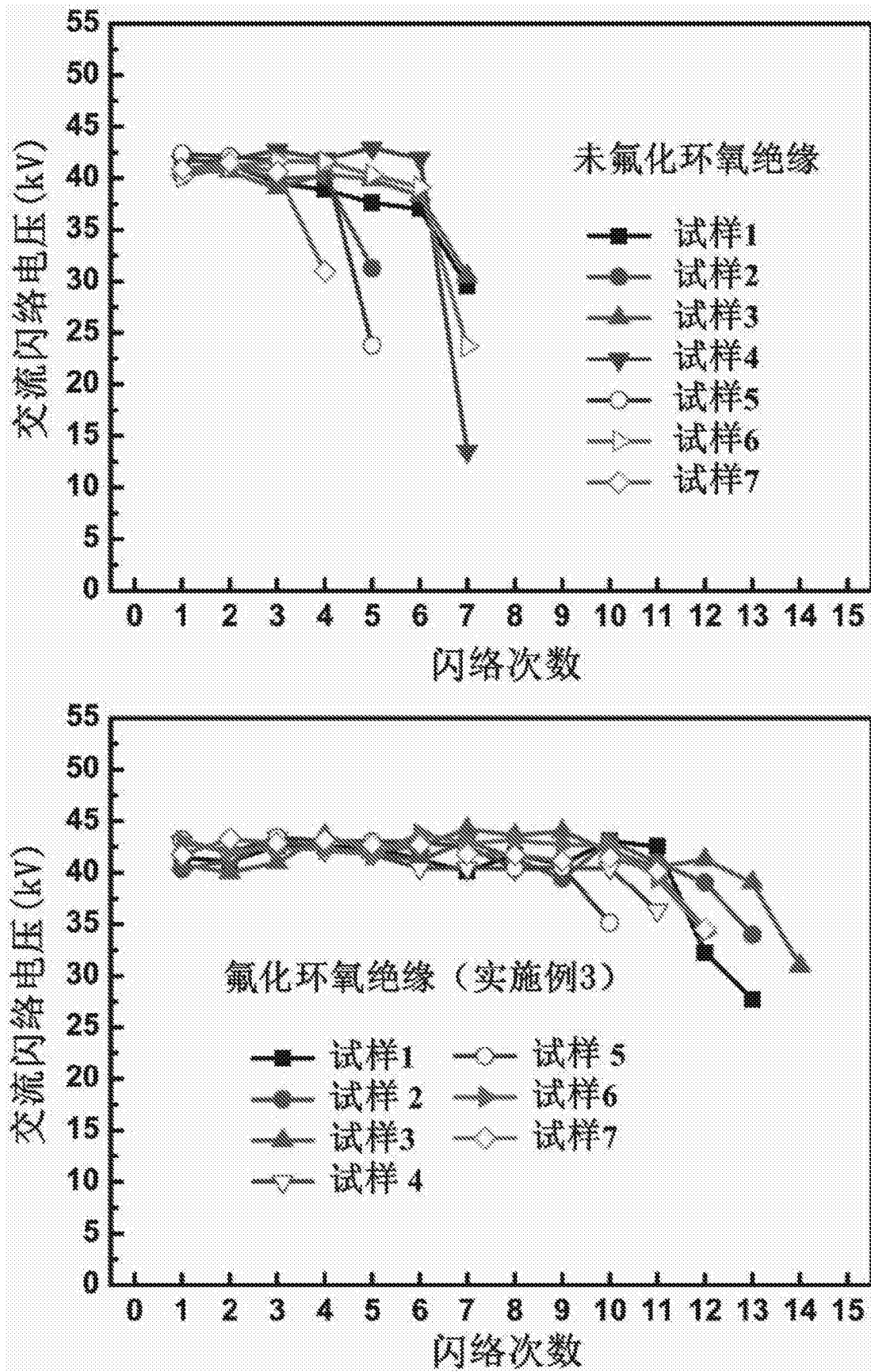


图6

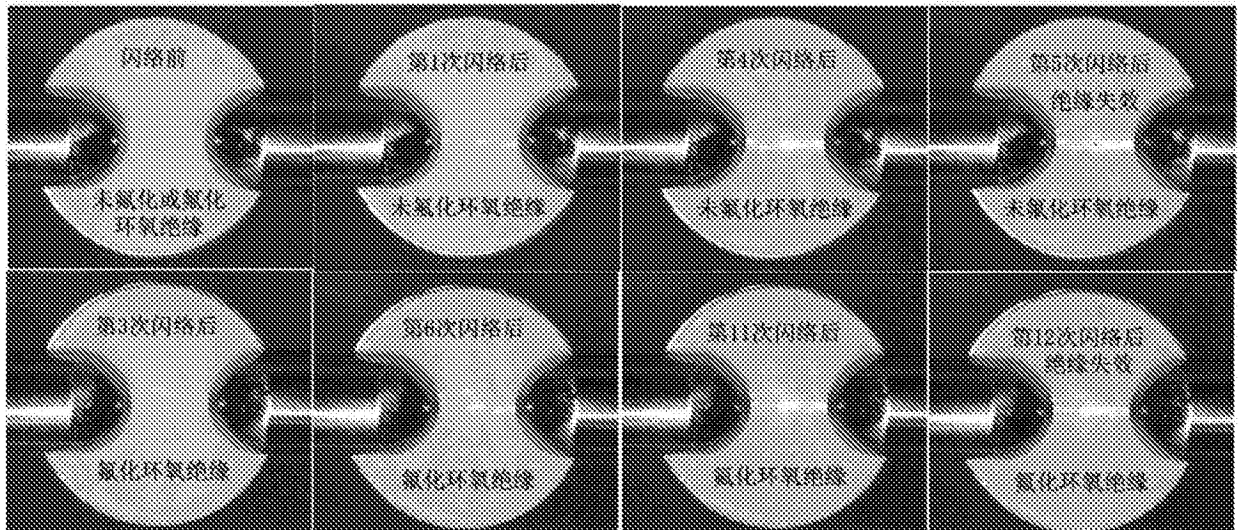


图7