



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103190045 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 01

(21) 申请号 201180045768. 5

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002

(22) 申请日 2011. 12. 29

代理人 邓琪

(30) 优先权数据

61/427, 960 2010. 12. 29 US

(51) Int. Cl.

H01T 13/50(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H01T 21/02(2006. 01)

2013. 03. 22

审查员 祁少杰

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/067736 2011. 12. 29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/092432 EN 2012. 07. 05

(73) 专利权人 费德罗 - 莫格尔点火公司

地址 美国密歇根州南菲尔德西北公路
26555

(72) 发明人 约翰·A·鲍里斯

詹姆斯·D·吕科瓦基

约翰·W·霍夫曼

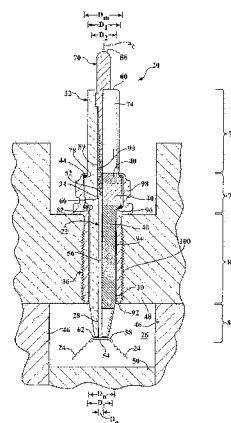
权利要求书3页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

改进间隙控制的电晕点火器

(57) 摘要

本发明涉及一种电晕点火器(20), 其包括位于中心电极(22) 与绝缘体(32) 之间的电极间隙(28) 以及位于绝缘体(32) 和外壳(36) 之间的壳体间隙(30)。导电涂层(40) 沿间隙(28、30) 设置在绝缘体(32) 上, 以避免间隙(28、30) 中的电晕放电(24), 并用于将能量集中在中心电极(22) 的点火尖端(58)。导电涂层(40) 设置在绝缘体内表面(64) 上, 并与电极(22) 径向间隔开。导电涂层(40) 还设置在绝缘体外表面(72) 上, 并与外壳(36) 径向间隔开。在点火器(20) 的工作过程中, 导电涂层(40) 减小了间隙(28、30) 两侧的压降, 并且降低了间隙(28、30) 处的电场峰值。



1. 一种电晕点火器,其用于提供电晕放电,其特征在于,该电晕点火器包括:

一中心电极,该中心电极由一导电材料制成,且该中心电极用于接收一高射频电压,并发射一射频电场,以电离燃料-空气混合物并提供电晕放电,

所述中心电极从一电极终端延伸至一电极点火端,该电极终端用于接收该高射频电压,该电极点火端用于发射该射频电场,

所述中心电极沿一电极中心轴延伸,并且具有一背向所述电极中心轴的电极表面,

一绝缘体,该绝缘体由一电绝缘材料制成,且该绝缘体围绕所述中心电极设置,并从一绝缘体上端纵向延伸经过所述电极终端直至一绝缘体管口端,

所述绝缘体包括多个位于所述绝缘体上端与所述绝缘体管口端之间的区域,

所述绝缘体具有在所述绝缘体的两端之间延伸的一面向所述电极表面的绝缘体内表面以及一相背的绝缘体外表面,

所述绝缘体内表面与至少部分的所述电极表面间隔开,以在该绝缘体内表面和至少部分的所述电极表面之间形成一电极间隙,

一外壳,该外壳由一导电金属材料制成,且该外壳围绕所述绝缘体设置,并从一外壳上端纵向延伸至一外壳下端,

所述外壳具有一面向所述绝缘体外表面并在所述外壳的两端之间延伸的外壳内表面,

所述外壳内表面与至少部分的所述绝缘体外表面间隔开,以在该外壳内表面和至少部分的所述绝缘体外表面之间形成一壳体间隙,

一导电涂层,该导电涂层沿所述两个间隙中的至少一个设置在所述绝缘体表面上,

所述绝缘体表面上的所述导电涂层与所述相隔所述间隙与之相对的表面径向间隔开,

所述导电涂层包括多个材料,其中,沿所述绝缘体的一个所述区域的所述导电涂层的材料与沿所述绝缘体的另一个所述区域的所述导电涂层的材料不同。

2. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层具有 5-30 微米的涂层厚度。

3. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述绝缘体表面上的所述导电涂层与所述相隔所述间隙与之相对的表面径向间隔开 50-250 微米的涂层间隔宽度。

4. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层具有 $9 \times 10^6 \text{ S/m}$ - $65 \times 10^6 \text{ S/m}$ 的导电率。

5. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层包括贵金属。

6. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层包括贵金属和玻璃粉末的混合物。

7. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层包括非贵金属。

8. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层包括非贵金属和玻璃粉末的混合物。

9. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述导电涂层包括在所述导电涂层的总重量中的重量百分比含量至少为 30% 的硅。

10. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述外壳具有一从所述外壳下端至所述外壳上端的长度,且所述导电涂层沿至少 50% 的所述长度延伸。

11. 根据权利要求 1 所述的电晕点火器,其特征在于,所述中心电极具有一长度,且所

述导电涂层沿至少 80% 的所述长度延伸。

12. 一种电晕点火系统, 其用于提供一射频电场, 以电离一内燃机的燃烧室中的部分燃料-空气混合物, 并在该内燃机的燃烧室中提供电晕放电, 其特征在于, 该电晕点火系统包括:

一气缸体、一气缸盖和一活塞, 在该气缸体、气缸盖和活塞之间形成有一燃烧室, 提供在所述燃烧室内的燃料和空气的混合物,

一火花塞, 该火花塞设置在所述气缸盖中, 并垂直延伸进入所述燃烧室, 且该火花塞用于接收一高射频电压, 并发射一射频电场, 以电离燃料-空气混合物并提供所述电晕放电,

一中心电极, 该中心电极由一导电材料制成, 且该中心电极用于接收一高射频电压, 并发射一射频电场, 以电离燃料-空气混合物并提供所述电晕放电,

所述中心电极从一电极终端延伸至一电极点火端, 该电极终端用于接收该高射频电压, 该电极点火端用于发射该射频电场,

一绝缘体, 该绝缘体由一电绝缘材料制成, 且该绝缘体围绕所述中心电极设置, 并从一绝缘体上端纵向延伸经过所述电极终端直至一绝缘体管口端,

所述绝缘体包括多个位于所述绝缘体上端与所述绝缘体管口端之间的区域,

所述绝缘体具有在所述绝缘体的两端之间延伸的一面向所述中心电极的绝缘体内表面以及一相背的绝缘体外表面,

所述绝缘体内表面与至少部分的所述中心电极间隔开, 以在该绝缘体内表面和至少部分的所述中心电极之间形成一电极间隙,

一外壳, 该外壳由一导电金属材料制成, 且该外壳围绕所述绝缘体设置, 并从一外壳上端纵向延伸至一外壳下端,

所述外壳具有一面向所述绝缘体外表面并在所述外壳的两端之间延伸的外壳内表面,

所述外壳内表面与至少部分的所述绝缘体外表面间隔开, 以在该外壳内表面和至少部分的所述绝缘体外表面之间形成一壳体间隙,

一设置在所述绝缘体内表面上的第一导电涂层,

一设置在所述绝缘体外表面上的第二导电涂层,

所述绝缘体内表面上的所述第一导电涂层与所述相隔所述电极间隙与之相对的电极表面径向间隔开, 以及

所述绝缘体外表面上的所述第二导电涂层与所述相隔所述壳体间隙与之相对的外壳内表面径向间隔开,

至少一个所述导电涂层包括多个材料, 其中, 沿所述绝缘体的一个所述区域的所述至少一个导电涂层的材料与沿所述绝缘体的另一个所述区域的所述至少一个导电涂层的材料不同。

13. 一种制造电晕点火器的方法, 其特征在于, 所述方法包括以下步骤:

提供一中心电极, 该中心电极由一导电材料制成, 并具有一电极表面,

提供一绝缘体, 该绝缘体由一电绝缘材料制成, 并包括一绝缘体内表面, 该绝缘体内表面形成一绝缘体孔, 该绝缘体孔从一绝缘体上端纵向延伸至一绝缘体管口端, 该绝缘体包括多个位于所述绝缘体上端与所述绝缘体管口端之间的区域,

将一导电涂层涂敷至该绝缘体内表面,

该涂敷导电涂层的步骤包括沿该绝缘体的不同区域涂敷不同的材料,以及
在涂敷该导电涂层后,将该中心电极插入该绝缘体孔中,从而使该电极表面与相隔一
电极间隙的该绝缘体内表面上的至少部分的导电涂层相对并径向间隔开。

14. 根据权利要求 13 所述的制造电晕点火器的方法,其特征在于,该涂敷导电涂层的
步骤包括化学气相沉积、物理气相沉积和溅射中的至少一个。

15. 根据权利要求 13 所述的制造电晕点火器的方法,其特征在于,该涂敷导电涂层的
步骤包括将一导电材料设置在一中间载体上,并将该导电材料从该中间载体转移至该绝缘
体内表面。

16. 根据权利要求 13 所述的制造电晕点火器的方法,其特征在于,该涂敷导电涂层的
步骤包括将一导电材料、一玻璃粉末和一液体的混合物涂敷至该绝缘体内表面,并加热该
混合物,以蒸发该液体并将该玻璃粉末融合至该绝缘体内表面。

17. 一种制造电晕点火器的方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤:

提供一中心电极,该中心电极由一导电材料制成,

提供一绝缘体,该绝缘体由一电绝缘材料制成,并具有一绝缘体外表面,该绝缘体外表
面从一绝缘体上端纵向延伸至一绝缘体管口端,该绝缘体包括多个位于所述绝缘体上端与
所述绝缘体管口端之间的区域,

将一导电涂层涂敷至该绝缘体外表面,

该涂敷导电涂层的步骤包括沿该绝缘体的不同区域涂敷不同的材料,

提供一外壳,该外壳由一导电材料制成,并包括一外壳内表面,该外壳内表面提供一外
壳孔,该外壳孔从一外壳上端纵向延伸至一外壳下端,以及

在涂敷该导电涂层后,将该绝缘体插入该外壳孔中,从而使该绝缘体外表面上的导电
涂层与相隔一壳体间隙的至少部分的外壳内表面相对并径向间隔开。

18. 根据权利要求 17 所述的制造电晕点火器的方法,其特征在于,该涂敷导电涂层的
步骤包括化学气相沉积、物理气相沉积和溅射中的至少一个。

19. 根据权利要求 17 所述的制造电晕点火器的方法,其特征在于,该涂敷导电涂层的
步骤包括将一导电材料设置在一中间载体上,并将该导电材料从该中间载体转移至该绝缘
体外表面。

20. 根据权利要求 17 所述的制造电晕点火器的方法,其特征在于,该涂敷导电涂层的
步骤包括将一导电材料、一玻璃粉末和一液体的混合物涂敷至该绝缘体外表面,并加热该
混合物,以蒸发该液体并将该玻璃粉末融合至该绝缘体外表面。

改进间隙控制的电晕点火器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2010 年 12 月 29 日提交的第 61/427,960 号美国临时申请的权益。

技术领域

[0003] 本发明主要涉及一种用于发射射频电场以电离燃料-空气混合物并提供电晕放电的电晕点火器,以及一种制造该电晕点火器的方法。

背景技术

[0004] 电晕放电点火系统提供交流电压和电流,以连续快速地转换高、低电位电极,从而使电弧难以形成,并促进了电晕放电的形成。该系统包括一带有中心电极的电晕点火器,该中心电极被充电至达到高射频电位并在燃烧室中产生强射频电场。该电场使燃烧室中的一部分燃料和空气的混合物离子化并开始介质击穿,从而促进燃料-空气混合物的燃烧。该电场优选为可控的,以使燃料-空气混合物维持介电性能,并发生电晕放电(也称为低温等离子体)。离子化的这部分燃料-空气混合物形成了火焰前锋,随后该火焰前锋自我保持并燃烧了剩余的燃料-空气混合物。优选地,该电场为可控的,以使燃料-空气混合物不会失去所有的介电性能,如果失去所有的介电性能将会导致在电极与接地的气缸壁、活塞或点火器的其他部分之间产生热等离子体和电弧。弗里恩(Freen)发明的专利号为 6,883,507 的美国专利公开了一种电晕点火系统的示例。

[0005] 电晕点火器通常包括由导电材料制成的中心电极,该中心电极用于接收高射频电压,并向燃烧室内发射射频电场,以电离燃料-空气混合物并提供电晕放电。一由电绝缘材料制成的绝缘体围绕该中心电极,并被容置在一金属外壳中。电晕放电点火系统的点火器并不包括任何有意接近中心电极的点火端设置的接地电极元件。而是优选地由气缸壁或点火系统的活塞起到接地作用。莱高斯基(Lykowski)和汉普顿(Hampton)发明的专利号为 2010/0083942 的美国专利公开了一种电晕点火器的示例。

[0006] 电晕点火器可以按这种方式组装而成,即,各部件之间的空隙可形成较小的空气间隙,例如,形成位于中心电极和绝缘体之间的空气间隙,以及位于绝缘体和外壳之间的空气间隙。这些间隙中充满了来自周围制造环境的空气和气体,并且在工作过程中,充满了来自燃烧室的气体。如图 6 和 7 所示,在电晕点火器的使用过程中,当向中心电极提供能量时,空气间隙两侧的电位和电压显著下降。这种显著的下降是由于空气的相对介电常数较小所造成的。

[0007] 空气间隙两侧的高压降以及空气间隙处电场强度的尖峰均易使这些间隙中的空气离子化,从而造成点火器的点火端处巨大的能量损耗。另外,这些间隙中离子化的空气容易向中心电极点火端迁移,从而形成一穿过绝缘体通向外壳或气缸盖的导电通路,并减弱中心电极点火端处电晕放电的效果。这种穿过绝缘体的导电通路还可能使各部件间产生电弧,该电弧通常是不需要的,并且会降低中心电极点火端处的点火质量。

发明内容

[0008] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于提供电晕放电的电晕点火器。该电晕点火器包括一由导电材料制成的中心电极,该中心电极用于接收一高频电压,并发射一高频电场,以电离燃料-空气混合物并提供电晕放电。该中心电极从一电极终端延伸至一电极点火端,该电极终端接收该高频电压,该电极点火端发射该高频电场。该中心电极沿一电极中心轴延伸,并且具有一背向该电极中心轴的电极表面。一由电绝缘材料制成的绝缘体围绕该中心电极设置,并且该绝缘体从一绝缘体上端纵向延伸经过电极终端直至一绝缘体管口端。该绝缘体具有在其两端之间延伸的一面向电极表面的绝缘体内表面以及一相背的绝缘体外表面。该绝缘体内表面与至少部分电极表面间隔开,从而在两者之间形成一电极间隙。一由导电金属材料制成的外壳围绕该绝缘体设置,并且该外壳从一外壳上端纵向延伸至一外壳下端。该外壳具有一面向绝缘体外表面并在外壳两端之间延伸的外壳内表面。该外壳内表面与至少部分绝缘体外表面间隔开,从而在两者之间形成一壳体间隙。一导电涂层沿两个间隙中的至少一个设置在绝缘体表面上。绝缘体表面上的导电涂层与相隔相应间隙与之相对表面径向间隔开。

[0009] 根据本发明的另一方面提供了一种电晕点火系统,该电晕点火系统包括电晕点火器。

[0010] 根据本发明的又另一方面提供了多种制造电晕点火器的方法。第一种方法包括以下步骤:提供一中心电极,该中心电极由一导电材料制成,并具有一电极表面。其次,该方法包括:提供一绝缘体,该绝缘体由一电绝缘材料制成,并包括一绝缘体内表面,该绝缘体内表面形成一从绝缘体上端纵向延伸至绝缘体管口端的绝缘体孔;该方法还包括:将一导电涂层涂敷至该绝缘体内表面。然后,该方法包括:在涂敷导电涂层后将中心电极插入绝缘体孔中,从而使电极表面与相隔一电极间隙的绝缘体内表面上的至少部分导电涂层相对并径向间隔开。

[0011] 另一种方法包括:将一导电涂层涂敷至一绝缘体外表面;提供一外壳,该外壳由一导电材料制成,并包括一外壳内表面,该外壳内表面形成一从外壳上端纵向延伸至外壳下端的外壳孔。其次,该方法包括:在涂敷导电涂层后将绝缘体插入外壳孔中,从而使绝缘体外表面上的导电涂层与相隔一壳体间隙的至少部分外壳内表面相对并径向间隔开。

[0012] 点火器的多个导电涂层提供了跨越这些空气间隙的电气连接。这些导电涂层防止了在这些间隙中容纳电荷,防止了电流流过这些间隙,并且防止了在这些间隙中形成电离气体和电晕放电,而这些电离气体和电晕放电可能会形成穿过绝缘体的导电通路和电弧,其中,绝缘体位于电极和外壳之间,或者位于电极和气缸盖之间。因此,与其他电晕点火器相比,本电晕点火器可以在点火尖端提供更为集中的电晕放电,并且实现更为稳健的点火。

附图说明

[0013] 请参阅下述详细说明并结合附图进行考虑,本发明的其它优点将更加容易领会和理解,其中:

[0014] 图 1 是根据本发明的一个实施例的设置在燃烧室内的电晕点火器的剖视图;

[0015] 图 1A 是图 1 的电晕点火器的翻折(turnover)区域的放大剖视图;

[0016] 图 2 是根据本发明的一个实施例的绝缘体管口区域的放大示意图;

[0017] 图 2A 是图 5 的电极间隙的放大示意图；

[0018] 图 2B 是图 5 的壳体间隙的放大示意图；

[0019] 图 3 是根据本发明的另一个实施例的设置在燃烧室内的电晕点火器的剖视图；

[0020] 图 4 是根据本发明的一个实施例的一部分电晕点火器的放大示意图以及多个曲线图,其中,放大示意图示出了无涂层的电极间隙和敷有涂层的壳体间隙,该多个曲线图示出了穿过该点火器的归一化电压和电场；

[0021] 图 5 是根据本发明的另一个实施例的一部分电晕点火器的放大示意图以及多个曲线图,其中,放大示意图示出了敷有涂层的电极间隙和敷有涂层的壳体间隙,多个曲线图示出了穿过该点火器的归一化电压和电场；

[0022] 图 6 是用于对比的一部分电晕点火器的放大示意图以及曲线图,其中,放大示意图示出了无涂层的电极间隙和无涂层的壳体间隙,曲线图示出了穿过该用于对比的点火器的归一化电压；

[0023] 图 7 是用于对比的一部分电晕点火器的放大示意图以及曲线图,其中,放大示意图示出了无涂层的电极间隙和无涂层的壳体间隙,曲线图示出了穿过该用于对比的点火器的归一化峰值电场。

具体实施方式

[0024] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于电晕放电点火系统的电晕点火器 20。该系统有意形成一个电源,该电源抑制了电弧的形成,并且促进了用于引起电晕放电 24 的强电场的产生。该电晕放电点火系统点火后将引起频率约为 1 兆赫的多通道放电。

[0025] 该系统的点火器 20 包括中心电极 22,该中心电极 22 用于接收高射频电压的能量,并发射射频电场,以电离内燃机燃烧室 26 中的部分可燃的燃料-空气混合物,并在内燃机燃烧室 26 中提供电晕放电 24。用于有效装配电晕点火器 20 的方法要求在中心电极 22、绝缘体 32 和外壳 36 之间存有空隙,以形成位于这些部件之间的较小的空气间隙 28、30。

[0026] 中心电极 22 插入绝缘体 32 中,从而使中心电极 22 的头部 34 沿着绝缘体 32 的孔抵靠在电极座 66 上,并且使中心电极 22 的其他部分与绝缘体 32 间隔开。电极 22 和绝缘体 32 之间设有电极间隙 28,从而使空气可以在电极 22 和绝缘体 32 之间流动。在一个优选的实施例中,绝缘体 32 插入金属外壳 36 中,且内部密封件 38 将绝缘体 32 与外壳 36 隔开。绝缘体 32 和外壳 36 之间纵向延伸有壳体间隙 30,从而使空气可以在绝缘体 32 和外壳 36 之间流动。为了防止在空气间隙 28、30 中形成电晕放电 24,在将这些部件组装在一起前,会在绝缘体 32 上设置导电涂层 40。

[0027] 电晕点火器 20 通常用于汽车或工业机械的内燃机中。如图 1 所示,该发动机通常包括气缸体 46,该气缸体 46 具有绕气缸中心轴周向延伸的侧壁,并在侧壁之间形成有空隙。气缸体 46 的侧壁具有围绕顶部开口的顶端,并且该顶端上设有气缸盖 48,且该气缸盖 48 延伸跨过顶部开口。一活塞 50 沿气缸体 46 的侧壁设置在其空间内,以在内燃机的工作过程中沿该侧壁滑动。活塞 50 与气缸盖间隔开,从而在气缸体 46、气缸盖 48 和活塞 50 之间形成燃烧室 26。该燃烧室 26 中容纳由电晕点火器 20 电离的可燃的燃料-空气混合物。气缸盖 48 包括用于容置点火器 20 的进入孔,且该点火器 20 垂直延伸进入燃烧室 26。点火器 20 接收来自电源(未示出)的高射频电压,并发射射频电场,以电离部分燃料-空气混合

物,并形成电晕放电 24。

[0028] 点火器 20 的中心电极 22 从电极终端 52 沿电极中心轴 a_e 纵向延伸至电极点火端 54。高射频交流电压的能量被提供至中心电极 22,且电极终端 52 接收该高射频交流电压的能量,通常接收电压高达 40,000 伏特、电流小于 1 安培以及频率为 0.5–5.0 兆赫的能量。提供至中心电极 22 的最高电压也称为最大电压。电极 22 包括由导电材料(例如镍)制成的电极主体部分 56。在一个实施例中,电极主体部分 56 可以包括由另一种导电材料(例如铜)制成的芯体。在一个实施例中,电极 22 的材料具有小于 $1,200\text{n}\Omega\text{m}$ 的低电阻系数。电极主体部分 56 具有背向所述电极中心轴 a_e 的电极表面 23。该电极主体部分 56 还具有垂直于电极中心轴 a_e 的电极直径 D_e 。电极主体部分 56 包括位于电极终端 52 处的电极头部 34。该头部 34 的电极直径 D_e 大于沿着电极主体部分 56 剩余部分的电极直径 D_e 。

[0029] 根据一个优选的实施例,中心电极 22 包括围绕并邻近电极点火端 54 的点火尖端 58,该点火尖端 58 用于发射射频电场,以电离燃烧室 26 中的部分燃料-空气混合物,并在内燃机燃烧室 26 中提供电晕放电 24。点火尖端 58 由导电材料制成,该导电材料(例如包括至少一种选自元素周期表中 4-12 族的元素的材料)在高温下提供良好的热力性能。如图 1 所示,点火尖端 58 的尖端直径 D_t 大于电极主体部分 56 的电极直径 D_e 。

[0030] 电晕点火器 20 的绝缘体 32 环绕电极主体部分 56 设置并沿该电极主体部分 56 纵向延伸。绝缘体 32 从绝缘体上端 60 纵向延伸经过电极终端 52 直至绝缘体管口端 62。图 2 为根据本发明的一个实施例的绝缘体管口端 62 的放大示意图,其中,绝缘体管口端 62 与电极 22 的电极点火端 54 以及点火尖端 58 间隔开。根据另一个实施例(未示出),点火尖端 58 与绝缘体 32 邻接,从而在它们两者之间不存在间隔。

[0031] 绝缘体 32 由电绝缘材料制成,通常由包含氧化铝的陶瓷材料制成。绝缘体 32 的导电率小于中心电极 22 和外壳 36 的导电率。在一个实施例中,绝缘体 32 的介电强度为 $14\text{--}25\text{kV/mm}$ 。绝缘体 32 还具有能够支持放电的相对介电常数,该相对介电常数通常为 6–12。在一个实施例中,绝缘体 32 的热膨胀系数(CTE)在 $2\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 和 $10\times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ 之间。

[0032] 绝缘体 32 包括绝缘体内表面 64,该绝缘体内表面 64 面向电极主体部分 56 的电极表面 23,并从绝缘体上端 60 沿电极中心轴 a_e 纵向延伸至绝缘体管口端 62。绝缘体内表面 64 形成了一容置中心电极 22 的绝缘体孔,且该绝缘体内表面 64 包括用于支撑中心电极 22 的头部 34 的电极座 66。

[0033] 电极点火端 54 插入绝缘体上端 60 并进入绝缘体孔,直到中心电极 22 的头部 34 沿着绝缘体 32 的孔抵靠在电极座 66 上。电极主体部分 56 的头部 34 以下的剩余部分与绝缘体内表面 64 间隔开,以在这两者之间提供电极间隙 28。电晕点火器 20 还需要这样装配,即,电极点火端 54 和点火尖端 58 均设置在绝缘体管口端 62 的外部。如图 2 所示,在一个实施例中,绝缘体管口端 62 与点火尖端 58 之间具有尖端间隔 68,从而使周围空气可以在绝缘体管口端 62 与点火尖端 58 之间流动。

[0034] 绝缘体内表面 64 和电极主体部分 56 之间的电极间隙 28 从电极点火端 54 沿电极主体部分 56 的电极表面 23 连续延伸至增大的头部 34,并环绕该电极主体部分 56。如图 3 所示,在一个实施例中,电极主体部分 56 具有长度 l_e ,且电极间隙 28 沿至少 80% 的长度 l_e 纵向延伸。如图 2A 所示,电极间隙 28 还具有电极间隙宽度 w_e ,该电极间隙宽度 w_e 垂直于电极中心轴 a_e 延伸,并从电极主体部分 56 径向延伸至绝缘体内表面。在一个实施例中,该

电极间隙宽度 w_e 为 0.025mm-0.25mm。

[0035] 在一个实施例中,电极间隙 28 在绝缘体管口端 62 处开口,并与尖端间隔 68 流体连通。因此,来自于周围环境的空气可以沿点火尖端 58 流动通过尖端间隔 68 并流进电极间隙 28 直至电极 22 的头部 34。

[0036] 电晕点火器 20 的绝缘体 32 包括绝缘体外表面 72,该绝缘体外表面 72 与绝缘体内表面 64 相对,并从绝缘体上端 60 沿电极中心轴 a_e 纵向延伸至绝缘体管口端 62。该绝缘体外表面 72 与绝缘体内表面 64 相对,向外面向外壳 36,并且背向中心电极 22。在一个优选的实施例中,绝缘体 32 被设计为牢固地安装在外壳 36 中并且允许采用高效的制造工艺。

[0037] 如图 1 所示,绝缘体 32 包括绝缘体第一区域 74,该绝缘体第一区域 74 从绝缘体上端 60 沿电极主体部分 56 向绝缘体管口端 62 延伸。绝缘体第一区域 74 具有大致垂直于电极中心轴 a_e 延伸的绝缘体第一直径 D_1 。绝缘体 32 还包括邻近绝缘体第一区域 74 向着绝缘体管口端 62 延伸的绝缘体中部区域 76。绝缘体中部区域 76 还具有大致垂直于电极中心轴 a_e 延伸的绝缘体中部直径 D_m ,且该绝缘体中部直径 D_m 大于绝缘体第一直径 D_1 。绝缘体上肩部 78 从绝缘体第一区域 74 径向向外延伸至绝缘体中部区域 76。

[0038] 绝缘体 32 还包括邻近绝缘体中部区域 76 向着绝缘体管口端 62 延伸的绝缘体第二区域 80。绝缘体第二区域 80 具有大致垂直于电极中心轴 a_e 延伸的绝缘体第二直径 D_2 ,且该绝缘体第二直径 D_2 小于绝缘体中部直径 D_m 。绝缘体下肩部 82 从绝缘体中部区域 76 径向向内延伸至绝缘体第二区域 80。

[0039] 绝缘体 32 进一步包括绝缘体管口区域 84,该绝缘体管口区域 84 从绝缘体第二区域 80 延伸至绝缘体管口端 62。绝缘体管口区域 84 具有大致垂直于电极中心轴 a_e 延伸的绝缘体管口直径 D_n ,且该绝缘体管口直径 D_n 逐渐减小至绝缘体管口端 62。在图 3 的实施例中,绝缘体 32 包括绝缘体管口肩部 86,该绝缘体管口肩部 86 从绝缘体第二区域 80 径向向内延伸至绝缘体管口区域 84。绝缘体管口端 62 处的绝缘体管口直径 D_n 小于绝缘体第二直径 D_2 ,并且小于点火尖端 58 的尖端直径 D_t 。

[0040] 如图 1 和 3 所示,电晕点火器 20 包括导电材料制成的末端 70,该末端 70 容置在绝缘体 32 中。末端 70 包括电连接至端子电线(未示出)的第一终端 88,该第一终端 88 电连接至电源(未示出)。末端 70 还包括与电极 22 电连通的电极终端 89。因此,末端 70 接收来自电源的高射频电压,并将该高射频电压传输至电极 22。由导电材料制成的导电密封层 90 设置在末端 70 和电极 22 之间,并与末端 70 和电极 22 电连接,从而使能量可以从末端 70 传输至电极 22。

[0041] 电晕点火器 20 的外壳 36 环绕绝缘体 32 设置。外壳 36 由导电材料(例如钢)制成。在一个实施例中,外壳 36 具有低于 $1,000n\Omega m$ 的低电阻率。如图 1 和 3 所示,外壳 36 从外壳上端 44 沿绝缘体 32 纵向延伸至外壳下端 92。外壳 36 包括外壳内表面 94,该外壳内表面 94 面向绝缘体外表面 72,并从绝缘体第一区域 74 沿绝缘体上肩部 78、绝缘体中部区域 76、绝缘体下肩部 82 和绝缘体第二区域 80 纵向延伸至邻近绝缘体管口区域 84 的外壳下端 92。外壳内表面 94 形成了容置绝缘体 32 的外壳孔。外壳内表面 94 还具有横跨外壳孔延伸的外壳直径 D_s 。该外壳直径 D_s 大于绝缘体管口直径 D_n ,从而使绝缘体 32 可以插进外壳孔中,并且使至少部分绝缘体管口区域 84 向外伸出外壳下端 92。

[0042] 外壳内表面 94 具有用于支撑绝缘体下肩部 82 或绝缘体管口肩部 86 或支撑这两

者的至少一个外壳座 96。在图 1 的实施例中,外壳 36 包括一个外壳座 96,该外壳座 96 邻近工具容置构件 98 设置,并支撑绝缘体下肩部 82。在图 3 的实施例中,外壳 36 包括两个外壳座 96,一个外壳座 96 邻近工具容置构件 98 设置,另一个邻近外壳下端 92 设置以用于支撑绝缘体管口肩部 86。

[0043] 在一个实施例中,电晕点火器 20 包括至少一个设置在外壳内表面 94 和绝缘体外表面 72 之间的内部密封件 38,一旦绝缘体 32 插进外壳 36 中,则内部密封件 38 可支撑绝缘体 32。内部密封件 38 将绝缘体外表面 72 与外壳内表面 94 间隔开,以在绝缘体外表面 72 和外壳内表面 94 之间提供壳体间隙 30。当采用多个内部密封件 38 时,壳体间隙 30 通常从外壳上端 44 连续延伸至外壳下端 92。如图 1 所示,多个内部密封件 38 中的一个通常设置在绝缘体下肩部 82 的绝缘体外表面 72 和邻近工具容置构件 98 的外壳座 96 的外壳内表面 94 之间。在图 3 的一个实施例中,多个内部密封件 38 中的一个还设置在绝缘体管口肩部 86 的绝缘体外表面 72 和邻近绝缘体管口区域 84 的外壳座 96 的外壳内表面 94 之间。图 1 和 3 的实施例还包括一个设置在绝缘体上肩部 78 的绝缘体外表面 72 和外壳 36 的翻折唇部 42 的外壳内表面 94 之间的内部密封件 38。这些内部密封件 38 被定位以将绝缘体 32 支撑并保持在相对于外壳 36 的适当位置处。

[0044] 绝缘体 32 抵靠于设置在外壳座 96 上的内部密封件 38 上。在图 1 和 3 的实施例中,绝缘体 32 的剩余部分与外壳内表面 94 间隔开,从而在绝缘体外表面 72 和外壳内表面 94 之间形成壳体间隙 30。该壳体间隙 30 从绝缘体上肩部 78 沿绝缘体外表面 72 连续延伸至绝缘体管口区域 84,并且该壳体间隙 30 还环绕绝缘体 32。如图 3 所示,外壳 36 具有长度 l_s ,壳体间隙 30 通常沿至少 80% 的长度 l_s 纵向延伸。当采用内部密封件 38 时,壳体间隙 30 可以沿外壳 36 的 100% 的长度 l_s 延伸。壳体间隙 30 还具有壳体间隙宽度 w_s ,该壳体间隙宽度 w_s 垂直于电极中心轴 a_e 延伸,并从绝缘体外表面 72 径向延伸至外壳内表面 94。在一个实施例中,壳体间隙宽度 w_s 为 0.075mm-0.300mm。壳体间隙 30 在外壳下端 92 处开口,从而使来自周围环境的空气可以流进壳体间隙 30,并沿着绝缘体外表面 72 流动直至内部密封件 38。

[0045] 在一个可选的实施例中,绝缘体外表面 72 抵靠在外壳座 96 上,而不存在内部密封件 38。在该实施例中,壳体间隙 30 可能仅仅位于外壳上端 44 处,或沿绝缘体外表面 72 的某些部分设置,而不会连续设置在外壳上端 44 和外壳下端 92 之间。

[0046] 外壳 36 还包括与外壳内表面 94 相对的外壳外表面 100,该外壳外表面 100 从外壳上端 44 沿电极中心轴 a_e 纵向延伸至外壳下端 92,并背向绝缘体 32 向外。外壳 36 包括工具容置构件 98,制造者或最终用户可以利用该工具容置构件 98 以将电晕点火器 20 安装至气缸盖 48 或从气缸盖 48 上拆卸下来。工具容置构件 98 从绝缘体上肩部 78 沿绝缘体中部区域 76 延伸至绝缘体下肩部 82。该工具容置构件 98 具有大致垂直于纵向的电极主体部分 56 延伸的工具厚度。在一个实施例中,外壳 36 还具有沿绝缘体第二区域 80 设置的螺纹,该螺纹用于与气缸盖 48 接合,并且将电晕点火器 20 保持在相对于气缸盖 48 和燃烧室 26 的期望位置处。

[0047] 外壳 36 包括翻折唇部 42,该翻折唇部 42 从工具容置构件 98 沿绝缘体中部区域 76 的绝缘体外表面 72 纵向延伸,然后沿绝缘体上肩部 78 向内延伸至邻近绝缘体第一区域 74 的外壳上端 44。该翻折唇部 42 环绕绝缘体上肩部 78 延伸,从而使绝缘体第一区域 74

向外伸出翻折唇部 42。沿翻折唇部 42 延伸的部分外壳内表面 94 与绝缘体中部区域 76 接合,并有助于固定外壳 36 以防止其相对于绝缘体 32 轴向运动。然而,外壳内表面 94 的剩余部分通常与绝缘体外表面 72 间隔开。

[0048] 壳体间隙 30 通常位于翻折区域的外壳 36 和绝缘体 32 之间,同样还位于自外壳下端 92 向上直至内部密封件 38 区域的外壳 36 和绝缘体 32 之间。最佳如图 1A 所示,外壳 36 的翻折唇部 42 包括位于外壳内表面 94 和外壳外表面 100 之间的唇部表面 102,该唇部表面 102 面向绝缘体第一区域 74 的绝缘体外表面 72。翻折唇部 42 具有从外壳内表面 94 延伸至外壳外表面 100 的唇部厚度,该唇部厚度通常小于工具厚度。在一个实施例中,整个唇部表面 102 与绝缘体外表面 72 接合,且壳体间隙 30 位于沿翻折唇部 42 的外壳外表面 100 和绝缘体 32 之间。在另一个实施例中,唇部表面 102 与外壳外表面 100 完全间隔开,且壳体间隙 30 设置在唇部表面 102 和绝缘体 32 之间。在又一个实施例中,一部分的唇部表面 102 与绝缘体外表面 72 接合,且壳体间隙 30 设置在一部分的唇部表面 102 和绝缘体 32 之间。壳体间隙 30 在翻折区域中的外壳上端 44 处开口,从而使来自周围环境的空气可以在其中流动。

[0049] 导电涂层 40 沿点火器 20 的间隙 28、30 中的至少一个设置,优选的同时沿电极间隙 28 和壳体间隙 30 设置。如图 2A 所示,第一导电涂层 40 设置在绝缘体内表面 64 上,并与相隔电极间隙 28 的电极表面 23 径向间隔开,以在第一导电涂层 40 和电极表面 23 之间形成电极涂层间隔宽度 w_{ec} 。在一个实施例中,该电极涂层间隔宽度 w_{ec} 为 50-250 微米。

[0050] 如图 2B 所示,第二导电涂层 40 设置在绝缘体外表面 72 上,并与相隔壳体间隙 30 的外壳内表面 94 径向间隔开,以在第二导电涂层 40 和外壳内表面 94 之间形成外壳涂层间隔宽度 w_{sc} 。在一个实施例中,该外壳涂层间隔宽度 w_{sc} 为 50-250 微米。导电涂层 40 将电极间隙 28 的两侧电连接在一起,并将壳体间隙 30 的两侧电连接在一起,从而减小了间隙 28、30 中的电场强度以及间隙 28、30 两侧的压降,并且防止了在间隙 28、30 中形成电晕放电。

[0051] 导电涂层 40 由导电材料制成,并具有 $9 \times 10^6 \text{S/m}$ - $65 \times 10^6 \text{S/m}$ 的导电率,或具有大于 $9 \times 10^6 \text{S/m}$ 的导电率,优选地具有大于 $30 \times 10^6 \text{S/m}$ 的导电率。导电涂层 40 不同于中心电极 22、绝缘体 32 和外壳 36,并且与中心电极 22、绝缘体 32 和外壳 36 分离。绝缘体表面 64、72 上的导电涂层 40 可以包括沿点火器 20 全长延伸的相同的导电材料,或者设置在点火器 20 的不同区域的不同材料。在一个可选的实施例中,导电涂层 40 还设置在电极表面 23 或外壳内表面 94 上,但是如果这些表面 23、94 由导电材料制成,则不需要在这些表面 23、94 上设置导电涂层 40。

[0052] 在一个实施例中,导电涂层 40 包括至少一种选自元素周期表中 4-11 族的元素,例如银、金、铂、铱、钯以及它们的合金。在另一个实施例中,导电涂层 40 包括非贵金属,例如铝或铜。在又一个实施例中,导电涂层 40 包括金属和玻璃粉末的混合物,例如熔块。玻璃粉末通常包括硅,在一个实施例中,导电涂层 40 包括在导电涂层 40 的总重量中的重量百分比含量至少为 30% 的硅。导电涂层 40 可以包括贵金属和玻璃粉末的混合物,或非贵金属和玻璃粉末的混合物。

[0053] 当导电涂层 40 沿电极间隙 28 设置时,第一导电涂层 40 设置在位于绝缘体上端 60 和绝缘体管口端 62 之间的绝缘体内表面 64 上。如图 2A 所示,第一导电涂层 40 与相隔电极间隙 28 的电极表面 23 径向间隔开,以在第一导电涂层 40 和电极表面 23 之间形成电极

涂层间隔宽度 w_{ec} 。沿电极间隙 28 的导电涂层 40 优选地具有 5-30 微米的涂层厚度 t_c 。导电涂层 40 可以沿位于点火尖端 58 和电极终端 52 之间的电极主体部分 56 的全长 l_e 延伸, 优选地沿至少 80% 的长度 l_e 延伸。

[0054] 将导电涂层 40 沿电极间隙 28 涂敷至绝缘体内表面 64 是具有显著优点的。在图 6 和 7 的用于对比的点火器中, 并未沿电极间隙 28 设置导电涂层 40, 绝缘体 32 的介电常数与电极间隙 28 中空气的介电常数相差甚远。因此, 电压在电极间隙 28 处急剧下降, 并且通常减少了中心电极 22 与接地的金属外壳 36 之间的总压降的 10-20%。而且, 电场在电极间隙 28 处也急剧增大。在无涂层的电极间隙 28 中的电场强度通常比绝缘体 32 的电场强度高 5-10 倍。

[0055] 如图 5 所示, 本发明的导电涂层 40 减小了电极间隙 28 中的电场, 并且减小了电极间隙 28 两侧的电压变化。在一个实施例中, 电极间隙 28 两侧的电压减小了不大于提供给中心电极 22 的最大电压的 5%。敷有涂层的电极间隙 28 两侧的压降不大于中心电极 22 与接地的金属外壳 36 之间的总压降的 5%。当电能以 0.5-5.0 兆赫的频率流过中心电极 22 时, 敷有涂层的电极间隙 28 的电场强度通常不大于绝缘体 32 的电场强度的 1 倍。如图 5 所示, 敷有涂层的电极间隙 28 两侧的电压和峰值电场在很大程度上保持恒定。例如, 当电能以 0.5-5.0 兆赫的频率流过中心电极 22 时, 邻近导电涂层 40 的电极表面 23 具有一个电压, 且邻近导电涂层 40 的绝缘体内表面 64 也具有一个电压, 这两个电压的差值不大于提供给中心电极 22 的最大电压的 5%, 或者不大于中心电极 22 与接地的金属外壳 36 之间的总压降的 5%。

[0056] 当导电涂层 40 沿壳体间隙 30 设置时, 第二导电涂层 40 设置在位于绝缘体上端 60 和绝缘体管口端 62 之间的绝缘体外表面 72 上。如图 2B 所示, 第二导电涂层 40 与相隔壳体间隙 30 的外壳内表面 94 径向间隔开, 以在第二导电涂层 40 和外壳内表面 94 之间形成外壳涂层间隔宽度 w_{sc} 。沿壳体间隙 30 的导电涂层 40 优选地具有 5-30 微米的涂层厚度 t_c 。导电涂层 40 可以沿位于外壳上端 44 和外壳下端 92 之间的外壳 36 的全长 l_s 延伸, 通常沿至少 80% 的长度 l_s 延伸。

[0057] 图 1 的电晕点火器 20 包括沿壳体间隙 30 的不同部分设置的不同类型的导电材料。第一种导电材料从邻近外壳下端 92 纵向延伸至绝缘体下肩部 82。第二种导电材料从第一种导电材料纵向延伸至邻近翻折唇部 42。随后第三种导电材料从第二种导电材料纵向延伸至外壳上端 44 的正上方。这些材料基于电晕点火器 20 在相应区域处的特性来选择。

[0058] 图 3 的电晕点火器 20 也包括沿壳体间隙 30 的不同部分设置的不同导电材料。第一种导电材料从外壳下端 92 纵向延伸至绝缘体管口肩部 86 的正上方。第二种导电材料从第一种导电材料延伸至翻折唇部 42 的正下方。第三种导电材料从第二种导电材料延伸至外壳上端 44 的正上方。

[0059] 将导电涂层 40 沿壳体间隙 30 涂敷至绝缘体外表面 72 是具有显著优点的。在图 6 和 7 的用于对比的点火器 20 中, 并未设置导电涂层 40, 绝缘体 32 的介电常数与壳体间隙 30 中空气的介电常数相差甚远。因此, 电压在无涂层的壳体间隙 30 处急剧下降, 并且通常减少了中心电极 22 与接地的金属外壳 36 之间的总压降的 10-20%。而且, 电场在无涂层的壳体间隙 30 处也急剧增大。在无涂层的壳体间隙 30 中的电场强度通常比绝缘体 32 的电场强度高 5-10 倍。

[0060] 如图 4 和 5 所示,本发明的导电涂层 40 减小了壳体间隙 30 中的电场,并且减小了壳体间隙 30 两侧的电压变化。在一个实施例中,敷有涂层的壳体间隙 30 两侧的电压减小了不大于提供给中心电极 22 的最大电压的 5%。敷有涂层的壳体间隙 30 两侧的压降不大于中心电极 22 与接地的金属外壳 36 之间的总压降的 5%。当电能以 0.5-5.0 兆赫的频率流过中心电极 22 时,敷有涂层的壳体间隙 30 的电场强度通常不大于绝缘体 32 的电场强度的 1 倍。如图 4 和 5 所示,敷有涂层的壳体间隙 30 两侧的电压和峰值电场在很大程度上保持恒定。例如,当电能以 0.5-5.0 兆赫的频率流过中心电极 22 时,邻近导电涂层 40 的绝缘体外表面 56 具有一个电压,且外壳内表面 94 也具有一个电压,这两个电压的差值不大于提供给中心电极 22 的最大电压的 5%,或者不大于中心电极 22 与接地的金属外壳 36 之间的总压降的 5%。

[0061] 如图 4 所示,尽管电晕点火器 20 仅要求沿间隙 28、30 中的一个设置导电涂层 40,然而,如图 5 所示,特别有利的是同时沿间隙 28、30 涂敷导电涂层 40。当导电涂层 40 同时沿间隙 28、30 设置时,电晕点火器 20 具有这样的电压,即,该电压从中心电极 22 跨电极间隙 28、绝缘体 32 和壳体间隙 30 至外壳 36 逐渐地、持续地下降。另外,从中心电极 22 跨电极间隙 28、绝缘体 32 和壳体间隙 30 至外壳 36 的电场在很大程度上保持恒定。导电涂层 40 还可以沿电晕点火器 20 中形成的其他任意空气间隙涂敷。

[0062] 导电涂层 40 提供空气间隙 28、30 两侧的电气连接。这些导电涂层防止了在间隙 28、30 中容纳电荷,防止了电流流过间隙 28、30,并防止了在间隙 28、30 中形成电离气体和电晕放电 24,而这些电离气体和电晕放电 24 可能会在电极 22 和外壳 36 之间或在电极 22 和气缸盖 48 之间形成穿过绝缘体 32 的导电通路和电弧。因此,相比于其他电晕点火器,电晕点火器 20 能够在点火尖端 48 处提供更为集中的电晕放电 24 以及实现更为稳健的点火。

[0063] 根据本发明的另一个方面,提供了一种制造电晕点火器 20 的方法。该方法首先包括提供中心电极 22、绝缘体 32 和外壳 36。在将这些部件组装在一起前,该方法包括将导电涂层 40 沿间隙 28、30 中的至少一个涂敷至绝缘体表面 64、72,优选地将导电涂层 40 同时沿间隙 28、30 涂敷至绝缘体表面 64、72。

[0064] 当导电涂层 40 沿电极间隙 28 设置时,该方法包括将第一导电涂层 40 涂敷至绝缘体内表面 64,从而使由电极表面 23 提供的直径小于由绝缘体内表面 64 上的第二导电涂层 40 提供的直径。在涂敷导电涂层 40 之后,该方法包括将中心电极 22 插进绝缘体孔中,从而使该第一导电涂层 40 面向与之相隔电极间隙 28 的绝缘体内表面 64 上至少部分导电涂层 40,并与该至少部分导电涂层 40 径向间隔开。第一导电涂层 40 可以设置在电极头部 34 上,并可以在该位置处与绝缘体内表面 64 接触。

[0065] 当导电涂层 40 沿壳体间隙 30 设置时,该方法包括将第二导电涂层 40 涂敷至绝缘体外表面 72,从而使由绝缘体外表面 72 上的第一导电涂层 40 提供的直径小于由外壳内表面 94 提供的直径。在涂敷导电涂层 40 之后,该方法包括将绝缘体 32 插进外壳孔,从而使绝缘体外表面 72 上的第一导电涂层 40 面向与之相隔壳体间隙 30 的至少部分外壳内表面 94,并与该至少部分外壳内表面 94 径向间隔开。第二导电涂层 40 可以邻近翻折唇部 42 设置,并可以在该位置处与外壳内表面 94 接触。

[0066] 在一个实施例中,该方法包括将内部密封件 38 设置在外壳孔中的外壳座 96 上,并将绝缘体 32 设置在内部密封件 38 上,以提供壳体间隙 30。然后该方法包括围绕绝缘 32 形

成外壳 36。在另一个实施例中,该方法包括将外壳上端 44 绕内部密封件 38 径向向内朝向绝缘体第一区域 74 弯曲,以提供翻折唇部 42。

[0067] 根据各种不同的方法可以将导电涂层 40 涂覆至绝缘体表面 64、72。在一个实施例中,这些涂覆导电涂层 40 的步骤中的至少一个包括化学气相沉积、物理气相沉积和溅射中的至少一个。在另一个实施例中,这些涂覆导电涂层 40 的步骤中的至少一个包括将导电材料设置在一中间载体上,并将该导电材料从该中间载体转移至绝缘体表面 64、72,以覆盖该绝缘体表面 64、72。在又另一个实施例中,这些涂覆步骤中的至少一个包括将导电材料、玻璃粉末和液体的混合物涂覆至绝缘体表面 64、72,接着进行热处理,该热处理包括加热该混合物,以蒸发液体并将玻璃粉末融合至绝缘体表面 64、72。

[0068] 显然,鉴于上述教导,本发明可以有多种修改和变形,并且在所附权利要求的范围内,本发明还可以通过除具体描述的方式以外的其它方式实施。

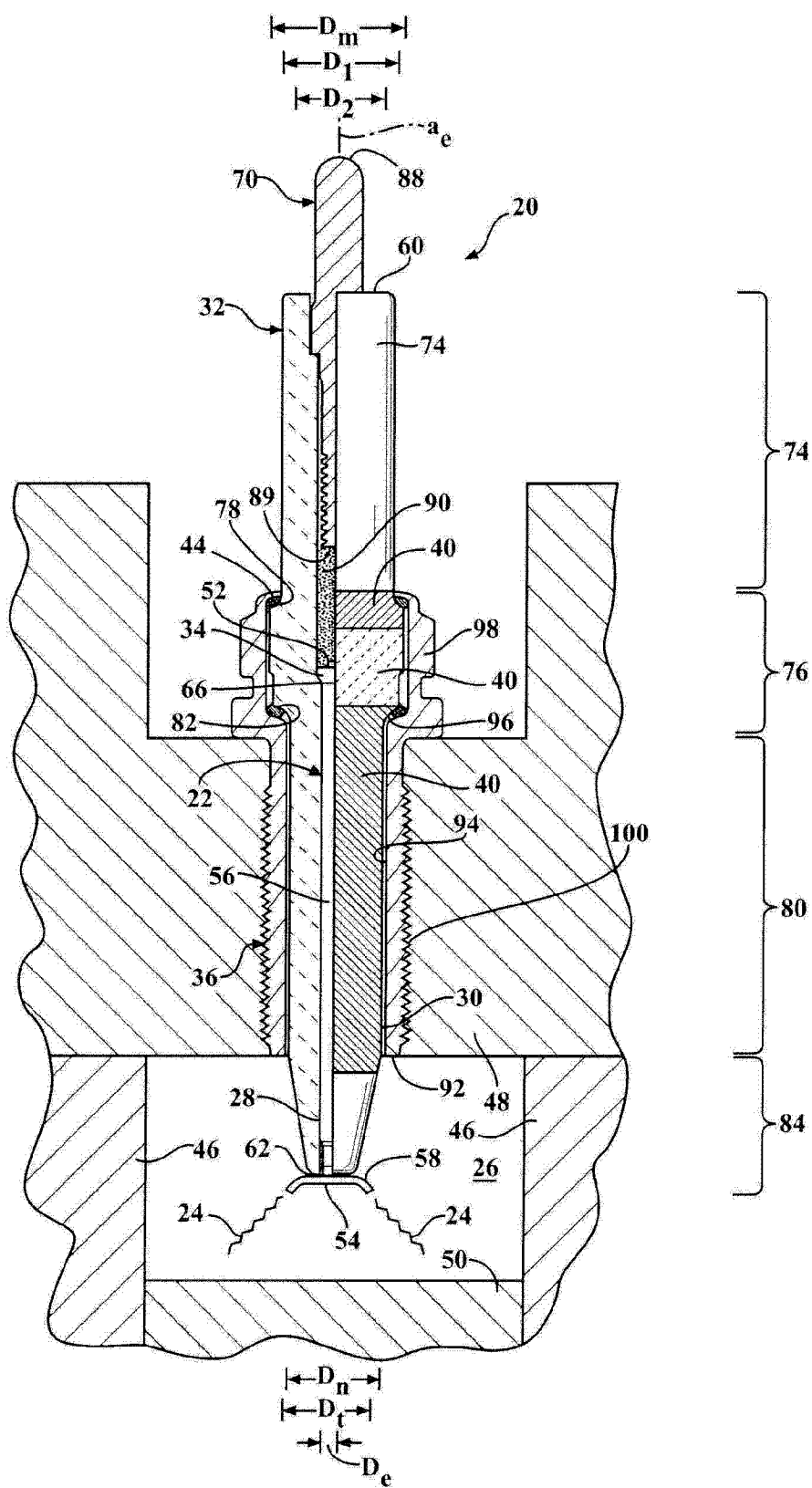


FIG. 1

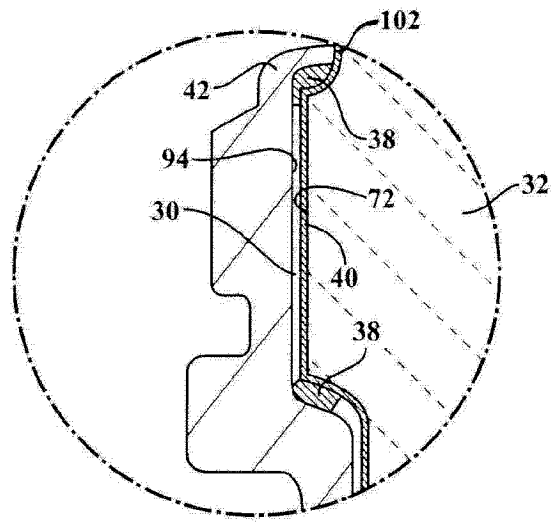


FIG. 1A

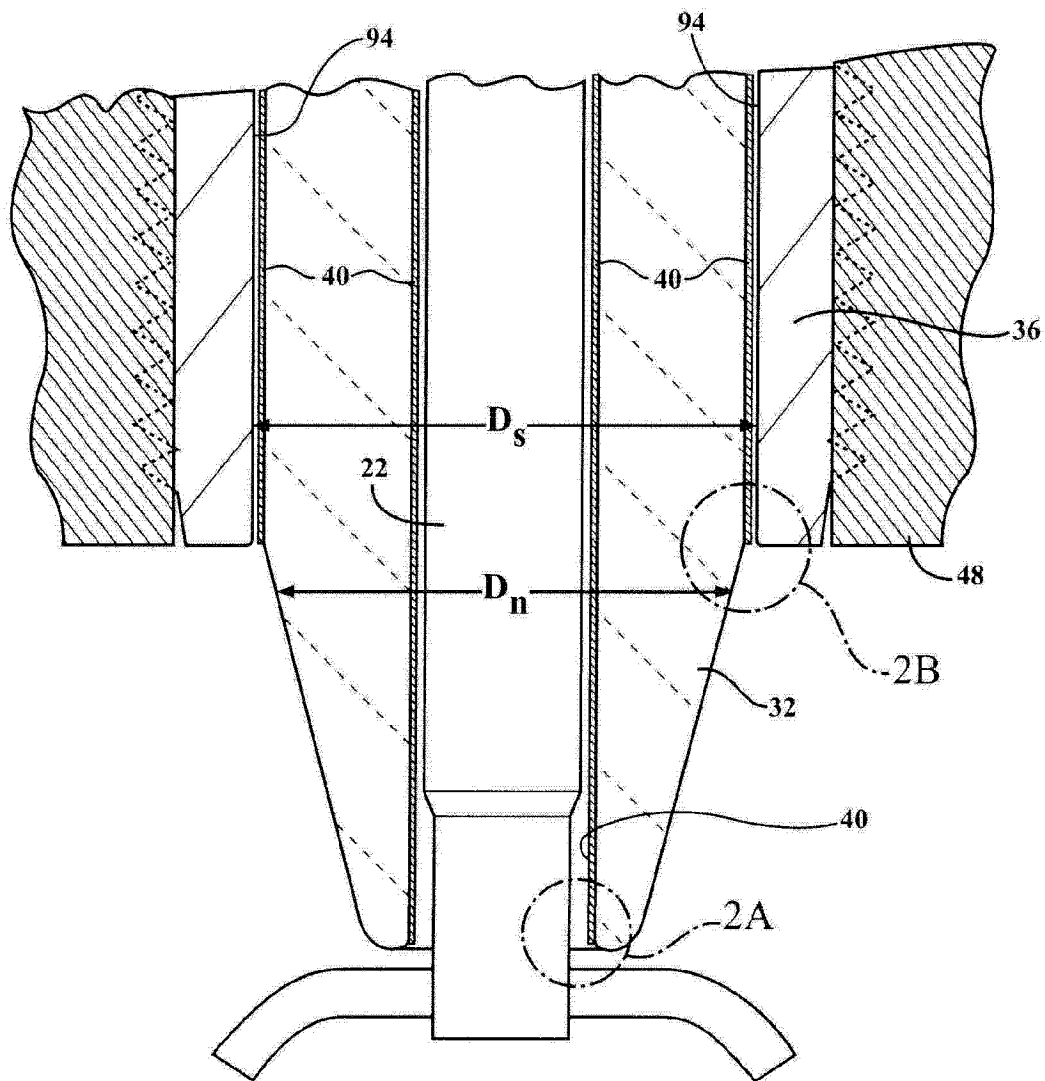


FIG. 2

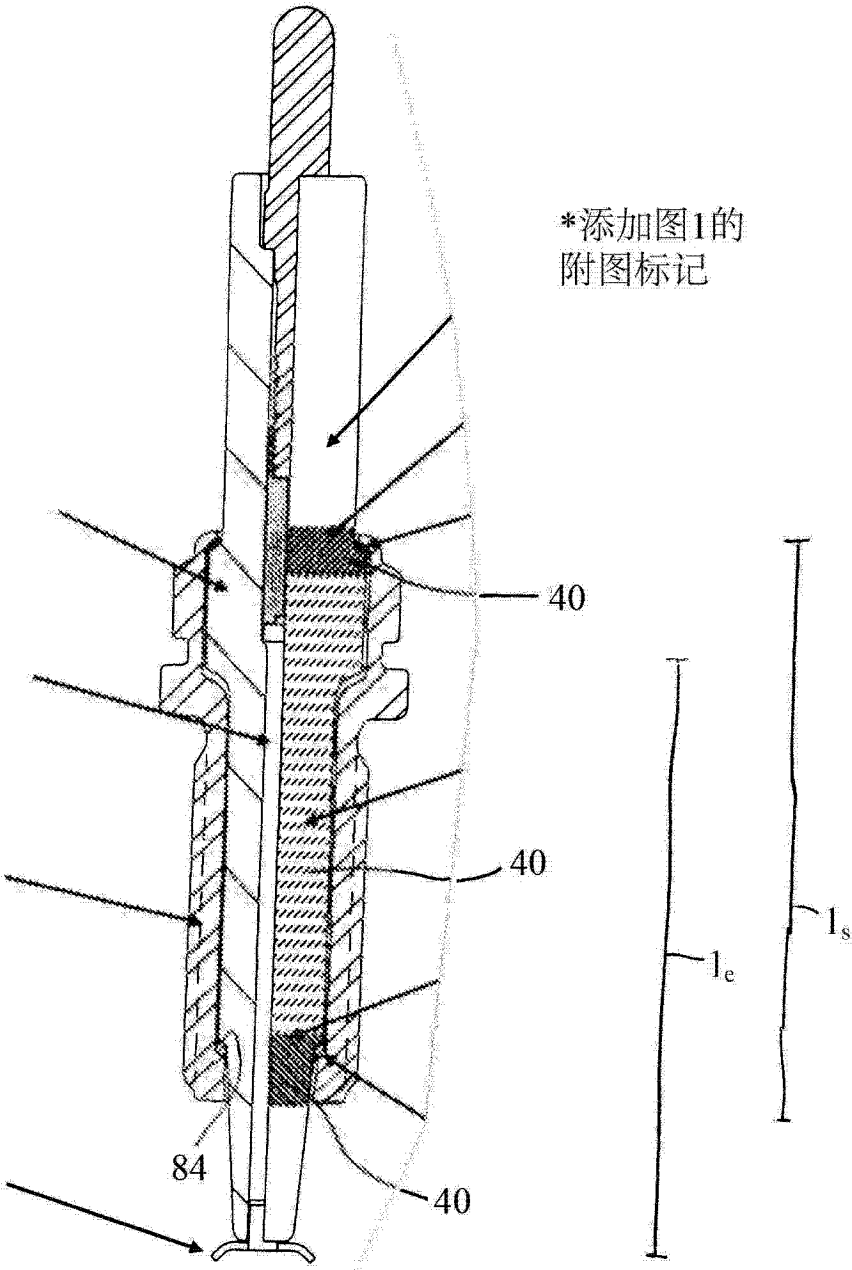


FIG. 3

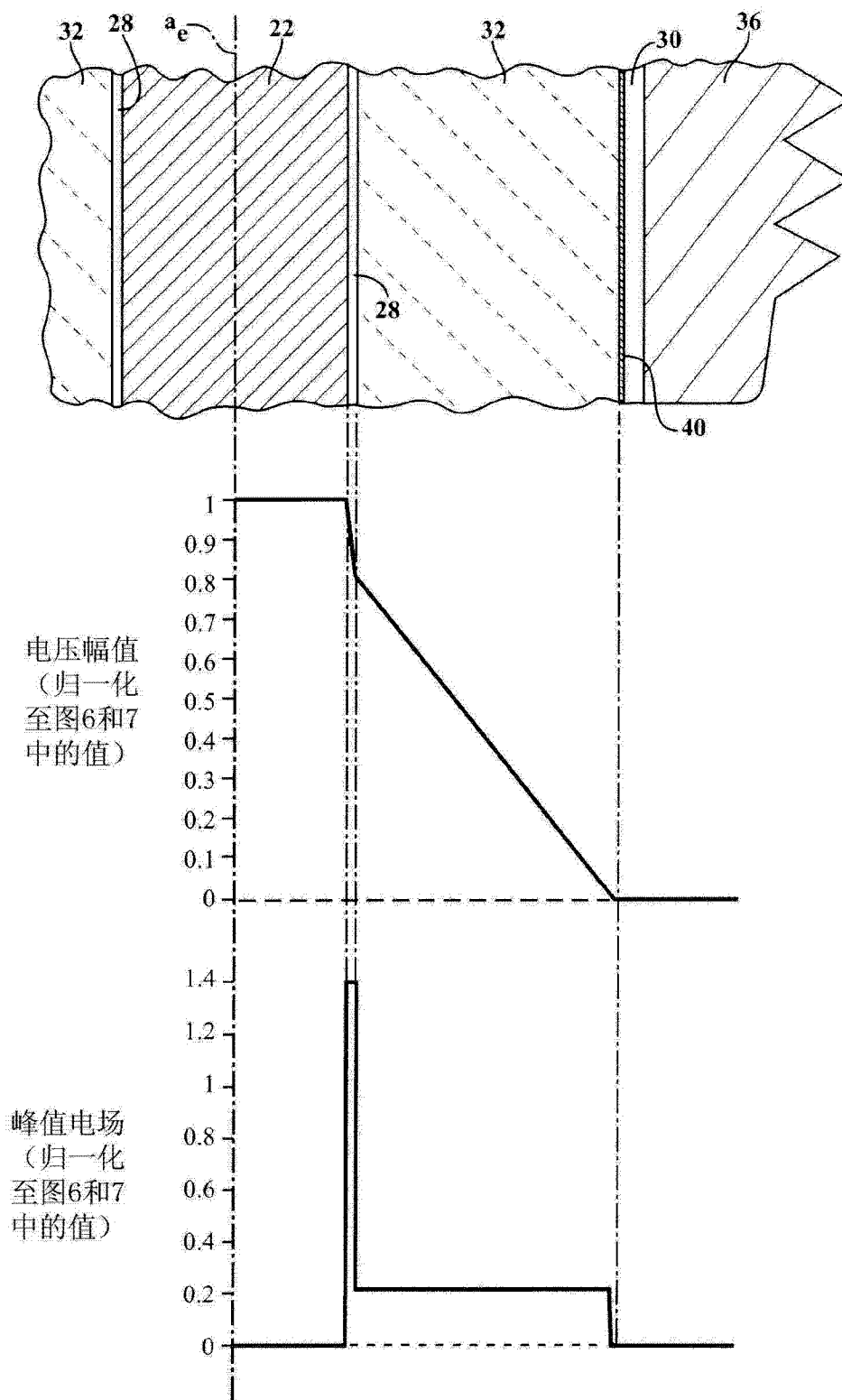


FIG. 4

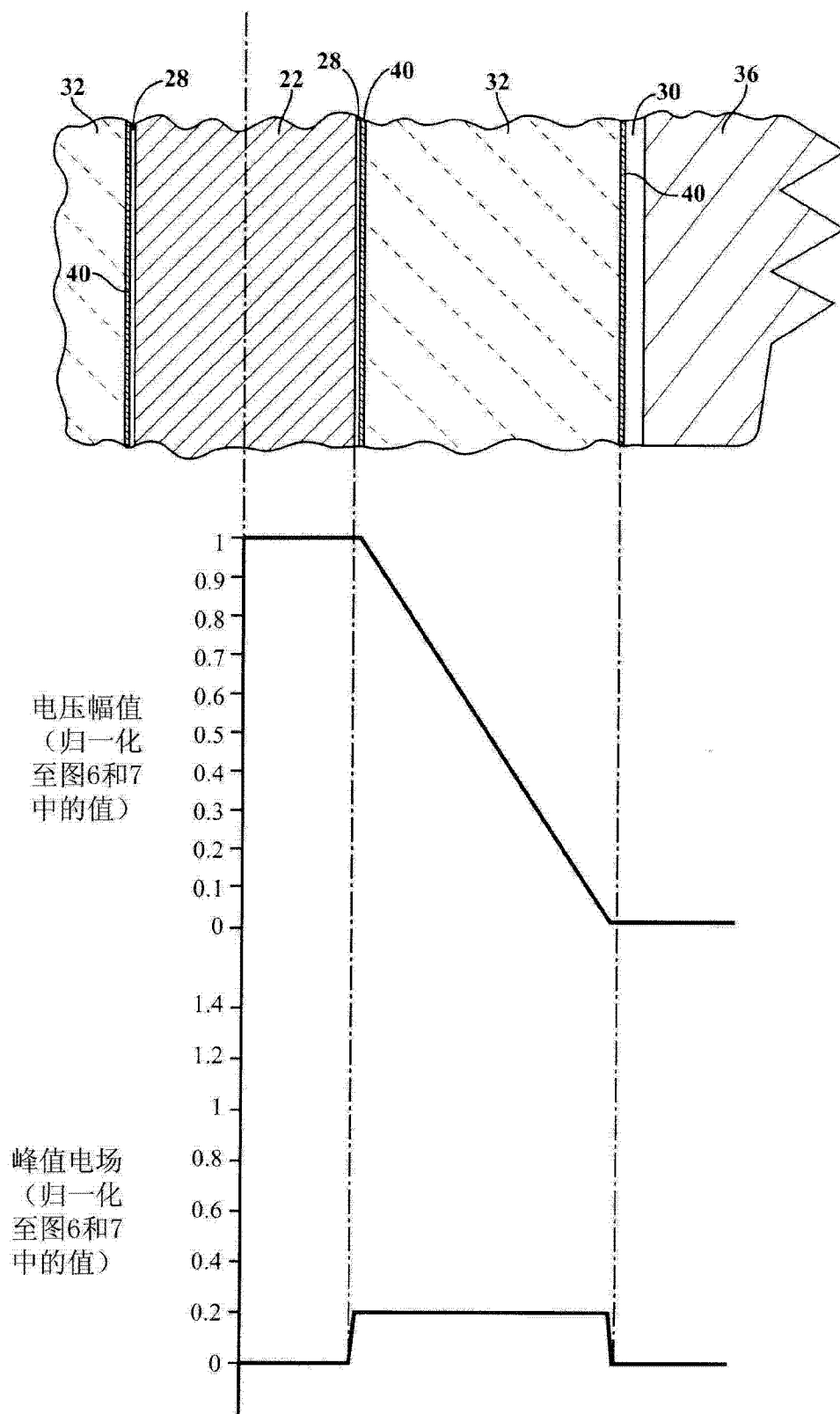


FIG. 5

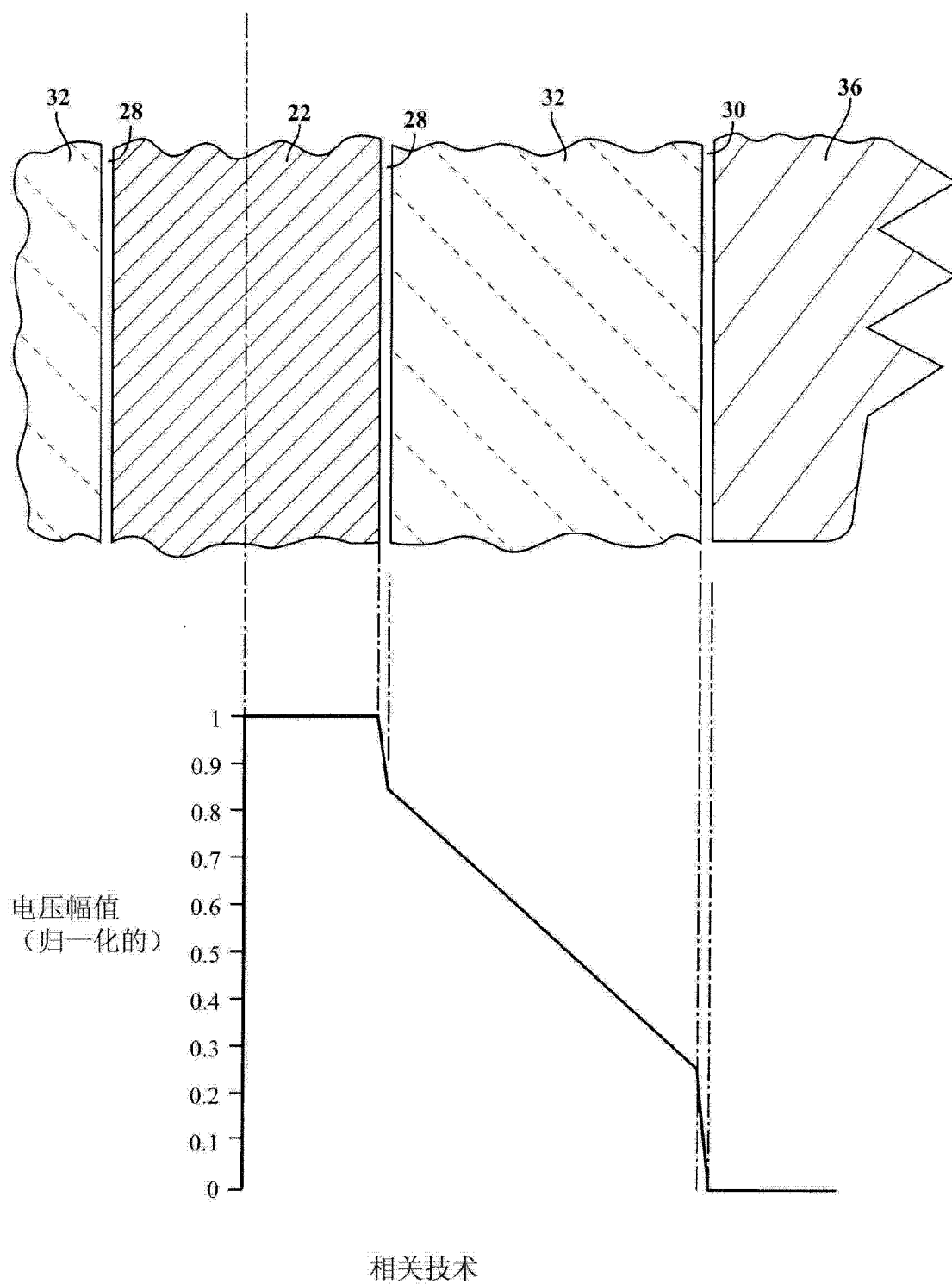
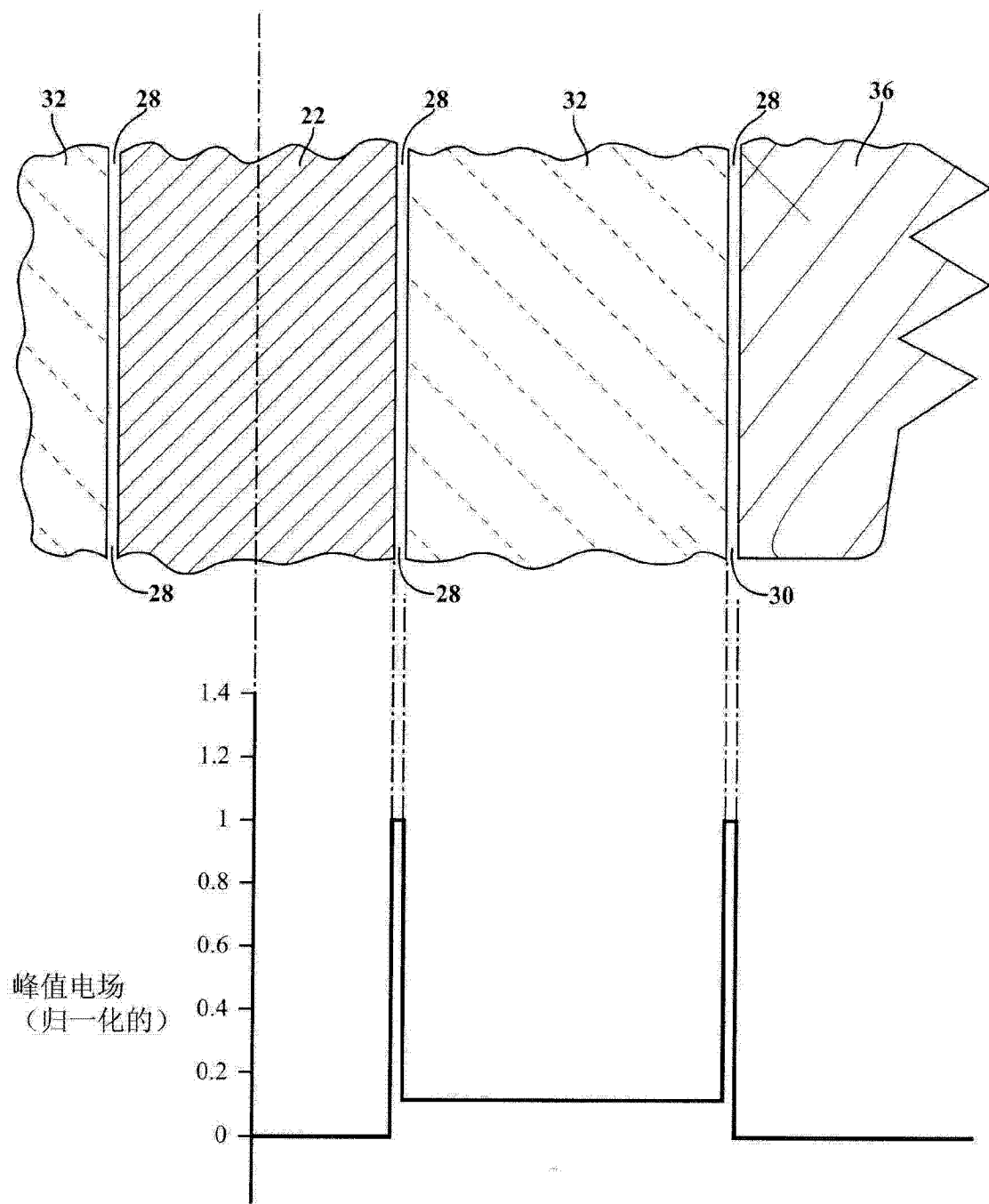


FIG. 6



相关技术

FIG. 7