



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103298969 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201180053875. 2

(22) 申请日 2011. 10. 31

(30) 优先权数据

a201013230 2010. 11. 08 UA

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 05. 08

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/UA2011/000105 2011. 10. 31

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/064311 RU 2012. 05. 18

(73) 专利权人 哈尔科夫国家科技中心物理科技学院(NSC KIPT)

地址 乌克兰哈尔科夫

(72) 发明人 瓦洛迪迈尔·瓦西里耶维奇·瓦斯利夫

瓦洛迪迈尔·埃夫格尼尔维奇·斯特雷恩茨基

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

代理人 余刚 李静

(51) Int. Cl.

C23C 14/28(2006. 01)

H05H 1/48(2006. 01)

H01J 37/34(2006. 01)

(56) 对比文件

US 20070187229 A1, 2007. 08. 16, 全文.

US 20020007796 A1, 2002. 01. 24, 全文.

CN 201132848 Y, 2008. 10. 15, 全文.

UA 87880 C2, 2009. 08. 25, 全文.

付军等. 非均匀分布纵磁控制真空电弧分布的初步研究. 《高压电器》. 1999, (第5期), 第14-17页.

审查员 冯冰

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

用于传输真空电弧等离子体的方法和装置

(57) 摘要

本发明涉及一种用于形成真空电弧阴极侵蚀等离子体流以产生高质量涂层的技术。在利用电磁线圈产生的传输磁场的作用下,等离子体流在等离子体光学系统中从电弧蒸发器传输至等离子体源出口。传输磁场由恒定磁场和强度可变附加磁场的叠加产生,该强度可变附加磁场使等离子体流从等离子体源的结构元件的表面偏转。当等离子体流接近等离子体源的结构元件的表面时,对应的附加磁场强度增强,当等离子体流远离该元件的表面时对应的附加磁场强度减弱。在用于实施上述方法的装置中,真空电弧电源(15)通过环绕所述阳极的电磁线圈(16)的绕组与阳极(2)连接。在等离子体光学系统的线性实施例中,阳极(2)内的管(11)的导电部分与电磁偏转线圈(12)的绕组的一端电连接。该绕组的另一端与真空电弧电源(15)的正极端子连接。利用上述方法和装置,显著降低了大粒子自由等离子体的损失。

1. 一种用于传输真空电弧等离子体的方法,其响应于由电磁线圈产生的传输磁场在等离子体光学系统中使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输到等离子体源出口,其特征在于,所述传输磁场由恒定磁场和强度可变附加磁场的叠加所感应产生,所述强度可变附加磁场使所述等离子体流从所述等离子体源结构元件的表面偏转,这些附加磁场通过使用附加电磁线圈而感应产生,其中,在所述等离子体流接近对应的等离子体源结构元件的所述表面时,对应的所述附加磁场的强度增强,而当所述等离子体流移动远离所述元件的所述表面时,所述附加磁场的强度减弱。

2. 根据权利要求 1 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,在等离子体流在具有等离子体引导件的线性等离子体光学系统中传输的过程中,所述恒定传输磁场由两个电磁线圈感应产生,其中之一环绕阴极而另一个环绕接近其出口的所述等离子体引导件。

3. 根据权利要求 1 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,在等离子体流在具有等离子体引导件的曲线的等离子体光学系统中传输的过程中,所述恒定传输磁场由环绕所述等离子体光学系统的曲线部分、阴极和阳极的电磁线圈感应产生。

4. 根据权利要求 2 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,在等离子体流在阳极中传输的过程中,在该磁场与所述恒定传输磁场共同定向的条件下,通过使用环绕所述阳极的附加电磁线圈在所述阳极内建立所述附加磁场,同时所述附加磁场的强度变化,从而所述阴极与所述阳极之间的指定电位差的值与流经所述阳极的电弧电流成正比,或者,流经所述阳极的指定电弧电流与所述阳极的电位降成反比。

5. 根据权利要求 3 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,在等离子体流在所述阳极中传输的过程中,在该磁场与所述恒定传输磁场共同定向的条件下,通过使用环绕所述阳极的附加电磁线圈在所述阳极内建立所述附加磁场,同时所述附加磁场的强度变化,从而所述阴极与所述阳极之间的指定电位差的值与流经所述阳极的电弧电流成正比,或者,流经所述阳极的指定电弧电流与所述阳极的电位降成反比。

6. 根据权利要求 4 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,在所述等离子体源中,其中,在所述阳极内存在与所述阳极电连接且位于所述阳极的轴线上的导电管段,所述导电管段具有指向所述阴极的封闭端部以用于大粒子反射,在此磁场在所述等离子体光学系统的轴线上与所述恒定传输磁场相反地定向的条件下,通过使得所述等离子体流暴露于所述附加磁场而传输该管段的外表面与所述阳极的内表面之间的所述等离子体流,所述附加磁场通过同轴地放置在所述管段中的电磁偏转线圈所产生,同时通过所述线圈产生的所述磁场的场强与流经所述管段的所述电弧电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

7. 根据权利要求 4 或 5 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,来自所述阳极的所述等离子体流在所述等离子体引导件中传输,在所述等离子体引导件中所述等离子体流暴露于附加磁场,所述附加磁场与所述恒定传输磁场共同定向且由环绕所述等离子体引导件的附加电磁线圈产生,并且所述附加磁场的强度与流经所述等离子体引导件的所述电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

8. 根据权利要求 6 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,来自所述阳极的所述等离子体流在所述等离子体引导件中传输,在所述等离子体引导件中所述等离

子体流暴露于附加磁场,所述附加磁场与所述恒定传输磁场共同定向且由环绕所述等离子体引导件的附加电磁线圈产生,并且所述附加磁场的强度与流经所述等离子体引导件的所述电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

9. 根据权利要求 4 或 5 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,来自所述阳极的所述等离子体流在所述等离子体引导件中传输,所述等离子体引导件包括彼此电绝缘且与所述阳极电绝缘的入口部分和出口部分,同时所述等离子体流暴露于附加磁场,所述附加磁场与所述恒定传输磁场共同定向且由环绕所述等离子体引导件的入口的附加电磁线圈产生,其中,所述附加磁场的强度与流经所述等离子体引导件的出口的所述电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

10. 根据权利要求 6 所述的用于传输真空电弧等离子体的方法,其特征在于,来自所述阳极的所述等离子体流在所述等离子体引导件中传输,所述等离子体引导件包括彼此电绝缘且与所述阳极电绝缘的入口部分和出口部分,同时所述等离子体流暴露于附加磁场,所述附加磁场与所述恒定传输磁场共同定向且由环绕所述等离子体引导件的入口的附加电磁线圈产生,其中,所述附加磁场的强度与流经所述等离子体引导件的出口的所述电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

11. 一种线性等离子体光学系统,具有等离子体引导件,用于使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输至等离子体源出口,所述线性等离子体光学系统包括大粒子反射器、环绕阴极、阳极和所述等离子体引导件的电磁线圈以及导电管段,所述导电管段同轴地放置在所述阳极内且电连接至所述阳极并且使其封闭端部指向所述阴极,所述阴极具有同轴地放置在其中的电磁偏转线圈,其特征在于,所述阴极电弧蒸发器的电源通过环绕所述阳极的电磁线圈的绕组与所述阳极连接,所述管段内的所述电磁偏转线圈的绕组的初始匝与其电连接,且所述线圈的最后匝的引线与所述阴极电弧蒸发器的电源的正极端子连接。

12. 根据权利要求 11 所述的线性等离子体光学系统,其特征在于,所述管段内的所述电磁偏转线圈由水冷管构成。

13. 根据权利要求 11 或权利要求 12 所述的线性等离子体光学系统,其特征在于,所述等离子体引导件由附加电磁线圈环绕,所述附加电磁线圈的一端与所述等离子体引导件电连接而另一端与独立的电源的正极端子电连接,所述独立的电源的负极端子与所述阳极连接。

14. 根据权利要求 11 或权利要求 12 所述的线性等离子体光学系统,其特征在于,所述等离子体引导件由彼此电绝缘且与所述阳极电绝缘的两部分(入口和出口)构成,且所述等离子体引导件的入口由电磁线圈环绕,所述电磁线圈的一端与所述等离子体引导件的出口电连接而所述电磁线圈的另一端电连接至独立的电源的正极端子,所述独立的电源的负极端子与所述阳极连接。

用于传输真空电弧等离子体的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种技术,其用于形成真空阴极电弧等离子体流,以产生用于各种应用(耐磨损,低摩擦、装饰等)的高质量涂层,和用于通过使用离子和/或电子通量照射的材料表面改性。

背景技术

[0002] 已知当电子被磁化且离子被磁化时,具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体在交叉电磁场中传输。在这种情况下,等离子体中的离子被光学聚焦,且确保这种聚焦的系统被称为等离子体光学系统。

[0003] 在阴极电弧蒸发期间,真空阴极电弧等离子体以高速等离子体射流和从液相的真空阴极电弧斑点产生的大粒子流的形式由真空阴极电弧斑点生成。等离子体射流可通过磁场和电场控制。来自阴极电弧斑点的大粒子独立于磁场或电场移动,实际在线性轨道上,因为它们的特征是,相比等离子体离子具有更大的质量且每质量单位具有小电荷。因此,大粒子可仅使用屏幕形式的合适装置来反射,或通过特殊陷阱(trap)捕获。由于等离子体物质的主要部分沉积在这些装置上,所以用于反射或捕获大粒子的装置的存在显著降低了在传输系统出口处的等离子体流。

[0004] 已知方法【1】用于响应由电磁线圈产生的曲线的恒定传输磁场,使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输至等离子体源出口。

[0005] 已知等离子体光学系统【1】用于使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输至等离子体源出口,且包括等离子体引导件。传输磁场利用环绕阴极、阳极和等离子体引导件的电磁线圈而建立。在该系统中,等离子体引导件以四分之一圆环面的形状弯曲,且与阳极电绝缘。

[0006] 然而,在这种弯曲的等离子体光学系统中等离子体传输损失的降低需要强大的磁场或大的等离子体引导件和阳极横截面。这是已知的用于其实施的方法和装置的缺点。另一个缺点是,在等离子体引导件出口横截面穿过的等离子体流密度具有显著不均匀性。由于在从阴极(前)工作表面的周缘区域被发射时的显著等离子体的损失,在具有这种等离子体光学系统的等离子源的出口处的时间平均等离子体流不规则地分布在基板上。因此,在直径大于阴极直径且无需绕其轴回转基板时,在基板上获取均匀厚度的涂层颇具挑战性,所述的轴线必须相对于等离子体流轴线移位。

[0007] 专利申请的方法的开始点是方法【2】,用于响应由电磁线圈产生的曲线的恒定传输磁场,使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输至等离子体源出口。

[0008] 专利申请的装置的开始点是已知的线性等离子体光学系统【2】,其具有用于使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输至等离子体源出口的等离子体引导件。这种等离子体光学系统包括阳极和具有微粒反射器的等离子体引导件,和用于产生恒定传输磁场的电磁线圈。线圈环绕阴极、阳极和等离子体引导件。阳极内存在

放置在阳极轴线上且形状如具有封闭端部(指向阴极)的导电管段的大粒子反射器。在管段内存在同轴放置的电磁偏转线圈,其设计用于产生与环绕阴极、阳极和等离子体引导件的电磁线圈所产生磁场方向相反的磁场。阴极电弧蒸发器由专用电源供电。

[0009] 当使用这种方法和这种装置时,在真空阴极电弧放电中的源自电弧的阴极斑点的等离子体流沿着传输磁场行进,且在阳极内围绕该管段而行进。这在某种程度上降低了由于在横截面上沉积所造成的等离子体损失。

[0010] 然而,尽管在某种程度上降低这种损失,但是这种方法(假定为开始点)以及实施这种方法的等离子体光学系统仍然具有在等离子体流传输过程中导致其显著损失的缺点。其中一个缺点为,由于纵向增大的磁场强度,所述管段的内阳极表面和外侧面之间形成磁镜(magnetic mirror)。因此,在具有磁场最大强度的区域限定的磁阱中被捕捉,该等离子体电子在与磁场横向的方向上的动能大于在磁场纵向上的动能。发现其中一个最大强度接近工作阴极端端,而另一个在所述管段的阳极内表面与外侧面之间。电子当沿着磁场移动并重复地在具有磁场最大强度的区域中形成的场集中部反射时,迅速逃离等离子体流而流向阳极内表面。由于碰撞后它们向磁场横向扩散且由于响应电场中的等离子体流射的横向极化磁场使得电子向阳极内表面漂移,所以发生电子的这种逃离。这种极化由相对于未磁化离子穿过磁场和外部电场的磁化电子的漂移所导致。磁场的指向所述管段的外表面的横向梯度的存在也导致了电子横向于磁场的漂移及其横向梯度。在这种情况下,这两种因素将一起增加等离子体流射的横向极化电场强度,其中,电子将向阳极内壁漂移。根据等离子体的准中性条件,相同数量的离子将逃离等离子体。这将减少在阳极出口的离子流。

[0011] 减小来自等离子体源的平均输出离子流的第二缺点由以下所述原因导致。关于固定的电弧电流,由于移动穿过阴极工作表面的阴极电弧斑点的位置连续变化,所以等离子体射流和阳极之间或等离子体射流和等离子体引导件之间的电位差不断地变化。如果阴极斑点移至阴极工作表面的周缘区域中,则出自这些斑点的等离子体射流行进接近阳极和等离子体引导件(或附接至阳极和等离子体引导件的大粒子反射屏幕)。等离子体射流越接近阳极和等离子体引导件内表面,则越多的等离子体流流向这些表面,因此减少了来自等离子体源的离子流。这种缺点对于所有现有阴极电弧等离子体源是共有的,其中,在形成开始点和其它对应物的现有技术的实施中,具有大粒子过滤的阴极等离子体在类似系统中以类似方式被传输。

发明内容

[0012] 本发明的目的是改进用于传输具有大粒子过滤的真空阴极电弧的方法和用于实施该方法的装置。这些改善设计用于降低传输过程中等离子体的损失。为达到这个目的,有必要提供这种等离子体流传输条件,使得对于阴极工作表面上阴极电弧斑点的各种位置,产生的等离子体流围绕反射并捕获大粒子的等离子体源表面上的结构元件而有效地流动。

[0013] 在提出的用于使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从阴极电弧蒸发器传输至等离子体源出口的方法中,解决了该问题,其中,如在作为原型而采用的方法中,等离子体流响应由电磁线圈产生的传输磁场被传输。

[0014] 但是,不同于原型,在提出的发明中,传输磁场由恒定磁场和强度可变的附加磁场的叠加产生,该强度可变的附加磁场使等离子体流从等离子体源的结构元件的表面发生偏

转。通过使用附加电磁线圈产生附加磁场。相应的附加磁场的强度随着等离子体流接近相应结构元件的表面而增强,随着等离子体流远离该元件表面而减弱。

[0015] 当在线性等离子体光学系统中传输等离子体流时,恒定传输磁场由两个电磁线圈产生,其中之一环绕阴极,而另一个环绕等离子体引导件(接近其出口)。

[0016] 当在曲线的等离子体光学系统中传输等离子体流时,恒定传输磁场由线圈产生,其相应地环绕阴极、阳极和等离子体光学系统的曲线部分。

[0017] 在线性和曲线的等离子体光学系统中,当在阳极内传输等离子体流时,附加磁场利用环绕其的附加电磁线圈而建立。线圈的磁场必须与恒定传输磁场在等离子体光学系统的轴线上共同定向。在这种情况下,附加磁场的强度变化,因此关于阴极和阳极之间特定的电位差,其值与流经阳极的电弧电流成正比,或关于流经阳极的特定电弧电流,其值与阳极电位降成反比。

[0018] 在具有阳极的线性等离子体光学系统中,该阳极具有位于其中且在其轴线上并且形如具有封闭端部(指向阴极)的导电管段的电连接的大粒子反射器,当在等离子体光学系统的轴线上附加磁场与恒定传输磁场的方向相反的条件下,当向附加磁场暴露时,等离子体流在该管段的外表面和阳极的内表面之间传输,该附加磁场由同轴地放置在管段中的电磁偏转线圈产生。附加的磁场的场强与流经管段的电弧电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

[0019] 来自阳极部分的等离子体流在等离子体引导件中进一步传输,其中,等离子体流暴露于附加磁场,其与恒定传输磁场共同定向。使用环绕等离子体引导件的附加电磁线圈产生该附加磁场。当向等离子体引导件提供相对于与阳极的正的电位时,其强度与流经所述等离子体引导件的电弧电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

[0020] 在另一个选择中,来自阳极的等离子体流在等离子体引导件中传输,该等离子体引导件包括彼此之间电绝缘并且与阳极电绝缘的入口部分和出口部分。在这种情况下,等离子体流受到与恒定传输磁场共同定向的附加磁场的作用。这种情况中,其由环绕等离子体引导件入口部分的附加电磁线圈产生。当向等离子体引导件出口部分提供相对于阳极的正的电位时,其强度与流经所述等离子体引导件出口部分的电弧电流的增大或减小成正比例地增大或减小。

[0021] 在提出的用于使得具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体从电弧蒸发器传输至等离子体源出口的线性等离子体光学系统中,解决了该问题。该系统(如假定为开始点)包括大粒子反射器;环绕阴极、阳极和等离子体引导件的电磁线圈;以及导电管段,其同轴放置在阳极内并与其电连接,并且其封闭端部指向阴极和同轴地放置其中的电磁偏转线圈。

[0022] 不同于开始点,在提出的系统中,阴极电弧蒸发器电源通过环绕其的电磁线圈的绕组而与阳极连接。管段内电磁偏转线圈绕组的初始匝与其电连接,线圈的最后匝的引线与其电连接的正极端子连接。

[0023] 在这种等离子体光学系统中,管段内的电磁偏转线圈可由水冷管构成。

[0024] 在这种等离子体光学系统中,等离子体引导件可由附加电磁线圈环绕,其一端与等离子体引导件电连接,且另一端与独立电源的正极端子电连接,其负极端子与阳极连接。

[0025] 在等离子体光学系统的另一个实施例中,等离子体引导件可由两部分(入口和出

口)构成,该两部分彼此间电绝缘并且与阳极电绝缘。等离子体引导件入口可由电附加磁感应线圈环绕,其一端与所述等离子体引导件出口电连接,且另一端与独立电源的正极端子电连接,其负极端子与阳极连接。

[0026] 让我们思考,在上述条件下,在等离子体流接近具有大粒子反射器的等离子体源的结构元件表面的过程中,附加磁场对等离子体流的偏转行为如何降低等离子体流的传输损失。

[0027] 为在线性等离子体光学系统中实现这一目的,传输磁场的恒定分量必须具有离轴的中凸形态,其已得到实施,如上所述,具有两个分别环绕阴极和等离子体引导件出口部分的电磁线圈。传输磁场的恒定分量的横向梯度指向等离子体光学系统的轴线。在等离子体射流中,梯度引起电荷分离,其形成了横向于磁场指向的电偶极场及其梯度。该电场导致电子横向于磁场和电偶极场(electric dipole field)而漂移,也就是,朝向阳极的内表面,因此稍微减少了等离子体在具有封闭端部的管段(放置在阳极内)上的沉积。为加强这种效果,以上提到的横向梯度必须足以使等离子体电子梯度漂移速度至少与等离子体射流和放置在阳极中(在其电位上)的管段间的外部电场中反向电子漂流速度一样高。这通过用同轴地放置在位于阳极内的管段中的电磁线圈建立的附加磁场的效果得到保证。场强与流经管段的电弧电流的增大或减小成正比地增强或减弱,因为该管段与电磁偏转线圈绕组的一端电连接,其另一端与真空电弧电源的正极端子连接。结果,接近阴极轴线的来自阴极斑点的等离子体流更高效地从所述管段的外表面偏向阳极内表面,因此导致在这种大粒子反射结构元件上来自等离子体射流的离子的损失的显著降低。

[0028] 然而,当在阴极电弧蒸发过程中阴极斑点在阴极工作表面的周缘流动时,这些阴极斑点所发射的等离子体流紧密接近阳极和等离子体引导件上的大粒子反射器的表面。为降低这些表面上扩散等离子体流损失,等离子体流暴露于相应的与恒定传输磁场共同定向的附加磁场。这些场由分别环绕阳极和等离子体引导件且如上所述适当地连接电源的电磁线圈建立。因此,当等离子体流必须从相应表面偏转时,这些场的强度增加,且当等离子体流离开时,减小。这确保降低了传输中等离子体流的损失。

[0029] 本发明的特点由用于所提出方法的实施装置的图解释。

具体实施方式

[0030] 实例 1。作为本专利发明的实施例,首先让我们考虑提出的装置。这是用于传输具有大粒子过滤的真空阴极电弧等离子体的等离子体光学系统的线性实施例。该系统(如图)包括阴极 1 和阳极 2,具有形如环形屏幕 3 的大粒子反射器放置在其中。系统中的等离子体引导件由两部分构成 - 入口 4 和出口 5,它们彼此间及电绝缘与阳极 2 电绝缘。其中,这些等离子体引导件部件包含形如环形屏幕组 6 和 7 的大粒子反射器。传输磁场 8 的恒定分量由电磁线圈 9 和 10 形成,其分别环绕阴极 1 和等离子体引导件 5 的出口部分。其中,阳极 2 包含与其同轴放置且形如具有封闭端部(指向阴极 1)的管段 11 的大粒子反射器。其中,管段包含具有用于水冷管的卷绕的电磁线圈 12。该电磁线圈设计产生在系统轴线上与传输磁场 8 的恒定部分方向相反定向的附加偏转磁场。单元 14 设计成引发真空电弧。真空阴极电弧电源 15 通过环绕其的电磁线圈 16 的绕组与阳极 2 相连。管段 11 与电磁偏转线圈 12 的一端电连接,其另一端与真空阴极电弧电源 15 的正极端子相连。等离子体引导

件与独立的电源 17 连接,其负极端子与阳极 2 相连,且正极端子通过环绕等离子体引导件入口部分 4 的线圈 18 的绕组而与其出口部分 5 连接。

[0031] 让我们通过描述装置操作来考虑方法实施例。

[0032] 通过向电弧点火单元 14 (如图)提供高电压脉冲来引发电弧,因此启动阴极 1 侧表面上的电弧阴极斑点的激发,其被磁场驱动到阴极工作表面上。根据电弧电流,阴极 1 工作表面可产生几个阴极斑点,其穿过该表面行进,发射高电离阴极等离子体射流和阴极材料的大粒子。大粒子在线性轨迹上移动,被反射器 3、6、7 和管段 11 的封闭端部表面捕获。等离子体射流的离子化接近 100%,其沿着围绕管段 11 的中凸形态的传输磁场 8 移动,朝向等离子体源出口移动通过反射器 3、6、7 的孔。根据电弧阴极斑点在阴极工作表面上的位置,电磁线圈 16 和 18 分别环绕阳极 2 和等离子体引导件 4 的入口部分,产生强度可变的电磁场。这些场改变产生的传输磁场的构造和强度,利用电磁线圈 9 和 10 产生其恒定分量。等离子体流也受阳极 2 内的附加偏转磁场 13 的影响。该偏转磁场在系统轴线上与恒定传输磁场的方向相反,且利用同轴放置在过滤元件 11 的管状部分中的电磁偏转线圈 12 而产生。

[0033] 如果电源 15 以恒定电弧电流的模式操作,则阳极 2 中的附加磁场的强度将与流经阳极 2 和大粒子反射器 11 的管段的电弧电流成比例。这些场的强度也将与阳极电位降成反比。如果电源 15 以恒定电压模式操作,那么因为等离子体流接近阳极 2 的内表面或管段 11 的外表面,所以这些电极的阳极电流将增大。这将增大流经各线圈 16 或 12 的电流,并且将使等离子体流从相应等离子体源结构元件的壁发生偏转的各个磁场的强度增加。

[0034] 由于通过附加电磁场感应线圈 18 使得电源正极端子 17 与等离子体引导件出口部分 5 连接,所以用于向电磁线圈 18 提供的相对于阳极的特定恒定电位的等离子体引导件入口部分 4 中的附加磁场的强度将与流经等离子体引导件出口部分 5 的电流的强度成正比。

[0035] 在所述条件下,因为阴极工作表面上的阴极斑点的任意移动,我们实现了沿着磁场在传输区域中的等离子体流的动态平衡,其中,横向于磁场的等离子体损失将最小化。在这种情况下,等离子体流的这种动态平衡的稳定性和阴极电弧上电压降的稳定性两者与电弧电流成正比增长。

[0036] 实例 2。提出的方法的实施例和用于曲线等离子体光学系统的装置不同于线性等离子体光学系统的实施例,其中,传输磁场的恒定分量由围绕阴极、阳极和等离子体引导件的电磁线圈产生。

[0037] 在曲线系统的阳极内,不存在其中放置有电磁偏转线圈的管段。曲线等离子体光学系统的以电弧直流模式的操作与环绕阳极的附加电磁线圈的激发的方法不同。不同之处为,更具体地,线圈是由独立控制的电源激发,其包括具有相对于电弧上阳极电压降 U_a 的负反馈的直流放大器,其根据系数 $U_a = U_{arc} - U_c$,其中 U_{arc} 和 U_c 是阴极电弧电压降和总电弧电压降。

[0038] 在这种特定情况下, U_a 通过比较仪确定,其设定具体阴极材料所选的 U_c 的恒定量。不存在电弧放电 $U_{arc} = U_{ocv}$,其中 U_{ocv} 是电弧电源的开路电压。

[0039] 在这种情况下,附加电磁线圈的电源被切断,且线圈中的电流等于零。在电弧点火过程中, U_a 降低且线圈电源被触发。因此,流过线圈的电流与阳极电位降 U_a 成反比,因此产生相应的附加磁场。当等离子体射流接近阳极内表面时, U_a 降低且阳极内附加磁场的强度相应地升高。当等离子体射流离开阳极内表面而朝向其轴线后撤时, U_a 升高且阳极内附加

磁场的强度相应地降低。附加磁场对等离子体流的这种影响不会恶化电弧放电的稳定性，且阳极内的等离子体传输的损失平均地降低。在等离子体流进一步在等离子体引导件内传输的过程中，通过环绕等离子体引导件的附加电磁线圈向曲线等离子体引导件提供相对于阳极的正极电位。

[0040] 工业适用性

[0041] 利用由真实可用的结构元件制造的装置所实施的实验证明，提出的方法和用于在线性过滤等离子体光学系统中传输真空阴极电弧等离子体的装置，提供了以 100A 的电弧电流，平均出口离子通量比原型增加至少 1.5 倍。进一步地，出口离子电流的最小值和最大值分别为 3.5A 和 4A。当电弧电流被提高到 110A 时的情况下，最小和最大出口离子电流分别增加到 4A 和 5A。

[0042] 因此，所提供的数据证实，可实施提出的发明来沉积用于各种应用的高质量涂层。上述等离子体流传输条件的提供，显著提高了涂层沉积工艺的生产率，而没有大颗粒所导致的缺陷。

[0043] 参考文献

[0044] 1. I. I. Aksonov, V. A. Belous, V. G. Padalka, V. M. Khoroshikh. Device for Vacuum Arc Plasma Cleaning from Macroparticles//Instruments and Experimental Techniques, No. 5, 1978, p. 236-237.

[0045] 2. 乌克兰专利 87880。国际专利分类 C23C14/00。Vacuum Arc Plasma Source, 2009(原型)。

用于传输真空电弧等离子体的方法和装置

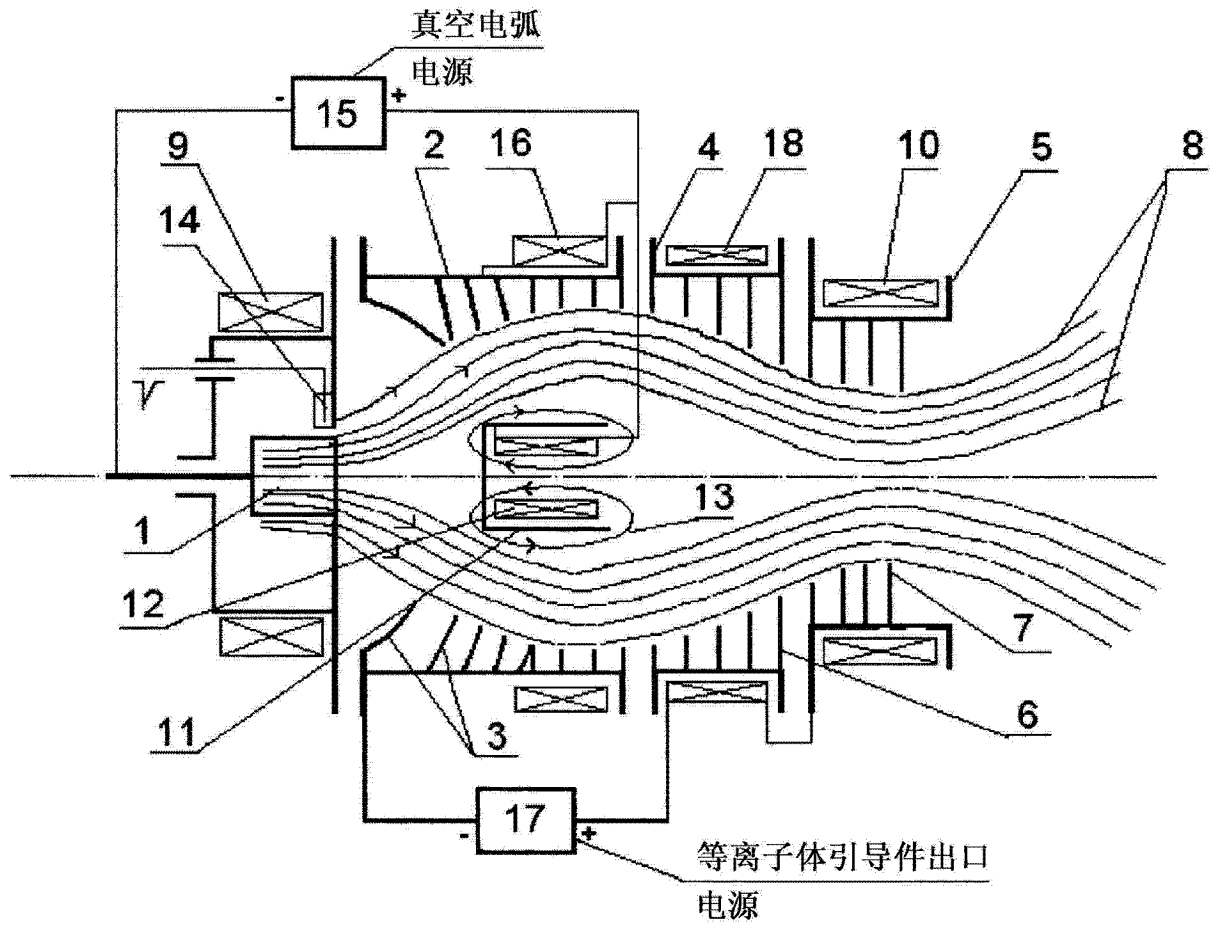


图 1