



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101828246 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 24

(21) 申请号 200880112034. 2

(22) 申请日 2008. 10. 09

(30) 优先权数据

0758368 2007. 10. 16 FR

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 04. 16

(86) PCT申请的申请数据

PCT/FR2008/051824 2008. 10. 09

(87) PCT申请的公布数据

W02009/053614 FR 2009. 04. 30

(73) 专利权人 H. E. F. 公司

地址 法国布德龙

(72) 发明人 贝亚特·施密特 克里斯托弗·埃奥

菲利普·毛林-佩里耶

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 李春晖 李德山

(51) Int. Cl.

H01J 37/32 (2006. 01)

H05H 1/46 (2006. 01)

(56) 对比文件

FR 2895208A1, 2007. 06. 22, 摘要、说明书第 16 页第 1 行 - 第 24 页第 27 行、附图 2-10.

FR 2895208A1, 2007. 06. 22, 摘要、说明书第 16 页第 1 行 - 第 24 页第 27 行、附图 2-10.

US 6407359B1, 2002. 06. 18, 说明书第 4 栏第 32 行 - 第 9 栏第 67 行、附图.

US 20050001554A1, 2005. 01. 06, 说明书第 37 节、附图 6.

WO 2007023350A1, 2007. 03. 01, 说明书第 6 页第 26 行 - 第 10 页第 6 行、附图 1-3.

审查员 梁忠益

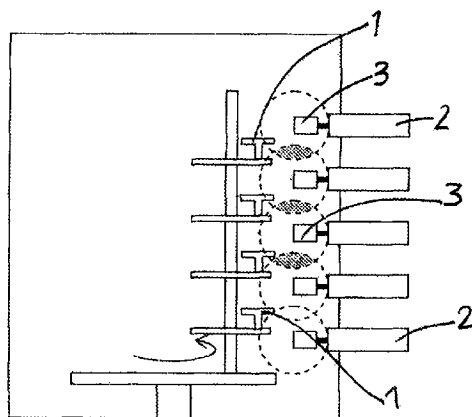
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

通过电子回旋共振产生的等离子体基本源来处理至少一个零件的表面的方法

(57) 摘要

本方法包括使一个或更多零件 (1) 相对于基本源 (2) 的至少一个固定直列作至少一个旋转运动, 基本源 (2) 的所述一个或者多个直列被设置为与所述一个或更多零件的一个或更多旋转轴线平行。



1. 一种通过电子回旋共振产生的等离子体基本源来处理至少一个零件的表面的方法, 其特征在于, 所述方法包括: 将经受至少一个旋转运动的一个或更多零件 (1) 与基本源 (2) 的至少一个固定直列相对设置, 基本源 (2) 的所述一个或者多个直列被设置为与所述一个或更多零件的一个或更多旋转轴线平行, 其中, 所述基本源之间的距离 $D_{\max}$ 通过以下算式确定:

$$D_{\max} = 2R_{\max_0} \frac{P_0}{P}$$

在该算式中: $R_{\max_0}$ 为 5 厘米, P_0 为 2×10^{-3} 毫巴, P 为以毫巴表示的工作压强。

2. 一种通过电子回旋共振产生的等离子体基本源来处理至少一个零件的表面的设备, 其特征在于, 所述设备包括与所述一个或更多零件 (1) 相对设置的基本源 (2) 的至少一个固定直列, 所述一个或更多零件 (1) 固定到用于经受至少一个旋转运动的装置, 基本源 (2) 的所述一个或者多个直列被设置为与所述一个或更多零件的一个或多个旋转轴线平行, 所述基本源之间的距离 $D_{\max}$ 通过以下算式确定:

$$D_{\max} = 2R_{\max_0} \frac{P_0}{P}$$

在该算式中: $R_{\max_0}$ 为 5 厘米, P_0 为 2×10^{-3} 毫巴, P 为以毫巴表示的工作压强。

3. 根据权利要求 2 所述的设备, 其特征在于, 所述旋转运动是简单旋转。

4. 根据权利要求 2 所述的设备, 其特征在于, 所述旋转运动是单行星式旋转或双行星式旋转。

5. 根据权利要求 2 至 4 中任一项所述的设备, 其特征在于, 所述基本源 (2) 由同轴波导和包含被限定为允许电子回旋共振的磁体的端罩构成。

6. 根据权利要求 5 所述的设备, 其特征在于, 所述磁体的磁化轴线与所述波导的轴线是共线的, 以保障所述波导的旋转的对称性和保证电子轨迹的自闭合。

7. 根据权利要求 2 至 4 中任一项所述的设备, 其特征在于, 所述基本源由单个发生器供给, 所述发生器的功率在所述源之间平均分配。

8. 根据权利要求 2 至 4 中任一项所述的设备, 其特征在于, 所述基本源由多个发生器供给, 调节所述多个发生器的功率以沿所述源的所述列获得均匀的等离子体。

9. 根据权利要求 2 至 4 中任一项所述的设备, 其特征在于, 所述源相对于所述零件的最小距离是在所述运动期间被认为最近的距离, 并且介于 40mm 和 160mm 之间。

通过电子回旋共振产生的等离子体基本源来处理至少一个零件的表面的方法

[0001] 本发明涉及基于气体介质通过电子回旋共振 (RCE) 产生等离子体, 并更特别地涉及表面处理的技术领域。

[0002] 本领域的技术人员非常熟知通过电子回旋共振产生的等离子体可参与金属零件或非金属零件的表面处理, 诸如通过离子清洗对零件进行清理、对物理气相沉积 (PVD) 沉积方法的离子辅助、活化气态物质以制造等离子体辅助化学气相沉积 (PACVD) 涂层等。这些通过等离子体进行的表面处理方法可被用于但不限于机械、光学、腐蚀保护或用于产生能量的表面处理等领域。

[0003] 本发明尤其适用于处理具有多个待处理的表面或者所谓复杂形状的一个或多个零件。

[0004] 众所周知, 为了在形状复杂的零件上实现等离子体处理, 可实现所述零件的极化, 以便在待处理的零件的表面直接创建等离子体, 极化可以以连续、脉冲或射频的方式进行。这种方案具有如下缺点: 由于工作电压同时确定到达表面的离子的能量和等离子体的密度, 所以等离子体的产生和通过该等离子体的离子对表面的轰击不是独立的。还观察到这种极化只有在约为 1Pa (帕斯卡) 至 10Pa 的压强下才有效。然而, 该压强 (对等离子体处理而言相对较高) 对应于较小平均自由行程, 这使得来自或向待处理的零件的材料传输尤其困难, 并且促使在零件之间形成空心阴极, 导致所得到的处理不均匀。为避免形成空心阴极, 必须特别注意待处理的零件之间的距离。

[0005] 即使通过使用外部源 (例如射频波或微波) 来创建等离子体从而降低工作压强, 仍然存在零件均匀处理的问题。

[0006] 已提出多种技术方案来在待处理的零件的表面创建均匀的等离子体。

[0007] 根据专利 FR2658025 的记录, 通过使用在空间上均匀的磁场获得均匀的等离子体。于是由等离子体的均匀性得到对零件的均匀处理。另外, 由于铁磁型的零件必定会改变磁场的均匀性从而改变处理的均匀性, 所以该类型的配置受到极大限制。

[0008] 专利 FR2838020 提出在反应器的外围上分布源从而产生等离子体约束, 以使得等离子体在空间上是均匀的以获得均匀处理。根据该方案, 虽然零件的磁性或非磁性并不重要, 但等离子体的均匀性却必定受到零件存在的影响。事实上, 由分布在处理系统壁上的基本源的作用的总和得到空间上均匀的等离子体。将物体放置在等离子体中的行为必定会导致对源的遮蔽, 从而损害等离子体和处理的均匀性。

[0009] 由专利 FR2797372 的记录可知用于处理具有平坦几何形状或具有轻度弯曲表面类型的几何形状的物体的方案。根据该专利的记录, 等离子体源位于距待处理零件的表面恒定距离处, 以使得等离子体在该表面上是均匀的。但是, 正如已指出的, 该方案专用于零件的确定几何形状。针对每一新的几何形状, 必须改变反应器并且尤其要改变等离子体源的位置。

[0010] 由专利 W02007/023350 的记录可知用于处理平坦几何形状的物体的另一方案。该专利应用了不常见的磁感应共振条件 $B = \pi m f / e$ (其中 f 是电磁波的频率, 而 m 和 e 是电

子的质量和电荷)。根据该专利的记录,通过足够接近基本源以获得满足上述共振条件的感应 B 的公共等值面(isosurface),获得了均匀的处理区域。在通常使用的 2.45GHz 频率下,该条件对于约为 437 高斯(Gauss)的场而言是满足的。因此该方案需要无论压强是多少都遵守基本源之间小于 5cm 的足够小的距离。因此需要布置许多单独的源,这提高了处理的成本。同样地,源前面的磁场也被加强,如果希望处理磁零件则这可能是不利的。

[0011] 由专利 FR 2826506 的记录可知涉及不规则放电电流的放大设备的另一方案。该设备放大存在的等离子体,因此,为了工作,需要连接其它电极(比如磁控管阴极)。通过施加正电压来放大等离子体。然而,带极强正电的等离子体具有以下潜在缺点:溅射反应器的壁并因此污染待处理的零件。

[0012] 本发明的目的是简单、可靠、有效和合理地克服上述缺点。

[0013] 本发明所提出要解决的问题是能够实现这样的表面处理:允许以均匀的方式(换句话说允许在即使空间中的等离子体本身不均匀的情况下仍可在空间上均匀地处理)处理具有复杂形状的零件,限制源个体的数量并降低处理成本。

[0014] 为了解决该问题,设计和开发了通过电子回旋共振产生的等离子体基本源来处理至少一个零件的表面的方法和设备。

[0015] 该方法包括使一个或更多零件相对于基本源的至少一个固定直列作至少一个运动。

[0016] 该设备包括与一个或更多零件相对设置的基本源的至少一个固定直列,所述一个或更多零件固定到用于经受至少一个旋转运动的装置。

[0017] 为了使基本源的等离子体相互叠加并产生沿该列基本源的均匀处理,将基本源的一个或者多个直列设置为与所述一个或更多零件的旋转轴线平行。

[0018] 在使用多个直列的情况下,将这些列设置为使得它们不互相磁性干扰。

[0019] 根据这些特征,等离子体基本源构成局部化的处理区域,使得尺寸的扩展变得尤其简单。

[0020] 优选地,旋转运动是简单旋转的形式或者是单行星式或双行星式的运动形式。

[0021] 为了实现电子回旋共振的条件,基本源可由同轴波导和包含磁体的端罩构成,所述磁体被限定为允许电子回旋共振并适合给所述源供电的一个或多个发生器的频率,如专利 FR2797372 中所述。

[0022] 为了保护波导旋转的对称性和为了保证电子轨迹的自闭合,磁体的磁化轴线与波导的轴线是共线的。

[0023] 根据另一特征,基本源可由功率在源之间平均分配的单个发生器供给,如专利 FR 2798552 所述。基本源可由多个发生器供给,调节所述多个发生器的功率以沿所述源的所述列获得均匀的处理。

[0024] 通过两个源之间的磁相互作用规定分隔这两个源的最小距离。该距离大约是基本源的磁体直径的两倍。在这里,磁体之间的相互作用移动 RCE 的区域。在两个磁体间的极性相反的情况下,该区域非常接近源的表面;在另一种情况下,该区域距离源的表面非常远。

[0025] 在 2×10^{-3} 毫巴的压强 P_0 下,从源的表面起,等离子体在约为 5cm 的距离 $R_{\max_0}$ 上展开。

[0026] 因此两个源之间的最大间距 $D_{\max}$ 被限制为该距离的两倍(大约 10cm)。该最大间

距在压强较小的情况下可更大,而在压强较大的情况下将更小。因此该距离与压强成反比。

$$[0027] \quad D_{\max} = 2R_{\max_0} \frac{P_0}{P}$$

[0028] 以下将借助附图更详细地描述本发明,在附图中:

[0029] - 图 1 是根据本发明的处理设备的简化实施方式的仅为示意性质的正视图;

[0030] - 图 2 是在运动是简单旋转形式的旋转类型的情况下对应于图 1 的俯视图;

[0031] - 图 3 是在运动为单行星运动形式的旋转类型的情况下与图 2 相似的视图;

[0032] - 图 4 是在双行星运动形式的旋转类型的运动的情况下与图 3 相似的视图;

[0033] - 图 5 和图 6 示出具有不同极性磁化(图 5)或优选为相同极性磁化(图 6)的两种基本源布置;

[0034] - 图 7 是基本源的实施例的透视图。

[0035] 图 1 示出通过电子回旋共振产生的等离子体基本源(2)来处理至少一个零件(1)的表面的设备的总体结构。

[0036] 根据本发明,该设备包括布置为与零件(1)相对的基本源(2)的至少一个固定直列。

[0037] 重要的是,将一个或多个零件(1)与任何类型的已知装置固定,该装置适于作至少一个运动,尤其是旋转运动。

[0038] 零件的旋转运动与通过电子回旋共振产生的等离子体基本源的线性布置的这种组合允许产生对复杂零件的三维表面的均匀处理。

[0039] 该运动适合待处理零件的形状和几何尺寸并且适合载入真空罩内。对尺寸较大的零件而言(图 2),该运动可以由简单旋转构成。

[0040] 对尺寸较小的零件而言,该运动可以是单行星式(图 3)或者双行星式(图 4)。

[0041] 在一种实现方式中,每个基本源(2)由共轴波导(2a)和包括强度足以实现电子回旋共振的磁体(3)的端罩(2b)构成。磁体的磁化轴线与共轴波导(2a)的轴线是共线的。这些设置允许保护波导旋转的对称性和确保电子轨迹的自闭合。

[0042] 各个源(2)的磁化可随意地确定,使得相邻的源可具有相同的极性(图 6)或不同的极性(图 5)。

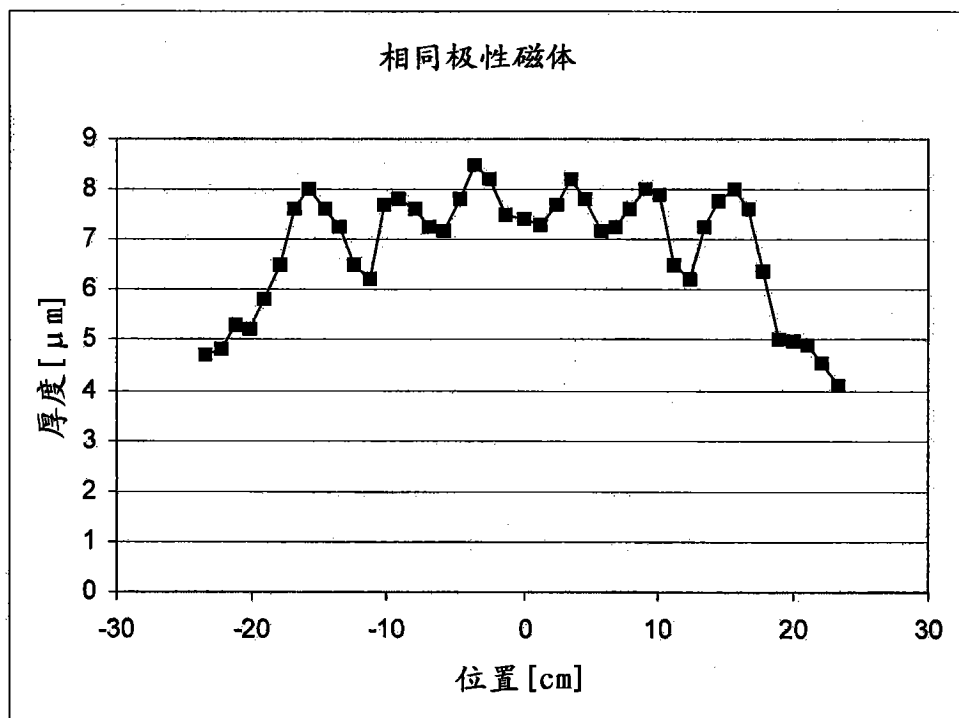
[0043] 在相邻的两个磁体的极性相反的情况下,场线从一磁体的一极过渡到另一磁体相反的极。因此热电子将在这些场线上被捕获并在这两个磁体间做往返运动。电子的这种定位发生在两个源之间和之前的空间中,并在该位置产生更强的等离子体。这导致两个磁体之间更快的沉积速度。在源的极性相同的情况下,两个相邻磁体的场线互斥并且没有线连接这两个磁体。因此在源之前和之间的空间中不发生热电子的定位并且沉积更均匀。为了恢复与交错极化等效的均匀性,可将源-基板的距离增大几厘米,但在这种情况下损失了沉积的速度。由于这些原因,磁体的优选布置是极性处处相同的布置。

[0044] 不符合本发明的实例 1:通过 PACVD 静态沉积碳

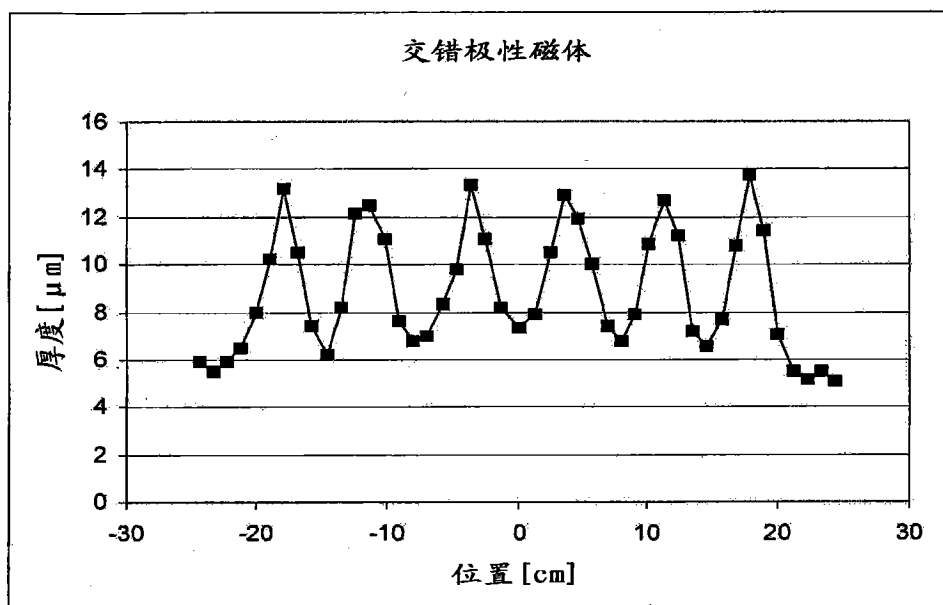
[0045] 使用了磁体极性的两种配置:6 个相同极性的端罩和 6 个交错极性的端罩。将基板面向源放置,且在处理期间保持固定。

[0046] 厚度的测量表明静态沉积是不均匀的。交错极性的配置虽然取得好一些的结果,但仍然具有 30%到 40%的厚度变化。

[0047]



[0048]



[0049] 符合本发明的实例 2 :通过 PACVD 沉积碳

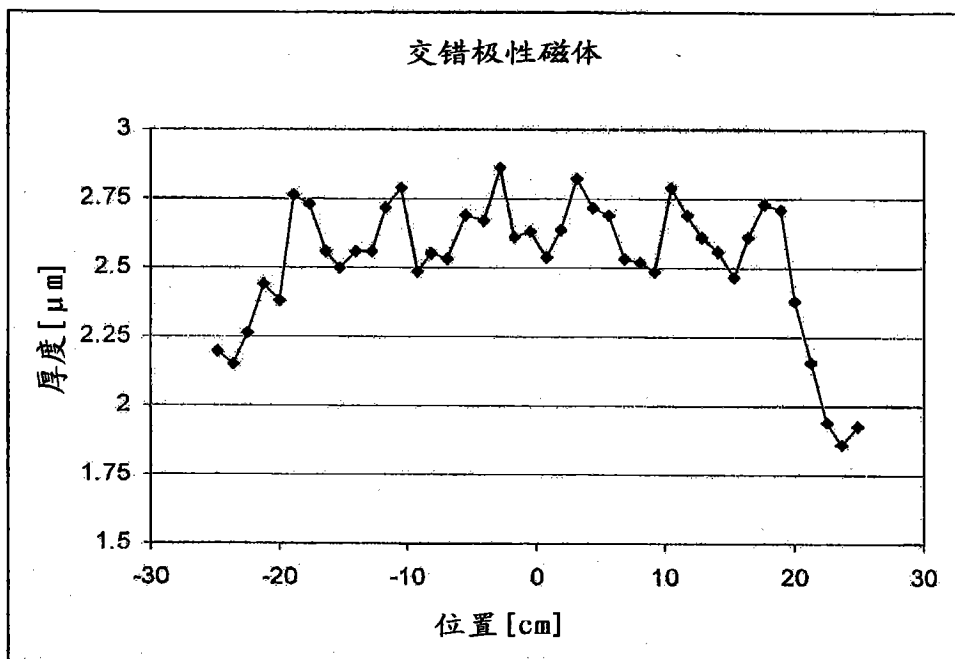
[0050] 这种沉积使用碳氢化合物作为前质气体来进行。使用了磁体极性的两种配置 :6 个相同极性的端罩和 6 个交错极性的端罩。

[0051] 沉积厚度的测量表明两件事情 :

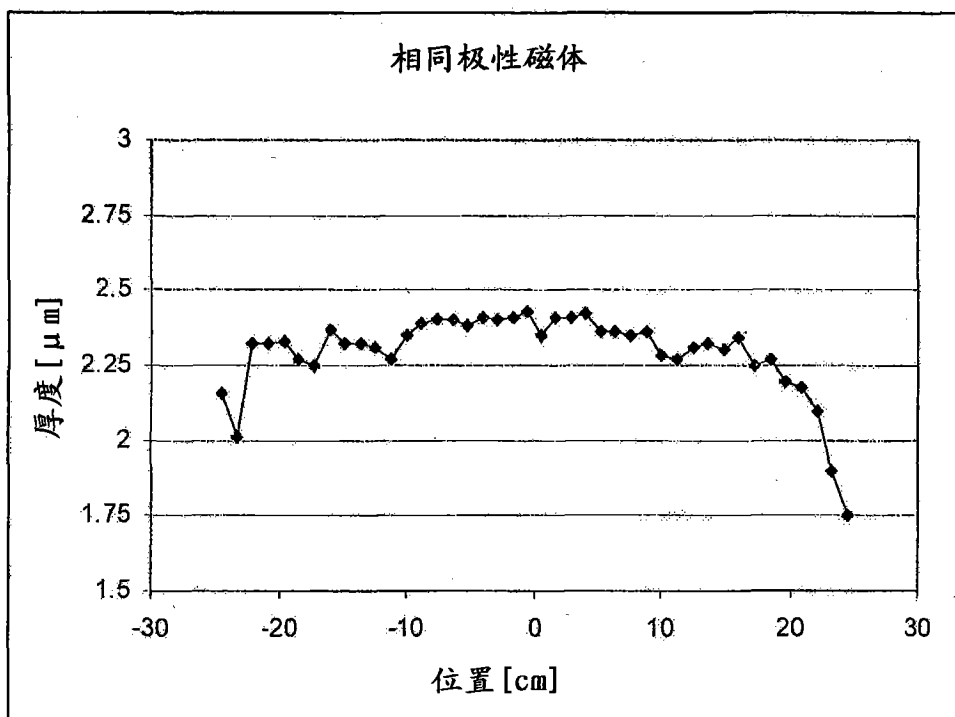
[0052] - 在使用交错极性的磁体配置中沉积的平均速度更高。

[0053] - 在使用相同极性的磁体配置中沉积的均匀性更好。

[0054]



[0055]



[0056] 这些实例表明,即使静态处理产生很不均匀的处理,但一系列源与绕平行于该列源的轴线的运动的联合产生均匀的处理。

[0057] 基本源 (2) 由功率在源之间平均分配的单个发生器供给。或者基本源 (2) 由多个发生器供给,调节所述多个发生器的功率以提高处理的均匀度。所述一个或多个发生器例如是通常为 2.45 千兆赫的微波类型。

[0058] 根据本发明,如图 1 所示,多个源 (2) 沿着与零件的旋转轴线 ($X-X'$) 平行的线设置。这导致基本源 (2) 的等离子体区域相互叠加,从而允许沿该列基本源获得均匀的处理。

[0059] 两个源的磁相互作用规定分隔这两个源的最小距离 $D_{\min}$ 。该距离大约是基本源的

磁体直径的两倍。在这里,磁体之间的相互作用移动 RCE 的区域。在两个磁体间的极性相反的情况下,该区域非常接近源的表面;在另一种情况下,该区域距离源的表面非常远。

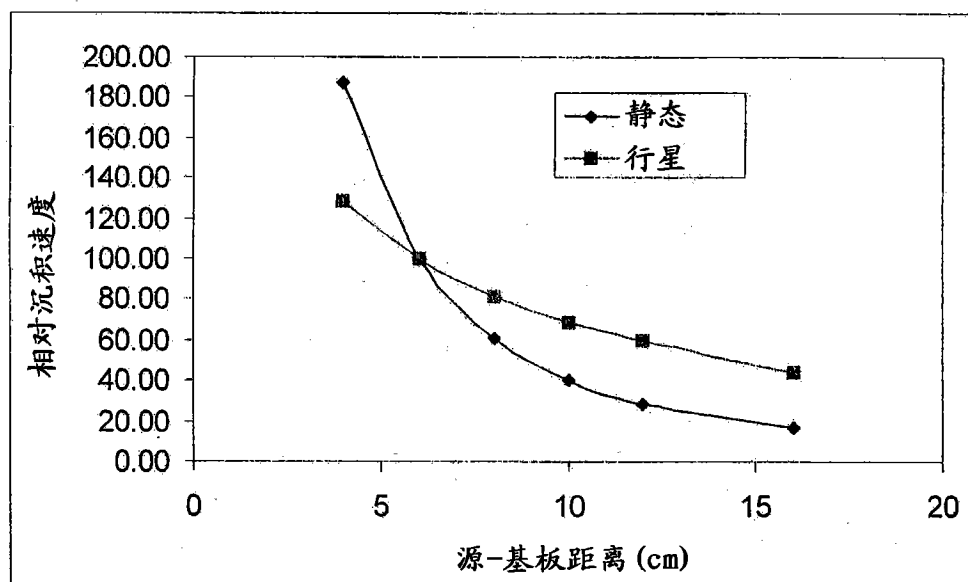
[0060] 在 2×10^{-3} 毫巴的压强 P_0 的情况下,从源的表面起,等离子体展开在约为 5cm 的距离 $R_{\max_0}$ 上。因此两个源之间的最大间距 $D_{\max}$ 被限制为该距离的两倍(大约 10cm)。该最大间距在压强较小的情况下可更大,而在压强较大的情况下将更小。因此该距离与压强成反比。

$$[0061] \quad D_{\max} = 2R_{\max_0} \frac{P_0}{P}$$

[0062] 为了根据反应器的高度来产生均匀的处理,各个源的相对位置就应该介于 $D_{\min}$ 和 $D_{\max}$ 之间。

[0063] 在一个实施例中,待处理的零件可被设置在具有按照一种或者多种运动方式而旋转的能力的基板座上,所述基板座是在 PVD 沉积(如磁控管溅射)领域中使用的类型。零件相对于源的最小距离被定义为在运动期间被认为最近的距离。可以观察到大约介于 40mm 和 160mm 之间的最小距离给出了符合所追求的均匀度的处理品质。

[0064]



[0065] 在该实例中可看到使用碳氢化合物作为气体前质、基于微波 RCE 源实现的沉积的厚度的均匀性。试样被设置在距离源不同的最小距离处并面对这些源。将静态(即采用保持不动的基板)处理与采用行星式运动的处理进行了比较。该图示出了当到该列源的距离增大时沉积速度的逐渐减小。在行星式运动的情况下,源-基板距离对应于在运动期间基板到源的最小距离。可清楚地看到该运动允许减缓沉积速度的下降。

[0066] 本发明能有利地用于不同级别的表面处理,作为绝非限制性的指南,例如包括通过离子清洗对零件进行清理、对 PVD 沉积方法的离子辅助或者活化气态物质以制造 PACVD 涂层等。如开篇所述,这些等离子体处理技术被用于许多领域,诸如机械、光学、腐蚀保护或用于产生能量的表面处理等领域。

[0067] 从描述中可见本发明的优点,特别要强调和提醒的是,通过电子回旋共振产生的等离子体基本源进行处理的方法和设备允许:

- [0068] - 通过使用单一的设备配置来处理具有可变和任意几何形状的金属或非金属零件；
- [0069] - 获得可变和复杂表面上的均匀处理,而无需根据零件的几何形状来改变设备的几何形状。

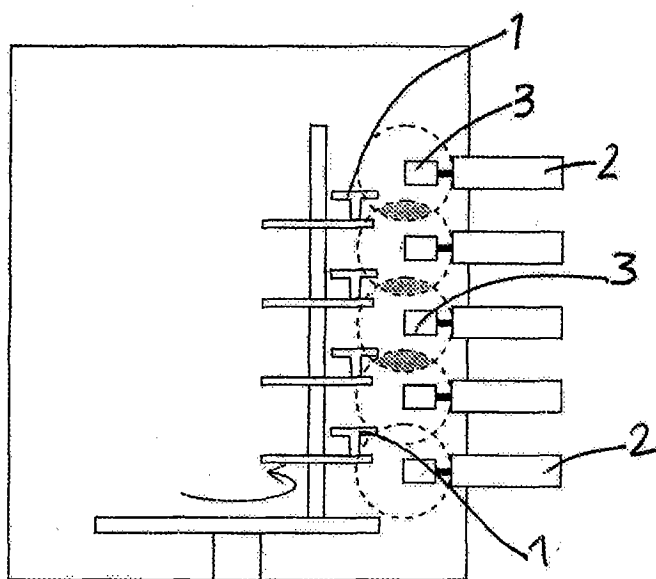


图 1

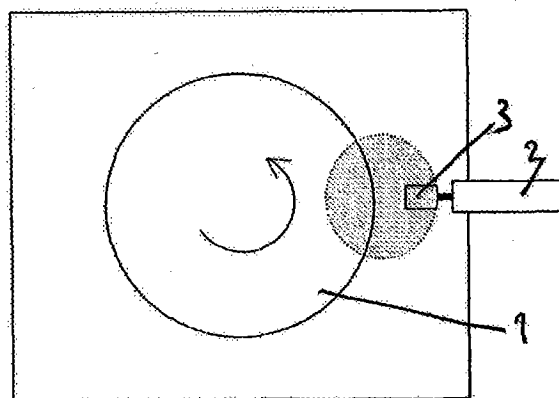


图 2

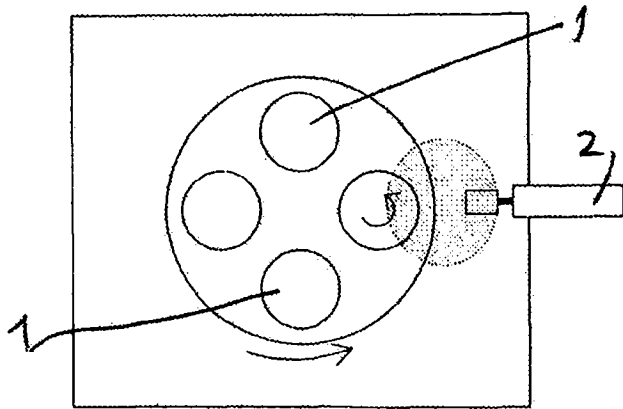


图 3

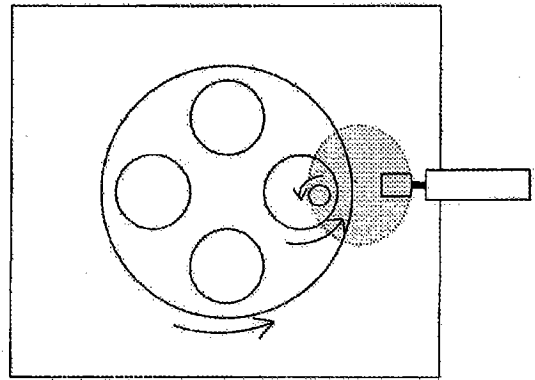


图 4

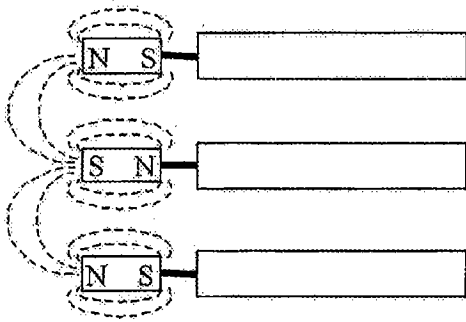


图 5

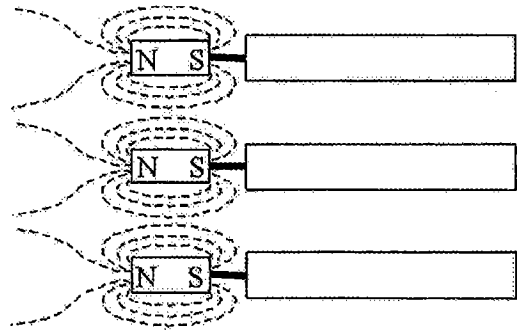


图 6

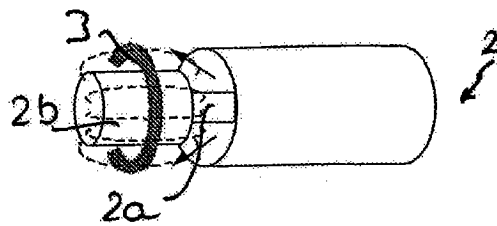


图 7