



(10) 授权公告号 CN 111466008 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 18

(21) 申请号 201880080069.6

(22) 申请日 2018.12.11

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111466008 A

(43) 申请公布日 2020.07.28

(30) 优先权数据
17206337.2 2017.12.11 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.06.11

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/084350 2018.12.11

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/115519 EN 2019.06.20

(73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 R·K·O·贝林 C·H·巴特
W·克罗斯特

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 孟杰雄

(51) Int.Cl.
H01J 35/10 (2006.01)

(56) 对比文件
US 4298816 A, 1981.11.03
US 4799250 A, 1989.01.17
US 5148463 A, 1992.09.15

审查员 胡朝静

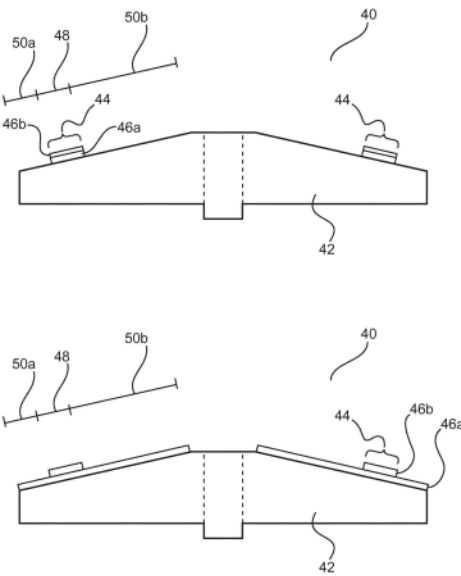
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

用于X射线源的旋转阳极

(57) 摘要

旋转阳极X射线源的可旋转阳极具有置于其的苛刻的要求。例如,其可以以高达200Hz的频率旋转。通过向阴极施加大电压来激发X射线发射,从而使电子与焦点轨迹碰撞。在电子撞击位置处生成的焦斑可以具有在2000°C与3000°C之间的峰值温度。旋转阳极的不断旋转在一定程度上保护了焦点轨迹,然而紧接在CT采集协议之后的焦点轨迹的平均温度能够仍然在1500°C周围。因此,苛刻的要求被置于旋转阳极的设计。本申请提出了用于旋转X射线阳极的靶区域的多层涂层,其改进了机械弹性和热弹性,同时减少了所需的昂贵的难熔金属的量。



1. 一种用于旋转阳极X射线源的可旋转阳极(40), 包括:

- 基板(42); 以及

- 在所述基板(42)上形成的靶区域(44);

其中, 所述靶区域包括多层涂层(46a、46b), 所述多层涂层包括被沉积在所述基板的表面上的第一材料的第一层(46a)和被沉积在所述第一层的表面上的第二材料的第二层(46b), 所述第一层(46a)和所述第二层(46b)的相应总厚度在 $5\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的范围内;

其中, 所述靶区域中的所述多层涂层的所述第一层与所述第二层之间的厚度比在0.5至2.0的范围内; 并且

其中, 所述第一材料与所述第二材料相比具有更大的机械弹性, 并且所述第二材料与所述第一材料相比是更导热的。

2. 根据权利要求1所述的可旋转阳极(40),

其中, 所述靶区域中的所述第一层(46a)与所述第二层(46b)之间的所述厚度比在0.95至1.05的范围内。

3. 根据权利要求1或2所述的可旋转阳极(40),

其中, 所述第一材料是铯、钽、碳化钽或碳化钨。

4. 根据权利要求1或2所述的可旋转阳极(40),

其中, 所述第二材料是钨、铪或钨-铯合金。

5. 根据权利要求4所述的可旋转阳极(40),

其中, 所述第二材料是纯钨。

6. 根据权利要求1或2所述的可旋转阳极(40),

其中, 已经通过在大于 1500°C 的温度下的热烧结过程使所述靶区域中的所述第二材料的表面平滑。

7. 根据权利要求6所述的可旋转阳极(40),

其中, 所述靶区域中的所述第二材料的所述表面具有低于 $5\mu\text{m}$ 的表面粗糙度。

8. 根据权利要求1或2所述的可旋转阳极(40),

其中, 当所述阳极在使用中时, 所述靶区域(44)被提供为所述可旋转阳极的第一区(48), 并且非靶区域包括所述可旋转阳极的第二区(50a、50b), 所述第一材料的所述第一层(50a、50b)额外地被沉积在所述基板(42)的第二区的表面上。

9. 根据权利要求1或2所述的可旋转阳极(40),

其中, 所述基板(42)由碳复合材料或石墨形成。

10. 一种旋转阳极X射线管, 包括:

- 真空壳体;

根据权利要求1至9中的一项所述的可旋转阳极, 其被支撑在被包含在所述真空壳体内的旋转轴承上; 以及

- 阴极, 其被包含在所述真空壳体内, 所述阴极在操作中被取向为将电子朝向所述可旋转阳极加速以引起X射线发射。

11. 根据权利要求10所述的旋转阳极X射线管,

其中, 所述旋转轴承是流体动力轴承, 所述流体动力轴承包括液体金属润滑剂或者是滑动轴承。

12. 一种制造可旋转阳极的方法, 包括:

- a) 提供 (60) 可旋转阳极基板;
- b) 将第一材料的第一层沉积 (62) 到所述基板的表面上; 并且
- c) 将第二材料的第二层沉积 (64) 在所述第一层的表面上, 其中, 所述第一层 (46a) 和所述第二层 (46b) 的相应总厚度在 $5\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的范围内;

其中, 在所述基板上形成的靶区域中的所述第一层与所述第二层之间的厚度比在 0.5 至 2.0 的范围内; 并且

其中, 所述第一材料与所述第二材料相比具有更大的机械弹性, 并且其中, 所述第二材料与所述第一材料相比是更导热的。

13. 根据权利要求 12 所述的制造可旋转阳极的方法, 还包括:

- d) 通过将所述可旋转阳极基板加热到 1500°C 至 3200°C 的范围内的温度来烧结具有第一层和第二层的所述可旋转阳极基板。

用于X射线源的旋转阳极

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于旋转阳极X射线源的可旋转阳极、旋转阳极X射线管以及制造可旋转阳极的方法。

背景技术

[0002] 可旋转阳极X射线管包括与在可旋转阳极盘上的焦点轨迹对准的阴极,所有这些被包围在真空玻璃壳体中。在操作中,可旋转阳极以高达200Hz的频率旋转。通过向阴极施加高电压来激发X射线发射,从而使电子与焦点轨迹碰撞。在电子撞击位置处生成的焦斑可以具有在2000℃与3000℃之间的峰值温度。旋转阳极的不断旋转在一定程度上保护焦点轨迹,然而紧随CT采集协议的焦点轨迹的平均温度仍能够在1500℃周围。因此,对旋转阳极的设计放置了苛刻的要求。

[0003] US 3982148讨论了使用铯作为可旋转的X射线阳极的粗糙的热辐射涂层。然而,还可以开发这种可旋转阳极。

发明内容

[0004] 本发明的目的通过所附独立权利要求的主题来解决,其中,在从属权利要求中并入了其他实施例。

[0005] 根据第一方面,提供了一种用于旋转阳极X射线源的可旋转阳极,包括:

[0006] -基板;以及

[0007] -在基板上形成的靶区域。

[0008] 靶区域包括多层涂层,所述多层涂层包括沉积在基板的表面上的第一材料的第一层和沉积在第一层的表面上的第二材料的第二层。在靶区域中,多层涂层的第一层和第二层之间的厚度比在0.5至2.0的范围内。

[0009] 与第二材料相比,第一材料具有更大的机械弹性,并且与第一材料相比,第二材料是更导热的。

[0010] 因此,与第一材料相比,多层涂层中的第一材料具有增强的对拉应力的抵抗,并且多层涂层中的第二材料可以更有效地耗散由焦斑生成的靶区中的热量。允许可旋转阳极的多层涂层使得可旋转阳极的表面能够针对两个不同的特性而被优化,例如良好的热性能以及良好的机械应力和/或平滑性能。

[0011] 在制造期间,在高温(例如,约800℃)下将多个材料层施加到可旋转阳极,这意味着在施加多个材料层后对可旋转阳极进行冷却期间,不同材料层中会存在不同的热膨胀系数,导致可旋转阳极的增加应力。为了降低在这种经处置的可旋转阳极中的残余材料应力,提出了仔细控制多层涂层的第一层和第二层之间的厚度比。

[0012] 多个材料层的协同效应(提高的机械弹性和改进的散热性)意味着需要更薄的个体材料层。通常,旋转阳极是旋转阳极X射线源中最昂贵的部件。减少材料层的厚度(通常由昂贵的难熔金属组成)可以降低制造阳极的总成本。

[0013] 多种材料层提高了可旋转阳极在操作中的性能。CT扫描器中的可旋转阳极的操作会在可旋转阳极的外径(称为压力应力)和内径(称为拉伸应力)的圆周方向上生成高应力水平。这是由于焦点轨迹区域中的高热梯度与第一材料和第二材料的各种热膨胀系数的组合所导致的。

[0014] 典型地,金属涂层遭受塑性变形,导致在可旋转阳极冷却之后涂层中的残余拉伸应力。该拉应力被传递到可旋转阳极的表面。具有靶区域(焦点轨迹)的可旋转阳极将减小残余拉伸应力,该靶区域包括具有至少两层的多层涂层,至少两层之间的厚度比在0.5至2的范围内。

[0015] 任选地,靶区域中的第一层和第二层之间的厚度比在0.95至1.05的范围内。

[0016] 因此,多层涂层被提供有具有几乎相同厚度的至少两个层,从而进一步提高了抗拉强度性能。

[0017] 任选地,第一层和第二层的总厚度在 $5\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的范围内。薄层的提供使得能够提供CVD涂层而无需额外的机械加工。实验经验已经揭示,由于热膨胀系数(CTE)在钨和石墨之间不匹配,旋转阳极上达到1毫米的厚涂层导致从CVD涂层冷却后的石墨中生成初始裂纹的增强概率。关于所提出的涂层不存在具有高达300微米的典型深度的此类裂纹,例如,在一个任选示例中,其中,铯层具有约 $20\mu\text{m}$ 的厚度,而钨层具有约 $20\mu\text{m}$ 的厚度。

[0018] 任选地,第一材料是铯、钽、碳化钽或碳化钨。

[0019] 因此,提供了多层涂层,其具有与可旋转阳极表面接触的难熔金属或难熔金属合金。例如,列出的材料具有改进的对高张力的抵抗。此外,铯用作屏障,以防止叠加的钨在高温下碳化(由于碳从下层碳阳极表面迁移)。

[0020] 任选地,第二材料是钨、铈或另一种难熔金属。任选地,第二材料是钨-铯合金。任选地,第二材料是以下比率的钨-铯合金:W99%-Re1%;W95%-Re5%;W90%-Re10%;或W85%-Re15%。

[0021] 因此,在多层涂层的最外层上提供具有改进的导热率的材料。第二材料层直接暴露于X射线管的电子束,并且可以达到超过 2500°C 的温度。因此,提供耐热材料作为第二材料改进焦点轨迹的寿命,并且使得能够更有效地散热。任选地,第二材料具有大于 $100\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 的导热率。

[0022] 任选地,第二材料是纯钨,并且第二层具有在5至 $60\mu\text{m}$ 的范围内的厚度。

[0023] 任选地,已经通过大于 1500°C 的温度下的热烧结过程使靶区域中的第二材料的表面平滑。

[0024] 因此,提出了将可旋转阳极的靶区调节在显著高于正常操作温度的温度下,以稳定第二材料的形态结构。

[0025] 任选地,靶区域中的第二材料的表面具有例如使用光学或触觉测量设备测量的低于 $5\mu\text{m}$ 的平均表面粗糙度(Ra)。

[0026] 任选地,靶区域被提供为可旋转阳极的第一区,并且非靶区域包括可旋转阳极的第二区,第一材料的第一层额外沉积在基板的第二区的表面上。

[0027] 因此,第二材料仅沉积在例如可旋转阳极上的靶区(焦点轨迹)上。因此,与靶区外部的可旋转阳极的区相比,靶区具有平滑的表面。这意味着,相对于靶区(焦点轨迹)提供了如上所述的多层涂层的有益效果,但是与靶区相比,可旋转阳极的未形成靶区的区具有显

著更粗糙的表面,并且因此显著提高了散热能力。

[0028] 任选地,形成靶区域的可旋转阳极的第一区比最大焦斑尺寸宽大约至少5%、或至少10%、或至少15%,以提供安全裕度来防止例如焦斑直接接触到第一材料层上。

[0029] 任选地,基板由碳复合材料或石墨形成。

[0030] 因此,在碳复合基板的情况下,提供了具有低质量的旋转阳极。备选地,石墨旋转阳极提供更高的热容量。

[0031] 根据第二方面,提供了一种旋转阳极X射线管。该管包括:

[0032] -真空壳体;

[0033] -根据第一方面或其任选实施例的可旋转阳极,其支撑在包含在真空壳体中的旋转轴承上;以及

[0034] -包含在真空壳体中的阴极,其在操作中被取向为将电子朝向可旋转阳极加速以引起X射线发射。

[0035] 由于焦点轨迹对拉伸应力和热应力的组合改进抵抗,包含根据第一方面的可旋转阳极的旋转阳极X射线管可以预期为具有改进的寿命。

[0036] 任选地,旋转轴承是流体动力轴承,其包括液体金属润滑剂,或者是滑动轴承。

[0037] 包含根据第一方面的可旋转阳极的旋转阳极X射线管具有多层涂层,该多层涂层具有提供有效导热的第二层。液体金属旋转轴承润滑剂对必须从旋转阳极传导离开的热量具有较低的热阻。

[0038] 根据第三方面,提供了一种制造可旋转阳极的方法,包括:

[0039] a) 提供可旋转阳极基板;

[0040] b) 将第一材料的第一层沉积到基板的表面上;以及

[0041] c) 将第二材料的第二层沉积在第一层的表面上。

[0042] 其中,靶区域中的第一层和第二层之间的厚度比在0.5至2.0的范围内。与第二材料相比,第一材料具有更大的机械弹性,并且与第一材料相比,第二材料是更导热的。

[0043] 任选地,根据第三方面的制造可旋转阳极的方法还包括:

[0044] d) 通过将可旋转阳极基板加热至1500°C至3200°C的范围内的温度来烧结具有第一层和第二层的可旋转阳极基板。

[0045] 因此,可以使用电子束方法将可旋转阳极的靶区(焦点轨迹)平滑(烧结)。烧结方法任选地提供最大焦斑尺寸(例如,通过具有低电压和高电流的“起霜”过程)。

[0046] 任选地,在工厂中进行阳极调节期间超过最大允许焦斑温度可以稳定多层涂层的形态结构。

[0047] 在以下申请中,术语“靶区域”是指接近圆形可旋转阳极的周边的基本上环形的区域。在操作中,靶区域由通过被布置在靶区域上方的阴极发射的入射电子轰击。在操作中,从其发射X射线的“焦斑”出现在“靶区域”的位于阴极下方和/或紧邻阴极的部分中。

[0048] 在以下申请中,术语“多层涂层”定义了覆盖在具有至少两个不同的材料层的可旋转阳极的表面的材料。例如,将在基板的顶部沉积25 μm 厚铍层,并且然后将铍层的顶部沉积25 μm 厚钨层。当然,该术语也可以覆盖多个重复多层,重复这样的第一材料层(例如铍)和第二材料层(例如钨)一次、两次、三次、四次或更多次。

[0049] 在以下申请中,术语“厚度比”是指第一材料层的厚度除以第二材料层的厚度。在

本申请中考虑的微米级层的背景下,每一层的“厚度”和/或“总厚度”不必须是绝对测量结果,而是例如可以是在靶区的一定长度上的材料层厚度的统计量度。

[0050] 在以下申请中,术语“表面粗糙度”主要是指如使用本领域技术人员已知的光学或触觉测量设备测量的平均表面粗糙度(Ra,算术平均高度)。然而,对表面粗糙度的其他替代测量结果(例如,均方根偏差(Rq)、均方根斜率(Rq)等)也能够提供有助于表征表面粗糙度的信息,并且Ra的使用不受限制。

[0051] 在以下申请中,术语“机械弹性”通常是指材料承受施加力的能力。在本申请的背景下,该术语能够包含具有较高或较低弹性模量的材料的概念-换句话说,可以由每单位体积的材料吸收而不导致材料的长期变形的最大能量,如弹性模量定义的。

[0052] 在以下申请中,术语“导热”是指材料与另一种材料相比传递热能的能力。通常,导热率以 $W/(m \cdot K)$ 为单位进行测量,并且可以用作比较给定材料传递热能的能力的一种方式。例如,钨的导热率为约 $120W/(m \cdot K)$ 。例如,Re的导热率的值为约 $50W/(m \cdot K)$ 。

[0053] 在以下申请中,条件“第一材料比第二材料具有更大的机械弹性,并且第二材料比第一材料具有更高的导热率”是指在室温(20摄氏度)下评价的材料性能。

[0054] 因此,本申请的总体思想是提供一种具有至少两个具有相似厚度的材料层的可旋转阳极。第一层(与基板接触)用于提供机械弹性,而第二层(与第一层接触)用于改进可旋转阳极的热性能。

[0055] 参考下文描述的实施例,本发明的这些和其他方面将变得显而易见,并且得到阐述。

附图说明

[0056] 将参考以下附图描述本发明的示例性实施例:

[0057] 图1示出了常规旋转阳极X射线源的示意视图。

[0058] 图2示出了常规旋转阳极。

[0059] 图3a)和b)示出了根据本文所讨论的方面的可旋转阳极的实施例。

[0060] 图4图示了根据本发明的第三方面的制造过程。

[0061] 图5a)和5b)示出了在烧结过程之前和之后的阳极靶的照片。

具体实施方式

[0062] 图1图示了常规旋转阳极X射线管10。其包括外部容器12,内部具有管壳体14。外部容器12和管壳体14之间的间隙通常填充有绝缘流体,例如油。管壳体包含可旋转阳极盘18和与可旋转阳极盘18的外周对准的阴极20。在操作中,阴极20向可旋转阳极盘18的外周以高速度发射电子,并且真空壳体外的X射线发射22主要作为韧致辐射发射发生。仅一小部分高速电子被转换为X射线辐射,使其余电子束中的能量从可旋转阳极盘18的外周上的焦斑耗散,通常为50kW到100kW的热能。出于该原因,可旋转阳极盘18以高达200Hz的频率旋转,以确保靶区(焦点轨迹)不会被过度加热损坏。

[0063] 在现代的旋转阳极X射线管中,在管壳体14内部的阳极支撑轴和外转子26之间提供了轴承系统24。通常,这是一种液体金属轴承系统,其使能从真空壳体外的可旋转阳极盘18进行热量传导。还存在一种电机子系统,其包括附接到外部容器12的定子28和通常包括

铜圆柱体的转子主体30。在操作中,定子28的通电使可旋转阳极盘18绕由轴承系统24定义的轴移动。

[0064] 图2图示了常规X射线旋转阳极靶32。所图示的靶是分段的全金属阳极,其承载焦点轨迹区域34,该焦点轨迹区域例如可以包括1mm厚的钨-铼合金作为其顶层。然而,使用这种厚的难熔金属合金显著增加了这种旋转阳极的成本。

[0065] 此外,使用铼作为粗糙散热涂层意味着从热的角度来看铼涂层的颗粒结构是不利的,因为与阳极的块状材料相比,侧向导热率降低。此外,通常以掠射角离开阳极的X射线辐射的质量和量通过固有的衰减和射束过滤而变差。

[0066] 图3a)在通过旋转轴的侧面剖视图中图示了根据第一方面的旋转阳极的示意图。

[0067] 根据第一方面,提供了一种用于旋转阳极X射线源的可旋转阳极40,其包括:

[0068] -基板42;以及

[0069] -在基板42上形成的靶区域44。

[0070] 靶区域包括多层涂层46a、46b,其包括沉积在基板42的表面上的第一材料的第一层46a以及沉积在第一层的表面上的第二材料的第二层46b。

[0071] 在靶区域中,多层涂层的第一层和第二层之间的厚度比在0.5至2.0的范围内。

[0072] 更特别地,第一层46a和第二层46b之间的厚度比在0.95至1.05的范围内,或者在0.6至1.5的范围内,或者在0.75至1.25的范围内。

[0073] 任选地,第一层40a和第二层40b的总厚度在 $5\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 的范围内,在 $20\mu\text{m}$ 至 $55\mu\text{m}$ 的范围内,或在 $30\mu\text{m}$ 至 $52.5\mu\text{m}$ 的范围内。

[0074] 靶区域被提供有包括两种材料的多层涂层,所述两种材料可以被选择为在操作中具有互补性质。例如,与诸如铼、钽、碳化钨或碳化钨的第二材料相比,第一材料是在高温和应力下具有相对较高的机械稳定性的材料。铼例如还充当碳阳极基板和钨层之间的扩散屏障。

[0075] 第二材料例如可以是与第一材料(例如钨或铼)相比具有更高导热率的材料。任选地,第二材料是纯钨并且第二层具有在 $5\mu\text{m}$ 至 $60\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 至 $50\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 至 $45\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 至 $35\mu\text{m}$ 、 $22.5\mu\text{m}$ 至 $27.5\mu\text{m}$ 的范围内的厚度。

[0076] 图3a)在通过旋转轴的侧面剖视图中图示了根据第一方面的任选实施例的旋转阳极的示例示意图。

[0077] 靶区域44被提供为可旋转阳极的第一区48,并且非靶区域50a、50b包括可旋转阳极的第二区,第一材料的第一层此外沉积在基板42的第二区的表面上。换句话说,第一材料(例如,铼)的微观层46a基本上在可旋转阳极42的焦点轨迹上延伸,并且钨的第二微观层46b被提供在靶区域(焦点轨迹)中第一材料的层的顶部上。

[0078] 任选地,基板42由碳复合材料或石墨形成。

[0079] 任选地,第二材料的表面通过热烧结过程在任选地大于 1500°C 、大于 2000°C 或大于 2250°C 、或大于 2500°C 或大于 2750°C 的温度下被平滑。

[0080] 因此,在热烧结之后,靶区域中的第二材料的表面粗糙度可以低于 $5\mu\text{m}$,这意味着不需要进一步的表面平滑步骤(例如,通过机械加工来执行)。

[0081] 作为优选实施例,第一材料被提供为具有在 $20\mu\text{m}$ 至 $25\mu\text{m}$ 之间的厚度范围的纯铼层,并且第二材料被提供为具有在 $20\mu\text{m}$ 至 $25\mu\text{m}$ 之间的厚度范围的纯钨层。有利地,铼具有优

于钨的机械性能的机械性能,并且可以用作碳的扩散屏障。钨与铱相比具有优越的热性能,并且用于将热量更快地散布到焦点轨迹的不在电子束的直接瞬时路径中的区。铱层和钨层两者的相对薄度(例如,当与1mm厚铱层的典型情况相比时)意味着,与使用较厚的铱层和/或钨层相比,由热膨胀和收缩引起的拉应力最小化。此外,与常规全铱表面相比,裂纹较慢出现。

[0082] 从冶金学的角度来看,铱的微观表面包括许多不规则性,其从基板表面突起数十 μm (例如,在图5a中看到)。使用钨作为第二材料层使得钨能够“散布”在铱突起的周围,从而改进了旋转阳极的平滑度。

[0083] 任选地,靶区域44被提供为可旋转阳极的第一区48,并且非靶区域50a、50b包括可旋转阳极的第二区。

[0084] 图3b)在通过旋转轴的剖视图中图示了根据第一方面的任选实施例的旋转阳极的示意性侧视图。在图3b)中,在适当的情况下,附图标记与图3a)相同。

[0085] 任选地,并且如图3b)所图示,靶区域44被提供为可旋转阳极的第一区48,非靶区域50a、50b包括可旋转阳极的第二区,第一材料的第一层此外沉积在基板42的第二区的表面上。换句话说,第一材料(例如,铱)的微观层46a基本上在可旋转阳极42的整个上表面上延伸,钨的第二微观层46b被提供在靶区域(焦点轨迹)中。有利地,暴露在非靶区域中的铱的粗糙化表面是比裸露阳极基板更好的散热器。

[0086] 任选地,靶区域44以焦斑的宽度的5%、10%或15%延伸到非靶区域中以提供安全裕度,使得微观薄铱层不会通过直接暴露于电子束而被破坏。

[0087] 根据第二方面,提供了一种旋转阳极X射线管,其包括:

[0088] -真空壳体;

[0089] -根据第一方面或其实施例的可旋转阳极,其支撑在包含在真空壳体中的旋转轴承上;以及

[0090] -包含在真空壳体中的阴极,其在操作中取向为将电子朝向可旋转阳极加速以引起X射线发射。

[0091] 现在将讨论可旋转阳极的制造。

[0092] 图4图示了根据第一方面的用于制造可旋转阳极的过程。

[0093] 制造可旋转阳极的方法包括:

[0094] a) 提供60可旋转阳极基板;

[0095] b) 将第一材料的第一层沉积62到基板的表面上;并且

[0096] c) 将第二材料的第二层沉积64在第一层的表面上。靶区域中的第一层和第二层之间的厚度比在0.5至2.0的范围内。

[0097] 提供可旋转阳极基板的步骤a) 任选地包括获得圆形碳(碳毡或复合材料)或石墨坯料,并将其放置在合适的化学气相沉积(CVD)反应室中。

[0098] 步骤b) 包括例如通过化学气相沉积在基板坯料上沉积第一材料的第一层,以生成基板中间体。任选地,第一材料是铱,其任选地沉积至25 μm 的厚度。在沉积第一材料之后,清洗CVD反应室以准备后续步骤。

[0099] 尽管上面已经提到CVD,但是在制造方法中可以使用任何合适的材料沉积方法。例如,脉冲激光沉积(PLD)、等离子体喷涂(PS)、物理气相沉积和电镀被提供为可应用于步骤

a) 和b) 中的其他制造技术的非限制性示例。

[0100] 步骤c) 包括例如通过化学气相沉积在基板中间体上沉积第二材料的第二层。任选地, 第二材料是钨, 其任选地沉积至25 μm 的厚度。

[0101] 通常, 存在掩蔽基板或基板中间体的中间步骤, 以确保仅将第一材料和第二材料沉积在靶区域(焦点轨迹)上。任选地, 在步骤b) 之前不应用遮蔽步骤, 使得在阳极坯料的基本上整个上表面上提供微观铱层。

[0102] 任选地, 提供了通过将可旋转阳极基板加热至1500 $^{\circ}\text{C}$ 至3200 $^{\circ}\text{C}$, 优选地至1800 $^{\circ}\text{C}$ 的范围内的温度来烧结可旋转阳极基板的步骤d)。烧结操作的效果是使第二材料的表面平滑。通常, 可以使用电子束(任选地, 在脱气和抽真空之前, X射线管本身的电子束)执行烧结。有效地, 在制造期间, 通过生成具有显著高于在旋转阳极的正常操作期间施加的焦斑的温度的焦斑来平滑焦点轨迹。

[0103] 步骤d) 实际上是“侵入过程”, 其可以与由管阳极制造商执行的管阳极热测试步骤结合使用。然而, 在侵入过程期间过度驱动焦斑温度使得靶区域的表面能够具有低粗糙度。

[0104] 任选地, 涂层的未烧结区具有约10 μm 的最大粗糙度(Ra), 并且涂层的烧结区具有约Ra=4 μm 的最大粗糙度。

[0105] 图5a) 和5b) 分别是步骤d) 的热烧结过程之前(图5a) 和之后(图5b) 的纯铱CVD涂层的图像。如图所示, 在处理之前, 铱表面相对粗糙, 而在热烧结处置之后, 铱表面更平滑。

[0106] 应当注意, 参考不同主题描述了本发明的实施例。具体地, 参考方法类型的权利要求描述了一些实施例, 而参考设备类型的权利要求描述了其他实施例。然而, 本领域技术人员将从以上以及以下描述中得出, 除非另行指出, 否则除属于一种类型的主题的特征的任何组合之外, 与不同主题有关的特征之间的其他组合被认为与本申请一起公开。

[0107] 可以组合所有特征以提供超过特征的简单加和的协同效应。

[0108] 尽管已经在附图和前面的描述中详细地图示和描述了本发明, 但是这样的图示和描述应被认为是说明性或示例性的, 而不是限制性的。本发明不限于所公开的实施例。

[0109] 通过研究附图、公开内容和从属权利要求, 本领域技术人员在实践所要求保护的发明时, 可以理解并实现所公开的实施例的其他变型。

[0110] 在权利要求中, “包括” 一词不排除其他元件或步骤, 并且词语“一” 或“一个” 不排除多个。单个处理器或其他单元可以履行权利要求中记载的若干项目的功能。尽管在互不相同的从属权利要求中记载了特定措施, 但是这并不指示不能有利地使用这些措施的组合。权利要求中的任何附图标记都不应被解释为对范围的限制。

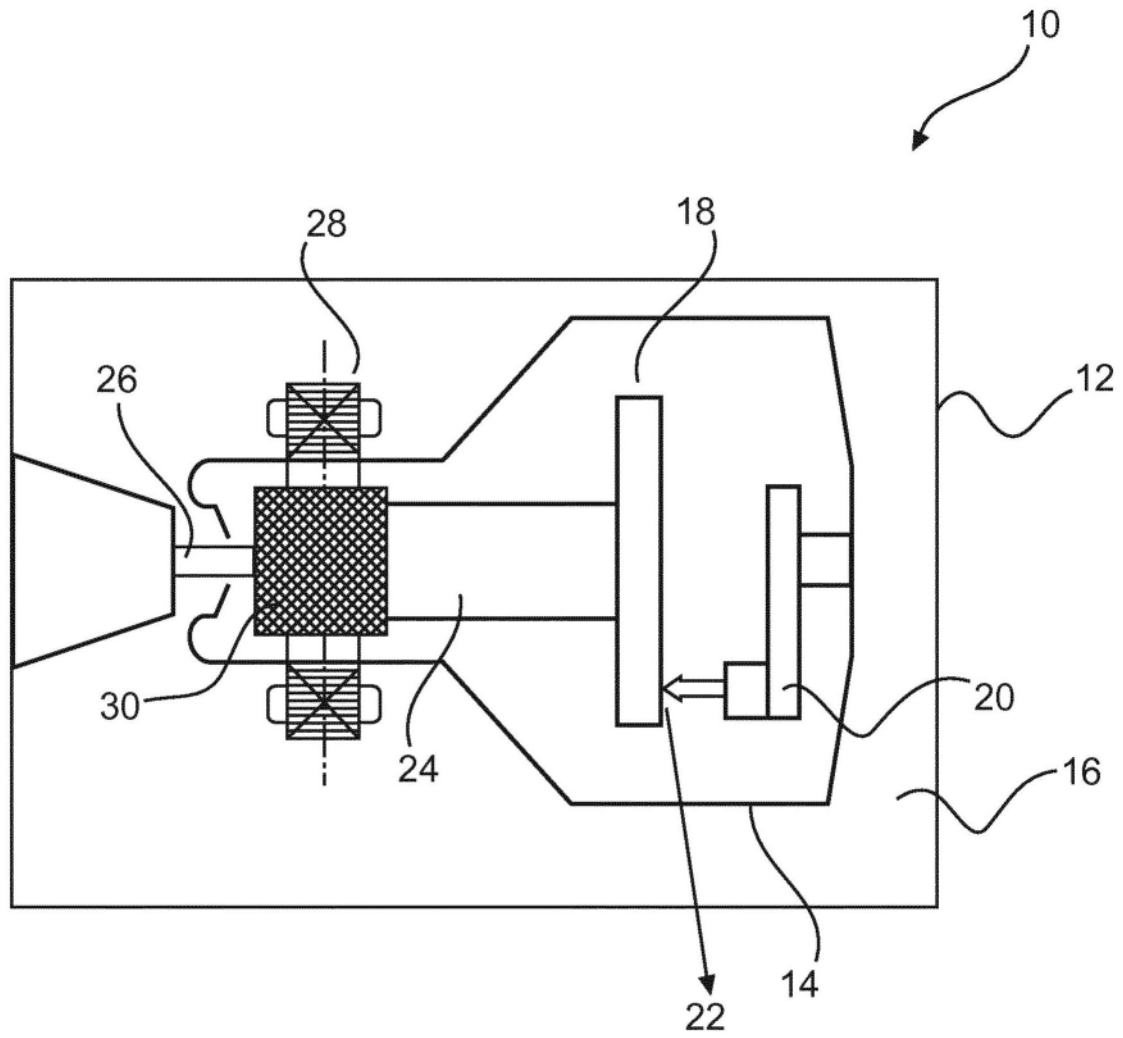


图1

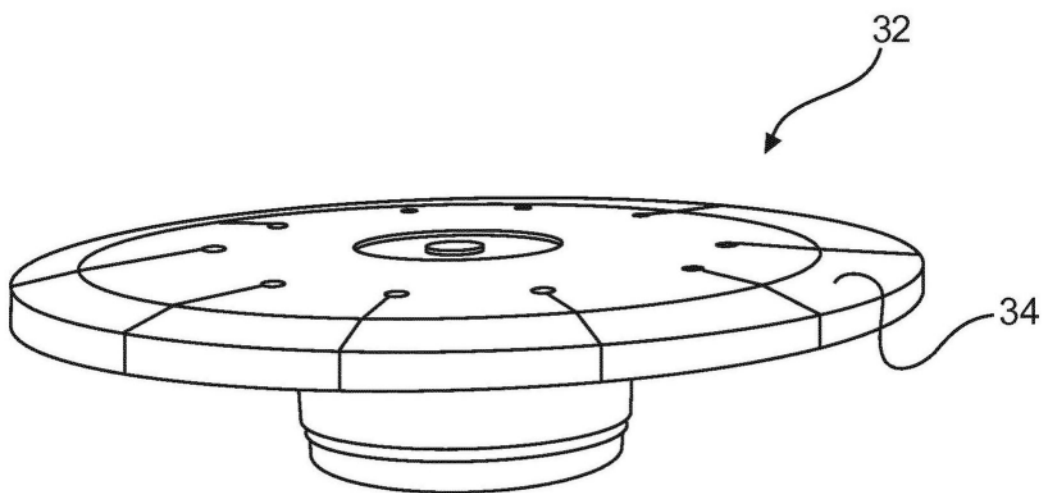


图2

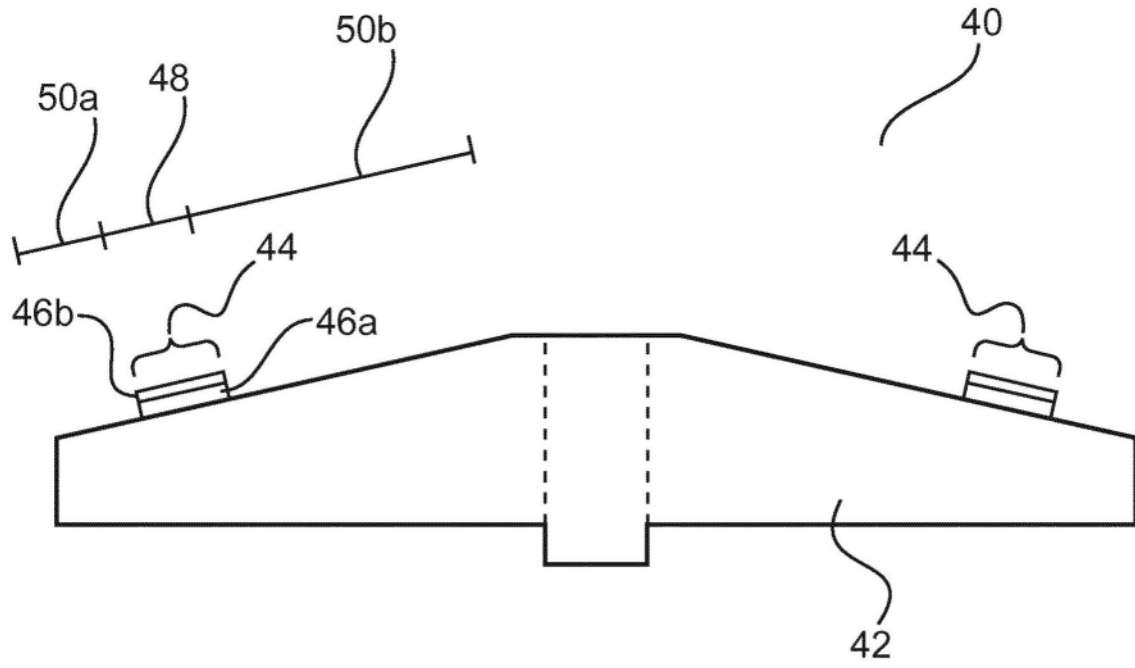


图3a

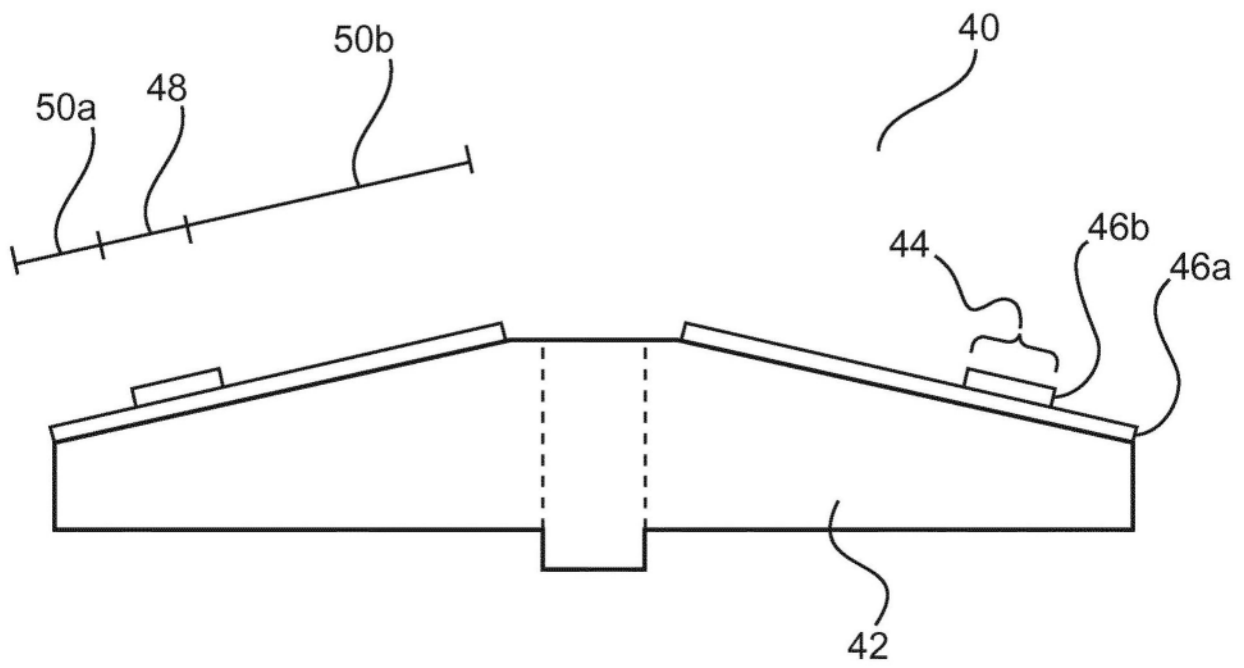


图3b

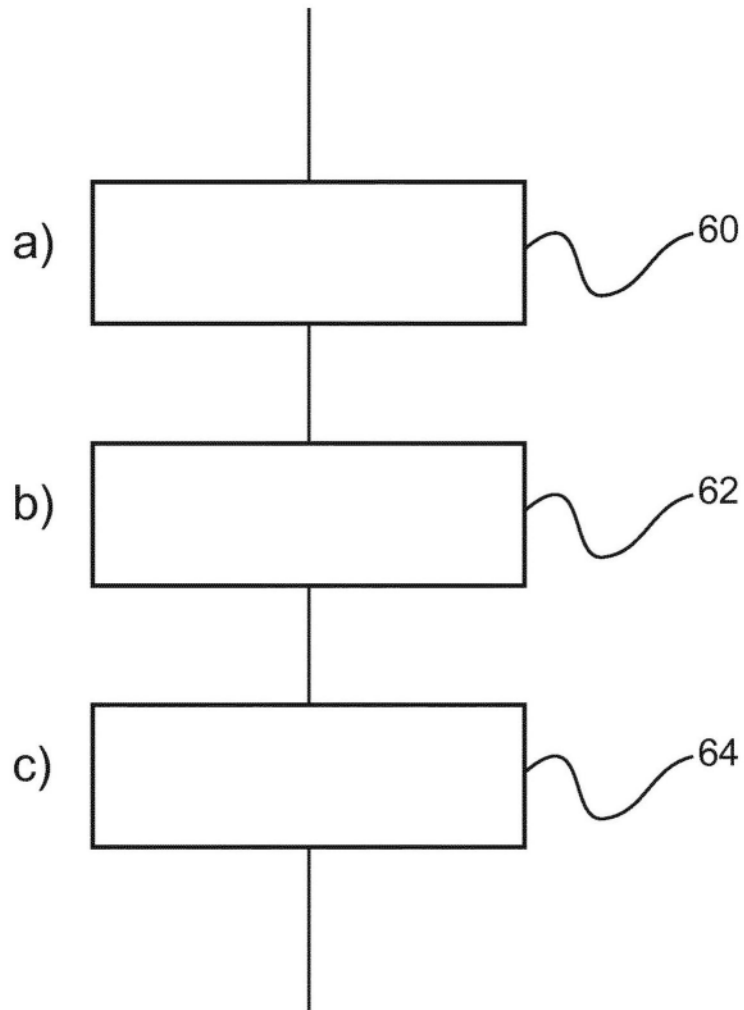


图4

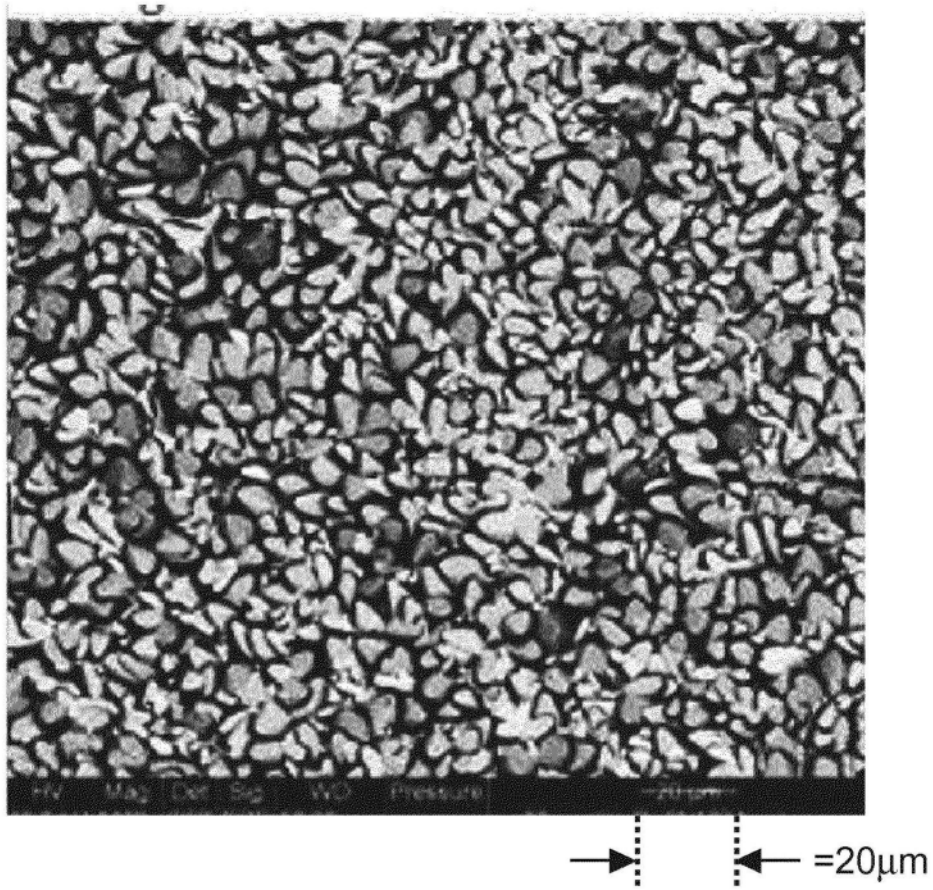


图5a

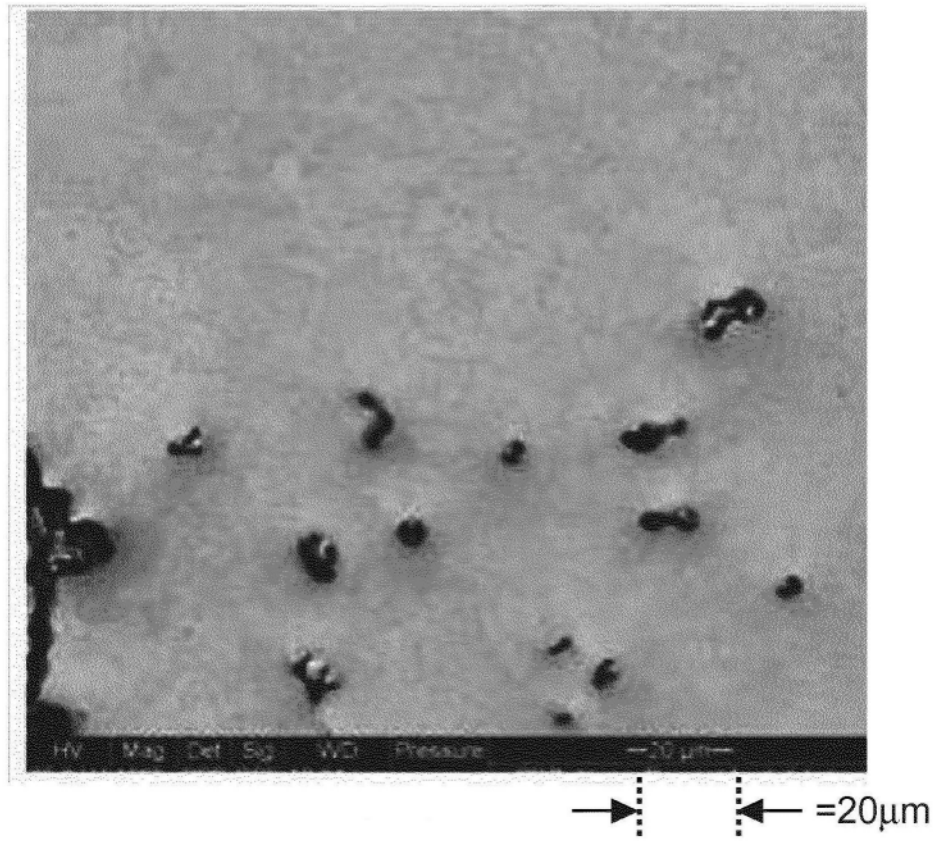


图5b