

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01J 35/00 (2006.01)

H05G 1/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610148430.3

[43] 公开日 2007年5月30日

[11] 公开号 CN 1971834A

[22] 申请日 2006.11.7

[21] 申请号 200610148430.3

[30] 优先权

[32] 2005.11.7 [33] DE [31] 102005053386.8

[71] 申请人 科美特有限公司

地址 德国加伯森市

[72] 发明人 A·莱哈德

[74] 专利代理机构 上海新高专利商标代理有限公司
代理人 楼仙英 邵桂礼

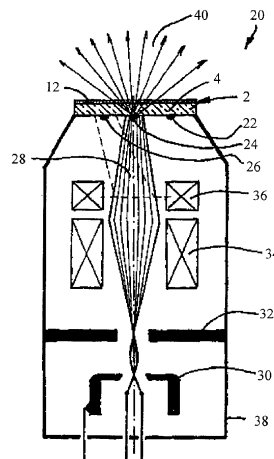
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

[54] 发明名称

毫微聚焦型 X 射线管

[57] 摘要

本发明涉及一种毫微聚焦型 X 射线管 20，它设有一个目标物 4 和用于校准目标物 4 上电子射线 28 的装置。按照本发明，目标物 4 设有至少一个由一种目标物材料组成的用于发射 X 射线的目标物元件 22、24、26，它是通过一个藉微结构化方法并在一个由一种载体材料组成的载体元件 4 上而组成的毫微结构构成的，其直径约为 $\leq 1000\text{nm}$ ，其中目标物元件 6、22、24、26 仅仅部分覆盖了载体元件 4。当 X 射线管 20 运行时，选择电子射线的横截面要大于目标物元件 6 或 22 或 24 或 26 的横截面，这样电子射线 28 始终全面地射到目标物元件 6 或 22 或 24 或 26 上。按照本发明，载体材料是金刚石或含有金刚石，添加金刚石用于提高导电性能。



1. 一种毫微聚焦型 X 射线管，它设有一个目标物（2）和用于校准目标物（2）上电子射线的装置，

其中，目标物（2）设有至少一个由一种目标物材料组成的用于发射 X 射线的目标物元件（6），它是通过一个籍微结构化方法并在一个由一种承载体材料组成的承载体元件（4）上而组成的毫微结构构成的，其直径约为 $\leq 1000\text{nm}$ ，其中目标物元件（6）仅仅部分覆盖了承载体元件（4），

其中，X 射线管（20）在运行时，选择电子射线的横截面要大于目标物元件（6）的横截面，这样电子射线始终全面地射到目标物元件（6）上，

其特征在于，所述承载体材料是金刚石或含有金刚石，添加金刚石用于提高导电性能。

2. 根据权利要求 1 所述的毫微聚焦型 X 射线管，其特征在于，所述承载体元件（4）至少部分是由一种承载体材料组成，它的导热系数为 $\geq 10\text{W}/(\text{cm}\times\text{K})$ ，优选 $\geq 20\text{W}/(\text{cm}\times\text{K})$ 。

3. 根据前述权利要求其中一项所述的毫微聚焦型 X 射线管，其特征在于，所述承载体元件（4）承载数个相隔有距离的目标物元件（22、24、26）。

4. 根据前述权利要求其中一项所述的毫微聚焦型 X 射线管，其特征在于，至少一个目标物元件（6、22、24、26）在基本圆形的范围内。

5. 根据前述权利要求其中一项所述的目标物，其特征在于，所述目标物（2）设有一个过滤器（12），该过滤器（12）对于目标物元件（6）或目标物元件（22、24、26）中所产生的 X 射线得以通过，而对于承载体元件（4）中所产生的 X 射线则予以阻挡。

6. 根据前述权利要求其中一项所述的毫微聚焦型 X 射线管，其特征在于，所述目标物（2）构成为传送目标物。

毫微聚焦型 X 射线管

技术领域

本发明涉及一种毫微聚焦型 X 射线管，它设有一个目标物和用于校准目标物上电子射线的装置。

背景技术

所述型式的毫微聚焦型 X 射线管一般已公知。它设有一个目标物和用于校准目标物上电子射线的装置。毫微聚焦型 X 射线管例如以图示中的方法，用于高分辨力地检测零部件，如电子工业用的电路板。为了采用这种图示中的方法来获得一个较高的空间分辨力，在公知的毫微聚焦型 X 射线管中形成电子射线，使得在目标物上聚集时形成直径为 $\leq 1000\text{nm}$ 的一个焦点。

为了获得电子射线的一个相当小的横截面，采用了毫微聚焦型 X 射线管，它根据 X 射线的产生原理进行工作，并在其中采用了夫累内尔（Fresnel）透镜。使用这种毫微聚焦型 X 射线管，可以获得最小直径约为 $40\sim 30\text{nm}$ 的焦点，此时电子在朝目标物方向加速时，根据原理以一个相当低的约为 20KeV 的能量进行工作。

公知的毫微聚焦型 X 射线管还在其中采用了折射透镜。使用这种毫微聚焦型 X 射线管，可以获得最小直径约为 1000nm 的焦点，此时电子在加速时，同样可以只使用相当低的约为 $20\sim 30\text{KeV}$ 的能量。

此外，毫微聚焦型 X 射线管公开了在其中设置理想的较小直径，以及所得到的电子射线的横截面，在电子射线的辐射路径中采用大量接连设置的电磁透镜。使用这种毫微聚焦型 X 射线管，可以获得最小直径约为 $100\sim 200\text{nm}$ 的焦点，由此例如当焦点直径为 1000nm 时，电子可以以 100KeV 能量加速。

公知的毫微聚焦型 X 射线管的缺点在于，为了获得电子射线的一个理想的较小横截面，在目标物上的聚集处需要耗费较高的设备费用，比如安装大量的电磁透镜。因此在制造上成本高且昂贵。

发明内容

本发明的任务是提供一种按权利要求 1 所述方式的毫微聚焦型 X 射线管，它具有简化的且价格低廉的制造结构，以图示中的方法，用于高分辨力地检测零部件，能够获得所需较小的焦点直径，为 $\leq 1000\text{nm}$ 。

本发明任务将通过权利要求 1 中所述的原则予以解决。

本发明首先的思想是，获得所需较小的焦点直径，该焦点是在目标物上聚集电子射线时相应形成的。本发明更多的思想是，将毫微聚焦型 X 射线管设计成，其焦点直径不再由电子射线的横截面所决定，而另外取决于一个目标物元件的横截面。因此按本发明的原则设置，目标物设有至少一个由一种目标物材料组成的用于发射 X 射线的目标物元件。它是通过一个籍微结构化方法并在一个由一种承载体材料组成的承载体元件上而组成的毫微结构构成的，其直径约为 $\leq 1000\text{nm}$ ，其中目标物元件仅仅部分覆盖了承载体元件。按照本发明，X 射线管在运行时，选择电子射线在目标物上聚集处的横截面要大于目标物元件的横截面，这样电子射线始终全面地射到目标物元件上。由此保证了电子射线在目标物上聚集处的横截面即使被改变，也始终被电子射线射到。上述电子射线横截面的改变指的是例如横截面的缩小，横截面的扩大，朝电子射线的辐射方向侧面移动，或者电子射线横截面的扭曲，以及目标物元件、焦点的形状和大小。

按照本发明，承载体材料和目标物材料是不同的材料。因此，选用的目标物材料要考虑所发射的 X 射线所需的波长或者所需波长的范围，而选用的承载体材料即金刚石则应首先考虑它的导热系数。本发明的知识基于这样的范围，例如在用金刚石作为承载体材料时，不仅确保了相应热量的足够传导，而且由于金刚石的电绝缘性能，使得目标物产生电荷。本发明的知识还基于这样的范围，目标物的电负荷恶化了图示中方法的质量，例如在目标物上未作检测的电荷分离和重新聚集，用以未作检测地附加发射 X 射线。按照本发明，使用金刚石作为承载体材料，金刚石是一种电绝缘子，但是通过添加一种合适的添加料比如一种金属，使其具有导电性能。由于电荷比如电子可从目标物导出，因此可靠地避免了影响到图示质量的目标物电荷。这里令人意外地看到，通过这一方式，按本发明的毫微聚焦型 X 射线管还明显改善了图示质量。

通过添加承载体材料而获得的导电性能，可以根据不同要求在较大范围内加以改变。此外，也可以在较大范围内选用添加料。

按照本发明，承载体元件的横截面应垂直于辐射方向，并且大于在该方向的目标物元件的横截面，这样，目标物元件仅仅覆盖了承载体元件的一部分表面。另外，承载体材料具有较小的密度、较高的导热性能以及按本发明所设的配料功能，用以导出电荷。然而目标物材料是一种具有较高密度的材料，比如钨。在目标物材料中聚集的电子在很短的路径上就被减速，因而优先产生了短波的 X 射线。在具有较小密度的承载体材料中，渗入的电子相反却在很长的路径上被减速，导致产生许多长波辐射，这种辐射例如可以借助于一个合适的过滤器进行滤除。由此得出，按本发明的焦点位置、形状和大小是通过目标物元件的位置、形状和大小加以确定的。

由于按本发明的理想波长或在一个理想波长范围内的 X 射线只是在目标物元件中产生的，并且目标物元件这样确定了 X 射线管的焦点，因此焦点的形状和大小不再由电子射线的横截面所决定，而是取决于目标物元件的横截面，此时 X 射线管在运行时电子射线始终全面地向目标物辐射。因而在承载体元件中也产生了 X 射线。然而这种 X 射线具有另一种波长或在另一种波长范围内，是作为承载体中产生的有效辐射，这样它就可以被直接滤除。因此按照本发明，毫微聚焦型 X 射线管的目标物上焦点的形成几乎可以任意小，在这样的范围仅提供微结构化方法以构成毫微结构。

由于焦点的形状、大小和位置是通过目标物元件的形状、大小和位置确定的，因此按本发明的毫微聚焦型 X 射线管在结构上就不用更多花费，但在传统的毫微聚焦型 X 射线管上就需要更多花费，以使电子射线的形状、大小和位置获得稳定性，而电子射线在公知的 X 射线管中确定了 X 射线管的焦点形状、大小和位置。由此，按本发明的目标物能够以制造毫微聚焦型 X 射线管最少的费用，获得焦点的形状、大小和位置的高稳定性，进而在采用图示方法时能够得到一个特别高的图示质量。

根据要求可采用一种材料作为目标物材料，在用电子射击时，这种材料得到了一个理想波长或在一个理想波长范围内的 X 射线。

按本发明的 X 射线管可理解为毫微聚焦型 X 射线管，该 X 射线管的焦点直径为 $\leq 1000\text{nm}$ 。

在一个非环形的焦点中，按照本发明，将直径理解为在焦平面中焦点的最大延伸。

导热系数的数值与室内温度有关。

由于按本发明的毫微聚焦型 X 射线管的焦点的形状和大小及其横截面，是由目标物元件的形状和大小及其横截面决定的，而不再由电子射线的横截面所决定，因此按照本发明，就不再需要在目标物上的聚集处高精密度地形成电子射线。这样，按本发明的装置用于高精密度地形成电子射线的横截面，将不再需要了，但采用公知的毫微聚焦型 X 射线管时，则必须用到。按照本发明，原则上只需要一个配料装置，比如采用电磁透镜的形式。由此，按本发明的毫微聚焦型 X 射线管相对于传统的毫微聚焦型 X 射线管，明显减少了设备费用，使得按本发明的毫微聚焦型 X 射线管明显得到了简化，进而降低了制造费用。

按本发明的毫微聚焦型 X 射线管具有一个特别优点在于，它对于因电子射线的形成而产生的干扰明显不受影响，然而传统的毫微聚焦型 X 射线管则对此特别敏感。

由于按本发明的焦点的形状和大小是由目标物元件的形状和大小决定的，因此按本发明的毫微聚焦型 X 射线管的焦点的大小，仅是由通过所采用的微结构化方法可实现空间分辨力所决定的。作为微结构化方法的可以采用沉积方法，例如三维叠加的毫微石版印刷术或者离子射线射出法；也可以采用磨蚀方法，例如电子石版印刷术或者腐蚀方法。尤其采用沉积方法，可使毫微结构的直径达到 2nm，甚至更小。根据本发明的原则能够制成毫微聚焦型 X 射线管，在采用图示方法时，其空间分辨力明显高于传统的毫微聚焦型 X 射线管的分辨力。

按本发明原则的一个具有特别优点的进一步设计为，承载体元件至少部分由一种承载体材料组成，它的导热系数为 $\geq 10\text{W}/(\text{cm}\times\text{K})$ ，优选 $\geq 20\text{W}/(\text{cm}\times\text{K})$ 。按照该方式，承载体材料的导热系数特别高，这样在用电子射击目标物元件时所产生的热量能够特别顺利地导出。由此提高了按本发明的目标物的使用寿命。

如果在承载体元件上仅安置一个目标物元件的话，那么按照本发明就足够了。当然，按照本发明也可以在承载体元件上安置数个相隔有距离的

目标物元件。如果在这样一个结构型式中使用目标物元件，那么电子射线可以偏转到另一个目标物元件上，使得 X 射线管不用替换目标物元件能够继续进行使用。

原则上目标物元件可以具有一个任意合适的几何形状。为了在使用按本发明的毫微聚焦型 X 射线管时，在一个图示的方法中获得一个较高的图示质量，按本发明原则的一个具有优点的进一步设计为，至少一个目标物元件在基本圆形的范围内。

按本发明原则的另一个具有优点的进一步设计为，目标物元件设有一个过滤器，该过滤器对于目标物元件中产生的 X 射线得以通过，而对于承载体元件中所产生的 X 射线则予以阻挡。采用此方式，确保了按本发明的毫微聚焦型 X 射线管只发射具有理想波长或在一个理想波长范围内的 X 射线。

按本发明的毫微聚焦型 X 射线管的目标物，原则上是一个实物型目标物（直接发射的目标物）。该目标物装有一个具有高导热性能的金属块，比如由铜或铝组成，在金属块上设置了按本发明的承载体元件，例如作为承载体层，另一方面它安置在目标物元件上。按本发明原则的一个具有优点的进一步设计为，目标物构成为传送目标物。

下面本发明将结合所附的简要示意图作详细说明，在图中显示了按本发明的目标物的一个实施例。因此所有描述的或在图中显示的特征，在其本身或以任意组合的方式构成本发明的对象，它不取决于专利权利要求中的综合概述或其引述，也不取决于说明书中的公式和描述以及附图。

附图说明

图 1 是用于说明本发明原则的按本发明的目标物实施例的截面图。

图 2 是按图 1 所示的相同视图。

图 3 是按图 1 所示目标物的仰视图。

图 4 是按本发明目标物的第二实施例的截面图。

图 5 是按图 4 所示目标物的仰视图。

图 6 是按图 5 所示的相同仰视图。

图 7 是按图 5 所示的另一个相同仰视图。

图 8 是按本发明的毫微聚焦型 X 射线管实施例的原理图。

附图中相同或相应的部件采用相同的标号。

附图表示的是纯原理图，而不起决定作用。

具体实施方式

图 1 中显示了按本发明用于毫微聚焦型 X 射线管的目标物 2 的第一实施例，该目标物 2 设有一个承载体元件 4，并在本实施例中设有一个安置在承载体元件 4 上的目标物元件 6，该目标物元件 6 由一种目标物材料组成，用于发射 X 射线。承载体元件 4 原则上是由一种具有较小密度和较高导热性能的承载体材料所组成，也就是金刚石，它的导热系数为 $\geq 20W/(cm \times K)$ 。

按照本发明，作为承载体材料用的金刚石提高了导电性能，在本实施例中添加了金属离子。由此，承载体材料通过配料而具有导电性能，电荷能够从承载体元件 4 中排出，避免了承载体元件 4 及目标物 2 的电荷。

目标物元件 6 由一种具有较高密度的材料组成，在本实施例中为钨。在用荷电粒子射击时，钨尤其产生了电子、X 射线。

图 1 中未作显示的是，目标物元件 6 在仰视图中基本上呈圆形，在本实施例中其直径约为 $\leq 1000nm$ 。

目标物元件 6 在本实施例中是一个籍微结构化方法在承载体元件 4 上构成的毫微结构。

在用电子射击目标物 2 时，X 射线在目标物元件 6 中很短的路径上被减速，产生了短波。在承载体元件 4 的具有较小密度的承载体材料中，渗入的电子在很长的路径上被减速，此时产生了更多的长波辐射。图 1 中表示了一种情况，电子射线在目标物元件 6 上的直径为 d_{E1} ，该直径 d_{E1} 小于目标物元件 6 的直径。电子在目标物元件 6 中的减速，形成一个短波的 X 射线，其横截面直径为 d_{X1} ，该直径 d_{X1} 小于或等于目标物元件 6 的直径。电子通过目标物元件 6 渗入承载体元件 4 的具有较小密度的承载体材料中，电子在承载体元件 4 的减速容积内很长的路径上被减速，形成具有优势的长波射线。该长波射线可采用合适的过滤器予以阻挡，使得只有短波射线部分才有效，而短波射线则是目标物元件 6 产生的，按照本发明，

目标物元件 6 仅覆盖了一部分承载体元件 4。

图 2 中表示了一种情况，电子射线的横截面直径为 d_{E2} ，该直径 d_{E2} 明显大于目标物元件 6 的直径。在这种情况下，具有优势的短波射线在确定范围的目标物元件 6 中，其直径也为 d_{E2} 。此时渗入承载体元件 4 的具有较小密度的承载体材料中的电子，在减速容积 8 内形成更长的长波射线，该长波射线可被滤除，以使由目标物元件 6 产生的较短的短波射线确定一个有效的波长或者在一个有效的波长范围内。

从图 1 与图 2 的相比较中可以看到，X 射线管的焦点的形状、大小和位置是由目标物元件 6 的形状、大小和位置决定的，而不是由电子射线横截面的形状、大小和位置所决定的。

图 3 示出按图 2 所示目标物的仰视图，其中可以看到，电子射线的直径 d_E 及其横截面 10 大于目标物元件 6 的直径 d_M 及其横截面。正如根据图 1 和图 2 的描述，对于 X 射线管的焦点的横截面来说，承载体元件 6 的横截面起到了决定性的作用。

图 4 表示了构成为传送目标物的按本发明目标物 2 的第二实施例，它与按图 1 所示的实施例有所不同。承载体元件 4 在承载体元件 4 上设有在相对于目标物元件 6 的那边安置的一个射线过滤器 12，射线过滤器 12 对在目标物元件 6 中产生的 X 射线 14 的连续通过起作用，还对在承载体元件 4 中产生的 X 射线 16 起到进一步的绝缘作用。

图 5 中用标号 10 表示电子射线的预定横截面，用标号 18A 表示一个因干扰影响而缩小的电子射线横截面，以及用标号 18B 表示一个因干扰影响而扩大的电子射线横截面。由于 X 射线管的焦点横截面是由目标物元件 6 的横截面决定的，并且恒定不变，因此电子射线横截面的改变对于焦点的横截面不会产生作用，因为目标物元件 6 已被电子射线全面辐射了。

如图 6 中所示，当电子射线向侧面移动时，适合在一个位置 18C 中，因为在该电子射线的位置中目标物元件 6 也能全面得到电子射线。

如图 7 中所示，电子射线横截面的改变对于焦点的横截面不会产生作用，因为当电子射线的横截面改变之后，目标物元件 6 也能被全面辐射。例如图 7 中用标号 18D 和 18E 表示的电子射线的二个扭曲的横截面。由于焦点的横截面是由目标物元件 6 的横截面决定的，并且恒定不变和位置稳

定，因此电子射线横截面的改变对于 X 射线的图示质量不会引起恶化，这是采用了按本发明的目标物 2 在 X 射线管中的图示方法。

从图 5 至图 7 的组合来看，电子射线横截面的改变和移动对于焦点的位置和横截面不会产生作用。因此在按本发明的 X 射线管中，可以放弃采取在构造上需花费很大的那些措施，用以在图示方法中获得一个很好的图示质量，但是这些措施在传统的 X 射线管中，电子射线在目标物 2 上的形状、大小和聚集点必须是固定不变的。同时，按本发明的 X 射线管制造起来非常简单，而且价格低廉。

图 8 表示了按本发明毫微聚焦型 X 射线管 20 的实施例的原理图，毫微聚焦型 X 射线管 20 在下面简称为 X 射线管。X 射线管 20 设有一个按本发明的目标物 2，该目标物 2 在本实施例中设有三个沿着目标物表面相隔有距离的目标物元件 22、24、26。

按本发明的 X 射线管 20 还设有用于校准目标物上电子射线 28 的装置。该装置在本实施例中设有一个阴极 30 和一个孔型阳极 32，借助于该阴极 30 和孔型阳极 32，例如从一个丝极中产生的电子朝目标物 2 方向高能量地加速。

X 射线管 20 还设有一个沿着射线方向安置在孔型阳极 32 后面的聚焦装置 34，该聚焦装置 34 使电子射线 28 聚焦在目标物 2 上。聚焦装置 34 例如由一种缠绕装置构成。

在本实施例中，X 射线管 20 还设有偏转装置 36，通过该偏转装置 36 可使电子射线 28 偏转，使其选择在目标物元件 22、24 或 26 的其中一个目标物元件上聚集。如果一个早先使用的目标物元件被用坏了，那么利用偏转装置 36，电子射线 28 就可以偏转到例如另外一个目标物元件上。按照本发明，偏转装置 36 的目的在于偏转电子射线 28，而不涉及它的形状或聚焦。在这些结构型式中，目标物 2 仅承载一个目标物元件，因此偏转装置 36 就不是必需的了。

为了对在按本发明目标物 2 的承载体元件 4 中所产生的 X 射线进行滤除，目标物 2 在其相对于目标物元件 22、24、26 的那边装设一个过滤器 12，该过滤器 12 根据图 4 已在上文详细描述了。

按本发明 X 射线管 20 的主要部分，通常以公知的方式安装在一个外

壳 38 内，当 X 射线管 20 运行时该外壳 38 可抽成真空。

调节装置 36 进行调节，以实现电子射线 28 偏转到目标物元件 22、24、26 的其中一个目标物元件上，该调节装置在图中未作详细描绘。另外，X 射线管 20 的压力供给与调节的类型和方式一般已公知，因此在这里就不详细描述了。

按本发明的 X 射线管 20 在运行时，电子射线 28 通过孔型阳极 32 朝着目标物 2 方向加速，通过聚焦装置 34 聚焦，并通过偏转装置 36 偏转到目标物元件 22、24、26 的其中一个目标物元件上。电子在目标物元件 22、24、26 的其中一个目标物元件上聚集并随后减速时，产生了具有理想波长或在一个理想波长范围内的 X 射线。通过电子减速在承载体元件 4 中所产生的 X 射线，借助于过滤器 12 而被滤除。这样，X 射线管 20 发射出具有理想波长或在一个理想波长范围内的 X 射线。

由于 X 射线管 20 的焦点的形状、大小和位置是各由目标物元件 22、24、26 确定的，因此，电子射线 28 在目标物 2 上的形状、大小和聚集处的干扰影响，对于 X 射线管 20 的焦点的形状、大小和位置不产生作用，根据图 5 至图 7 所示已在上文作过详细描述。

因此，按本发明的 X 射线管 20 能够以较少的设备费用，原则上仅使用一个聚焦装置 34，可使焦点的位置和大小尺寸具有高稳定性，并且在采用图示的方法时，能够达到一个特别高的分辨力和图示质量。

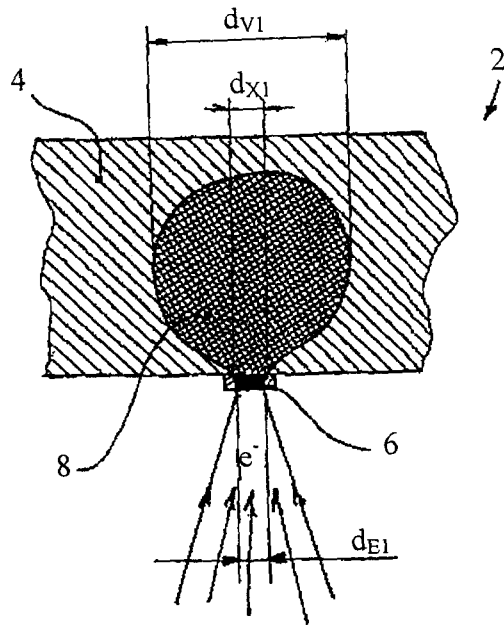


图 1

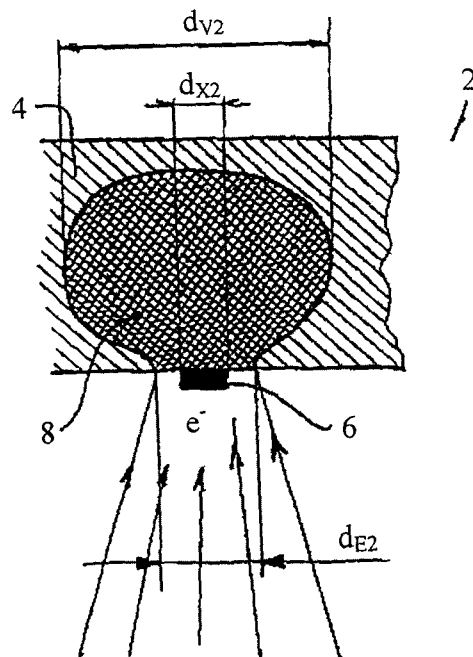


图 2

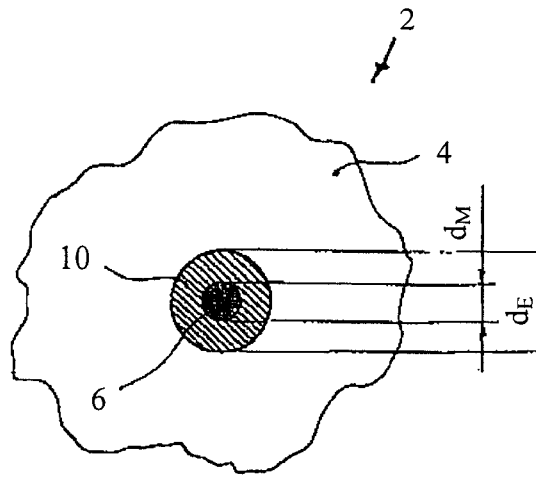


图 3

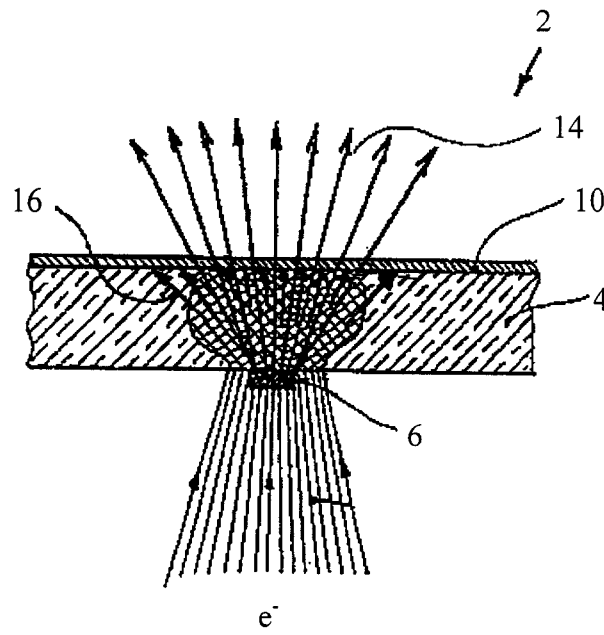


图 4

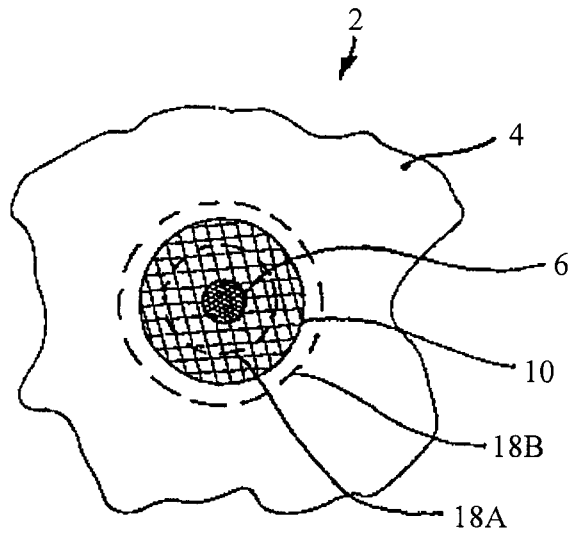


图 5

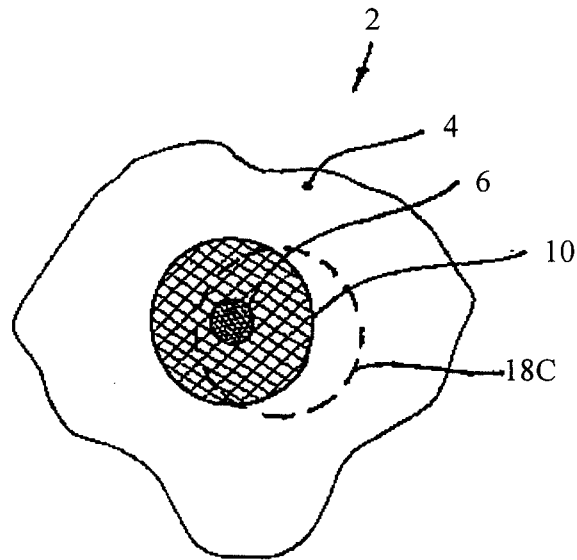


图 6

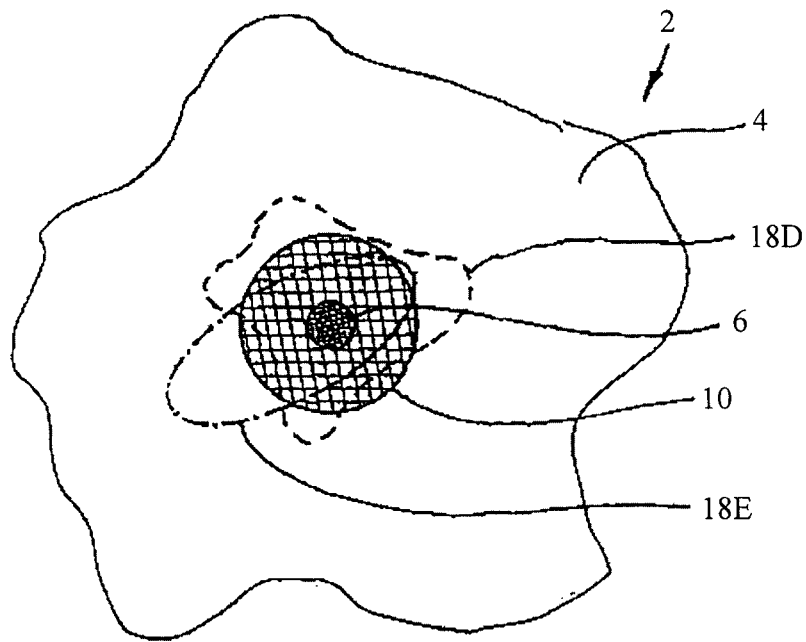


图 7

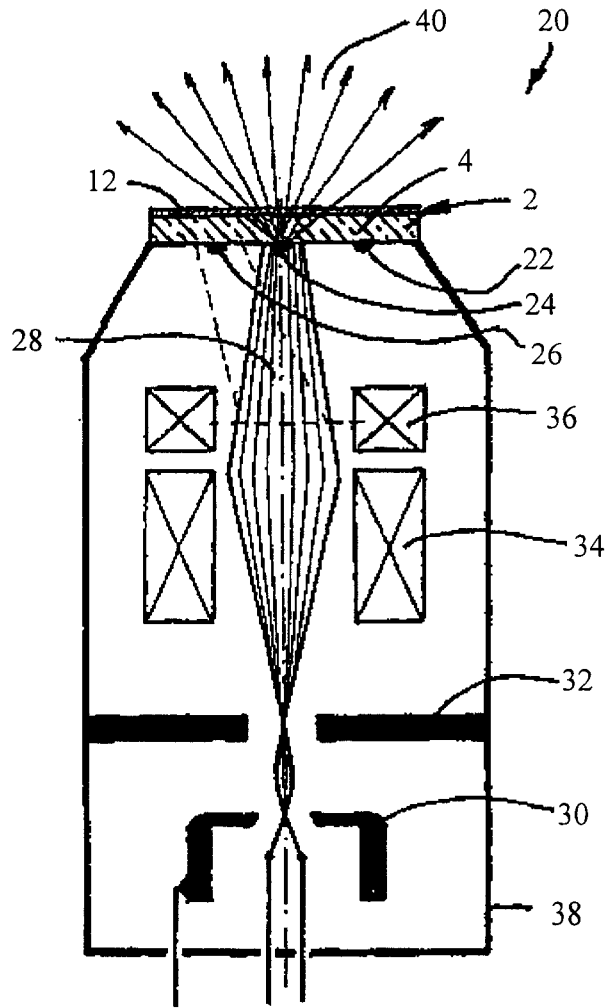


图 8