



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105723494 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 29

(21) 申请号 201480063212. 2

H01J 35/04(2006. 01)

(22) 申请日 2014. 09. 16

H01J 35/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

102013223517. 8 2013. 11. 19 DE

H01J 35/14(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 05. 19

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2014/069663 2014. 09. 16

(87) PCT国际申请的公布数据

W02015/074781 DE 2015. 05. 28

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 O. 海德

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 臧永杰 陈岚

(51) Int. Cl.

H01J 3/02(2006. 01)

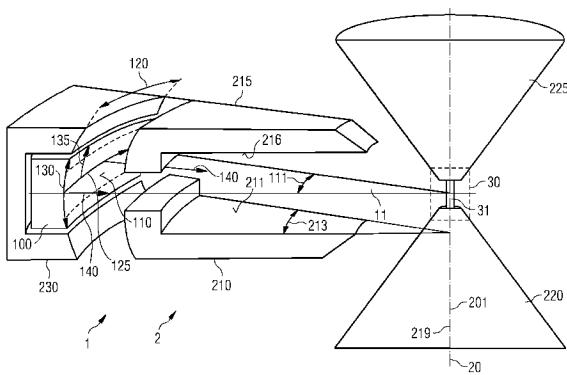
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

电子枪和辐射产生设备

(57) 摘要

用于产生电子平射束的电子枪包括具有发射面的阴极，所述发射面围绕中心轴弯曲，并且被构造用于发射电子。电子枪此外包括用于使电子在径向方向上朝向在中心轴处的目标区域加速的加速设备。此外，发射面在方位角方向上具有宽度和与宽度垂直地取向的高度，其中宽度是高度的十倍。



1. 用于产生电子平射束(10)的电子枪(1、3)，包括具有围绕中心轴(20)弯曲的发射面(110)的阴极(100)，所述发射面被构造用于发射电子，并且包括用于使电子在径向方向(140)上朝向在中心轴(20)处的目标区域(30)加速的加速设备(200)，

其中所述发射面(110)在方位角方向上具有宽度(120)，

并且所述发射面(110)具有与宽度(120)垂直地取向的高度(130)，

其中所述宽度(120)是所述高度(130)的至少十倍。

2. 按照权利要求1所述的电子枪(1、3)，其中所述加速设备(200)被构造用于，使电子朝与射束方向垂直地并且与宽度方向(125)垂直地取向的厚度方向(150)偏转。

3. 按照权利要求2所述的电子枪(1、3)，其中所述加速设备(200)被构造用于，将电子平射束(10)在厚度方向(150)上聚焦。

4. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中发射面(110)的宽度(120)是发射面(110)的高度(130)的至少一百倍、优选地至少一千倍。

5. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中阴极(100)的发射面(110)被构造为封闭的环。

6. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中射束方向(13)在目标区域(30)中不指向阴极(100)的发射面(110)。

7. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中射束方向(12)在阴极(100)的位置处不垂直于中心轴(30)。

8. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中射束方向(13)在目标区域(30)中不垂直于中心轴(20)。

9. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中加速设备(200)的电极(210)的边缘面(211)被构造为旋转面的片段，所述旋转面的旋转轴(219)与中心轴(20)平行地取向。

10. 按照权利要求9所述的电子枪(1、3)，其中边缘面(211)的旋转面片段具有三百六十度的旋转角(213)。

11. 按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)，其中所述加速设备(200)具有用于产生磁场的装置(240、245)。

12. 按照权利要11所述的电子枪(1、3)，其中所述用于产生磁场的装置(240、245)被构造用于产生磁场，所述磁场旋转对称地围绕与中心轴(20)平行的轴被构造。

13. 辐射产生设备(2)，包括按照上述权利要求之一所述的电子枪(1、3)和目标结构(31)，所述目标结构(31)布置在目标区域(30)中。

14. 按照权利要求13所述的辐射产生设备(2)，其中所述目标结构(31)被构造为X射线靶。

15. 按照权利要求14所述的辐射产生设备(2)，其中所述加速设备(200)被构造用于，将所述电子加速到至少25 keV的能量、优选地加速到至少100 keV的能量。

电子枪和辐射产生设备

技术领域

[0001] 本发明涉及按照权利要求1所述的电子枪和按照权利要求13所述的辐射产生设备。

背景技术

[0002] 电子枪通常具有用于发射自由电子的阴极，所述自由电子接着通过电子光学系统被加速。附加地，可以存在设备，所述设备将电子聚束成定向的射束，并且聚焦到目标区域上。为此，例如静电透镜或者磁场也被使用。在高电流密度的电子束情况下，在此最小可达的焦点大小通过射束之内的电子的互相排斥来限制。

发明内容

[0003] 本发明的任务是提供改善的电子枪。所述任务通过具有权利要求1的特征的电子枪解决。本发明的另一任务是提供改善的辐射产生设备。所述任务通过具有权利要求13的特征的辐射产生设备被解决。优选的改进方案在从属权利要求中得以说明。

[0004] 按照本发明，用于产生电子平射束的电子枪包括具有围绕中心轴弯曲的发射面的阴极，所述发射面被构造用于发射电子；以及用于将电子在中心轴处的目标区域的方向上径向地加速的加速设备。此外，发射面具有在方位角方向上的宽度和与宽度垂直地取向的高度，其中所述宽度是高度的至少十倍。宽度和高度分别沿着发射面被定义，其中方位角方向或者宽度方向描述发射面具有围绕中心轴的弯曲的方向。

[0005] 通过阴极的发射面的按照本发明的构型，可以产生具有大的宽厚比的电子平射束。射束的厚度在此与宽度方向垂直地并且与射束方向垂直地被定义。因为电子平射束可以在加速期间改变它的方向，所以利用射束方向总是涉及电子的局部的平均运动方向。这样的平射束能够有利地在厚度方向上良好地被聚焦，这能够实现非常纤细的焦线的产生。

[0006] 附加地，在用于在厚度方向上聚焦的平射束的情况下需要比在相同高的横截面面积的圆形射束的情况下更小的电子光学缩小，由此对用于在所述方向上聚焦的透镜的电子光学质量的要求降低。这可以实现：纯静电地聚焦和放弃复杂的磁透镜。枪构造的因此可达的简化减小在制造和维护时的成本耗费。射束在宽度方向上的聚焦通过弯曲的发射面和轴向的加速支持，所述弯曲的发射面和轴向的加速使所发射的电子已经在电子枪中朝向目标区域汇合。

[0007] 在本发明的一种优选的实施方式中，加速设备被构造用于，朝厚度方向上偏转电子。由此电子枪能够实现射束导向，所述射束导向不局限于一个平面。

[0008] 按照本发明的另一优选的实施方式，加速设备附加地被构造用于，将电子平射束在厚度方向上聚焦。这能够有利地实现聚焦的电子平射束的产生。

[0009] 按照另一优选的实施方式，发射面的宽度是其高度的至少一百倍、优选地至少一千倍。在发射面的恒定的总电流和恒定的高度的情况下，较大的宽度导致在阴极处的电流密度和从而空间电荷力的减少。因为空间电荷力尤其在电子平射束缓慢的区域中对射束

质量有大的影响,所以由于在阴极处的较小的空间电荷密度可以以有利的方式实现射束的发射率的改善。

[0010] 按照本发明的另一优选的实施方式,阴极的发射面被构造为封闭的环。由此,阴极在宽度方向上不具有边缘面,所述边缘面的杂散场可能引起电子平射束的偏转。此外,对单个电子的空间电荷力在宽度方向上均衡,使得显著地使径向的射束导向变得容易。

[0011] 按照本发明的另一优选的实施方式,射束方向在目标区域中不指向阴极的发射面。由此能够(尤其在发射面的环形的实施的情况下)避免沿着有关的射束方向横穿目标区域的电子再次射在发射面上。否则,发射面可能通过加热或者外来原子的电子诱导的吸附被损坏。

[0012] 按照本发明的另一优选的实施方式,射束方向在阴极的位置处不垂直于中心轴。对此可替代地或者附加地,按照另一优选的实施方式,射束方向在目标区域中不垂直于中心轴。由此可以同样地避免,沿着有关的射束方向离开阴极和/或横穿目标区域的电子射在发射面的相对的部分上。

[0013] 按照本发明的另一优选的实施方式,加速设备的电极的边缘面被构造为旋转面的片段,其中该面的旋转轴与中心轴平行地取向。这能够实现用于在中心轴处的目标区域方向上径向地加速电子的加速设备的特别简单的和紧凑的实施。

[0014] 按照另一优选的实施方式,旋转面片段包括三百六十度的旋转角,所述旋转面片段构成电极的边缘面。尤其当、但不仅仅当加速设备的所有朝向电极的边缘面以所述方式被构造时,这能够实现加速设备的紧凑的和简单的构造形式。附加地,在方位角上限制旋转面的边缘面处的杂散场被避免,这使在径向方向上的射束导向变得容易。

[0015] 环形地构造加速设备此外允许将电子平射束在宽度方向上单独地通过径向的射束导向聚焦到目标区域上。也即取消否则可能需要的元件,所述元件引起在宽度方向上的聚焦,这简化整个系统的构造。此外,通过环形的构型以特别简单的方式在阴极的位置处实现小的电流密度和减少的空间电荷效应,而同时电子的电流密度在目标区域中可以是高的。

[0016] 按照另一优选的实施方式,加速设备具有用于产生磁场的装置。这能够有利地实现电子的磁性偏转。磁场辅助的射束导向和射束聚焦允许实现具有小的映射误差的电子光学元件,这可以进一步减小可达的焦点大小。

[0017] 在此情况下,按照另一优选的实施方式,磁场与平行于中心轴定向的轴旋转对称。由此用于产生磁场的装置能够有利地特别简单地被建造。

[0018] 辐射产生设备具有上面提及的类型的电子枪,目标结构被布置在所述电子枪的目标区域中。这里,由电子枪产生的电子平射束的良好的可聚焦性能够实现目标结构上的高的电流密度和因此例如能够实现所产生的辐射的高的强度。

[0019] 按照辐射产生设备的一种优选的实施,目标结构被构造为X射线靶。由此高强度的特别紧凑的X射线源可以被实现。

[0020] 按照辐射产生设备的另一优选的实施,电子枪的加速设备被构造用于,将电子加速到至少25keV的能量、优选地至少100keV的能量。这能够实现短波X射线光的特别高效的产生。

附图说明

[0021] 本发明的上面描述的特性、特征和优点以及类实现这些特性、特征和优点的方式结合对实施例的以下描述变得是更清楚地和更明白地可理解的，所述实施例结合附图进一步被阐述。分别以示意图方式：

图1示出电子枪的横截面的总视图；

图2示出电子枪的片段的透视图；

图3示出具有环形的发射面和加速设备的电子枪的横截面的细节视图；和

图4示出具有环形的发射面和加速设备的电子枪的横截面的细节视图。

具体实施方式

[0022] 在图1中示意性地示出电子枪1的剖面图。电子枪1允许产生电子平射束并且将所述电子平射束不仅在厚度方向上而且在宽度方向上聚焦。通过电子光学元件实现在厚度方向上的聚焦，而通过径向射束导向实现在宽度方向上的聚焦。对此，该实施例的所有元件围绕中心轴20旋转对称地布置。除了旋转对称之外，总的构造具有关于在中心布置的射束平面11的镜像对称。

[0023] 所示出的电子枪1包括环形的阴极100和加速设备200。在此，阴极100具有发射面110，所述发射面110位于阴极100的内面上，并且在中心轴20的方向上定向。加速设备200包括同样环形的阴极电极230以及下面的透镜电极210和上面的透镜电极215，其中所述阴极电极230围绕阴极100的外侧，所述下面的透镜电极和上面的透镜电极被布置在阴极100和中心轴20之间。此外，加速设备200包括下面的阳极元件220和上面的阳极元件225。

[0024] 阴极100被构造为具有旋转轴101的旋转体，加速设备200的元件被构造为具有公共的旋转轴201的旋转体。在示出的实施中，阴极100和加速设备200的旋转轴101、201与中间轴20重合。然而以下实施也是可能的，在所述实施中两个或者所有三个轴不叠置，而是仅仅彼此平行地布置。同样，加速设备200的各个元件210、215、220、225、230可以具有不同地布置的旋转轴。

[0025] 阴极100和阴极电极230在所示出的电子枪1情况下构成围绕中心轴20的外部的环。同样环形的透镜电极210、215同中心地布置在所述环的内部中。在此，下面的透镜电极210和上面的透镜电极215彼此对称地布置在射束平面11的各一侧上。由阴极100的发射面110发射的电子沿着射束平面11在透镜电极210、215之间的间隙中径向地朝内向目标区域30移去，所述目标区域位于电子枪1在中心轴20处的中心。

[0026] 下面的阳极元件220和上面的阳极元件225也被布置在那里，所述下面的阳极元件和上面的阳极元件两者圆锥形地被构造。所述下面的阳极元件和上面的阳极元件如透镜电极210、215那样彼此对称地位于射束平面11的相对的侧上，使得经加速的电子可以沿着射束平面11横穿形成的间隙。

[0027] 为了更好地地图解尤其阴极100的构型，图2示出电子枪1的片段的透视性示意图。由透镜电极210、215的旋转对称的实施决定地，所述电极的表面构成旋转面。在电子枪1的示出的实施例中，电子尤其沿着下面的透镜电极210的边缘面211和上面的透镜电极215的边缘面216运动。

[0028] 阴极100的发射面110具有宽度120, 所述宽度120是高度130的至少十倍, 所述高度130与宽度120垂直地沿着发射面被测量。宽度和高度分别地沿着发射面110被定义, 其中方位角方向或者宽度方向125表示以下方向, 在所述方向上发射面125具有围绕中心轴20的弯曲。通常, 发射面110沿着宽度方向125的弯曲不必是恒定的。除了通过环形状决定的沿着宽度方向125的弯曲外, 发射面110在示出的实施例中还具有沿着其高度120的弯曲。

[0029] 在此, 发射面110按照定义包括阴极100的表面的区域, 其中基于电子枪1的构型, 电子从所述区域被引导直至目标区域30。发射面110尤其也可以通过挡板(Blende)定义, 所述挡板被布置在阴极100和目标区域30之间并且限制所发射的射束。

[0030] 图3示出电子枪1的另一图示, 其中此外示例性地在横截面中示出所产生的电子平射束10。

[0031] 阴极100和下面的或者上面的透镜电极210、215被这样地布置, 使得发射的电子在发射面100的每个位置处可以在相应径向方向140上朝目标区域被加速。为此, 阴极100和透镜电极210、215附加地被这样地构造, 使得关于透镜电极210、215的负电压可以被施加到阴极100上。通过径向的加速, 在电子枪1的运行中形成圆盘形的电子平射束10, 所述电子平射束10围绕射束平面11对称地被布置。

[0032] 在聚焦区域250中再次从透镜电极210、215之间的区域射出的电子接着继续在目标区域30中被加速到期望的最终速度。为此, 电压同样地可以被施加在阳极元件220、225和透镜电极210、215之间。透镜电极210、215的内部边缘面和阳极元件220、225的边缘面附加地被这样地成型(geformt), 使得在电压分配(Spannungsbelegung)时在聚焦区域250中构造电场, 其中电子平射束10在厚度方向150上被聚焦, 所述厚度方向150在示出的实施中在每个位置处与中心轴20平行地取向。

[0033] 用于在25keV直至200keV的射束能量的情况下获得草拟的射束走向的示例性的电压分配关于阴极电势是在阳极元件220、225上的25kV直至200kV的电压。透镜电极210、215于是被加载大约阳极电压的五分之一, 也即大约5kV直至40kV。优选地, 阳极元件220、225被加载50kV并且透镜电极210、215被加载10kV、特别优选地100kV或者20kV。25keV直至200keV的射束能量例如是用于产生X射线光的有意义的能量范围, 其中在传统的X射线靶中适用于例如医学应用的X射线谱被产生。

[0034] 为了将电子平射束10聚焦到目标区域30上, 在宽度方向125上和厚度方向150上两种不同的方法得到应用。在厚度方向105上, 电子平射束通过静电的透镜被聚焦。而为了在宽度方向125上聚焦, 由于电子枪1的几何形状使用径向地向内对准目标区域30的射束导向, 由此不需要电子朝宽度方向125上的偏转。

[0035] 在图1至3中示出的电子枪1的旋转对称的实施拥有优点: 通过电子平射束10的电子的互相排斥所产生的空间电荷力在宽度方向125上均衡(kompensieren)。由此电子平射束10可以不仅在厚度方向150上而且在宽度方向125上非常好地被聚焦。空间电荷的剩下的径向分量对可达的焦点大小有要忽视的影响。

[0036] 通过旋转对称的实施, 此外通过阴极100和加速设备200所产生的场在宽度方向125上是均匀的并且仅与电子与中心轴20的径向距离有关。因此, 在宽度方向125上不出现边缘场, 所述边缘场可能导致射束的偏转。

[0037] 在图1至3中示出的电子枪1能够在电子枪1的边缘区域中实现大的发射面110, 并

且因此能够实现在电子尚缓慢的部位处小的电子密度。这有利地对射束质量产生影响,因为空间电荷特别在形成的力能够将电子加速到与射束的纵向速度可比的速度的区域中影响所述射束质量。

[0038] 代替地,电子平射束10仅在目标区域30附近才达到对于空间电荷效果临界的密度,在所述目标区域30处这样的高的密度是期望的,并且电子如此快,使得空间电荷力仅仍起其次的作用。尽管使用电子平射束,通过示出的射束导向在径向方向140上能够在目标区域30中实现各向同性的射束形状。

[0039] 平的射束形状此外允许在目标区域30中以适度的电子光学缩小实现小的焦点。由此降低对电子透镜的映射质量的要求,所述电子透镜通过电场在聚焦区域250中被构成。尤其可能的是,使用具有相对大的球形像差的纯静电的透镜,并且可以放弃昂贵的透镜形式、诸如磁浸没透镜。

[0040] 如果宽度120是高度130的至少一百倍、较好地还是至少一千倍,则通过发射面110的大宽高比获得的优点有特别明显的结果。为了比较,例如 30mm^{-2} 的发射面需要具有大约6mm的直径的圆形阴极。 $2*10^{-6}\text{ A/V}^{(3/2)}$ 的导流系数(Perveanz)得出大约0.6mm的最小的主焦点。为了现在实现 $50\mu\text{m}$ 的焦斑,一比十二的电子光学缩小是需要的。与此相反,相同大小的发射面可以通过300mm宽和100 μm 高的环形的条带实现。在厚度方向150上所需要的缩小比例于是仅还为一比二,并且可以利用静电的透镜实现。

[0041] 发射区域110围绕目标区域30的所示出的封闭的布置和阳极元件220、225在中心作为圆锥体的构型仅是一种可能的实施变型方案。尤其可设想的是,同样环形地围绕目标区域30放置阳极元件220、225。例如也可能的是,放弃透镜电极210、215,使得加速设备200仅由阴极电极230和阳极元件220、225组成。电子平射束10的聚焦于是可以通过电极表面的适当的成形被实现。

[0042] 同样地,加速设备200可以由作为阴极电极230、透镜电极210、215和阳极元件220、225的多个电极组成。因此例如将电子从阴极取出的电极和将电子平射束10聚焦的电极分开实施是可能的。同样地,代替阴极电极230的所示出的分开的实施,也可以将所述阴极电极230与阴极100组合成唯一的元件。

[0043] 根据阴极100和可能随后布置的挡板元件的构型,也可能存在多于仅所述一个发射面110。此外可能的是,沿着宽度方向125改变高度130并且沿着高度方向120改变宽度120,代替地,如在图中示出的那样使所述高度和宽度保持恒定。

[0044] 此外,朝向电子平射束10的电极表面、例如下面的透镜电极210的面211和/或上面的透镜电极215的面216不必强制地被实施为旋转面,以便实现在径向方向上所期望的射束导向。因此例如可设想的是,在电极处装上其他的元件、例如径向的凹槽或者桥形接片,以便能够实现附加的射束成形。为此,当然除了在图1至3中示出的元件外,也还可以将附加的电极和挡板集成到电子枪1中。在所有这些修改的情况下决定性的仅仅是,在电极的电压加载的情况下得到的电场此外能够实现在初级径向方向140上的射束导向。

[0045] 在示出的实施例中,不仅阴极10、阴极电极230而且透镜电极210、215和阳极元件220、225被构造为旋转体。然而分段式构型也是可能的,其中尤其阴极110的发射面和/或下面的透镜电极210的一个或多个边缘面和/或上面的透镜电极216的一个或多个边缘面仅仅被构造为旋转面的片段。在此,代替在图1和3中示出的三百六十度,所述片段例如仅仅包括

九十或者一百八十度。优选地,相应的边缘面的旋转轴219与中间轴20平行地取向,并且特别优选地与所述中间轴重合。

[0046] 该实施可能对应于在图2中的示意图,其中电极可能仅仅由所示出的片段组成。根据透镜电极210、215的旋转面片段的张角213并且根据发射面110的旋转面片段的张角111在这样的实施的情况下可能设置附加的边缘电极,以便最小化片段边缘处的杂散场的影响。

[0047] 原则上,也不需要将阴极100、阴极电极230、透镜电极210、215和阳极元件220、225实施为旋转体的片段来按照本发明产生电子平射束,其中在宽度方向125上的聚焦通过径向收敛的射束导向支持。具有不必要恒定的弯曲的发射面的弯曲的实施和由发射面110的宽度120和高度130的相应大的比例是足够的。

[0048] 按照电子枪1的另一实施方式,除了透镜电极210、215之外,加速设备200也可以包括用于产生磁场240、245的装置,所述装置例如由下面的磁场产生元件240和上面的磁场产生元件245组成,所述磁场产生元件在图1中示出。这允许电子的附加的、与速度有关的偏转。在此可能有利的是,用于产生磁场240、245的装置产生旋转对称的磁场,具有旋转轴242,所述旋转轴242与中心轴20重合。由此,构造的对称性不被干扰。

[0049] 原则上,所描述的径向射束导向也可以包含电子平射束10朝厚度方向150上的偏转,使得所述电子平射束10不再到处地在同一平面中伸展。这样的射束导向可以例如通过加速设备200的透镜电极210、215的适当的构型被获得。在此,尤其射束的同时的偏转和聚焦也是可能的。

[0050] 在图4中,利用电子枪3示出电子枪1的修改的实施,其中下面的透镜电极210和上面的透镜电极215通过下面的偏转电极260或者上面的偏转电极265替代。这些偏转电极不再关于射束平面12镜像对称地在阴极区域中成型,使得电子平射束15在出射区域251中在偏转电极260、265的端部处与中心轴20平行地被偏转。

[0051] 所示出的射束导向尤其通过以下方式来表征,即射束方向14在目标区域30中不指向阴极100的发射面110。由此避免,所发射的电子在与所述电子的发射位置相对的侧上可以再次射到发射面110的一部分上,并且发射面110在那里例如通过电子束诱导的吸附而污染。

[0052] 即使射束方向14在目标区域30中不垂直于中心轴20,而所述射束导向此外不包含朝厚度方向150上的偏转,也能够实现相同的目标。在该情况下,电子平射束被产生,所述电子平射束近似地构成圆锥曲面。

[0053] 电子重新射在发射区域110上也可以通过以下方式被防止,即射束方向13在阴极100的区域中不垂直于中心轴20。在发射后,电子可以是例如通过阴极电极230和/或透镜电极210、215和/或附加的电极的适当的成形和电压加载被偏转到射束平面中并且接着进一步径向地向内被加速,其中所述射束平面垂直于中心轴20。

[0054] 电子枪1或3可以被实施为辐射产生设备2的构件,所述辐射产生设备2附加地包括布置在目标区域30中的目标结构31。按照辐射产生设备2的一种优选的实施方式,在此情况下可以是用于产生X射线辐射的靶。用于这样的X射线靶的可能的材料例如是钨、铼钨合金、钼、铜或者钴。目标结构31可以例如拥有圆柱形形状并且围绕中心轴20对称地布置。

[0055] 尽管本发明详细地通过优选的实施例得以进一步图解和描述,本发明不从而被所

公开的示例限制,并且其他的变化可以由专业人员从中推导,而不偏离本发明的保护范围。

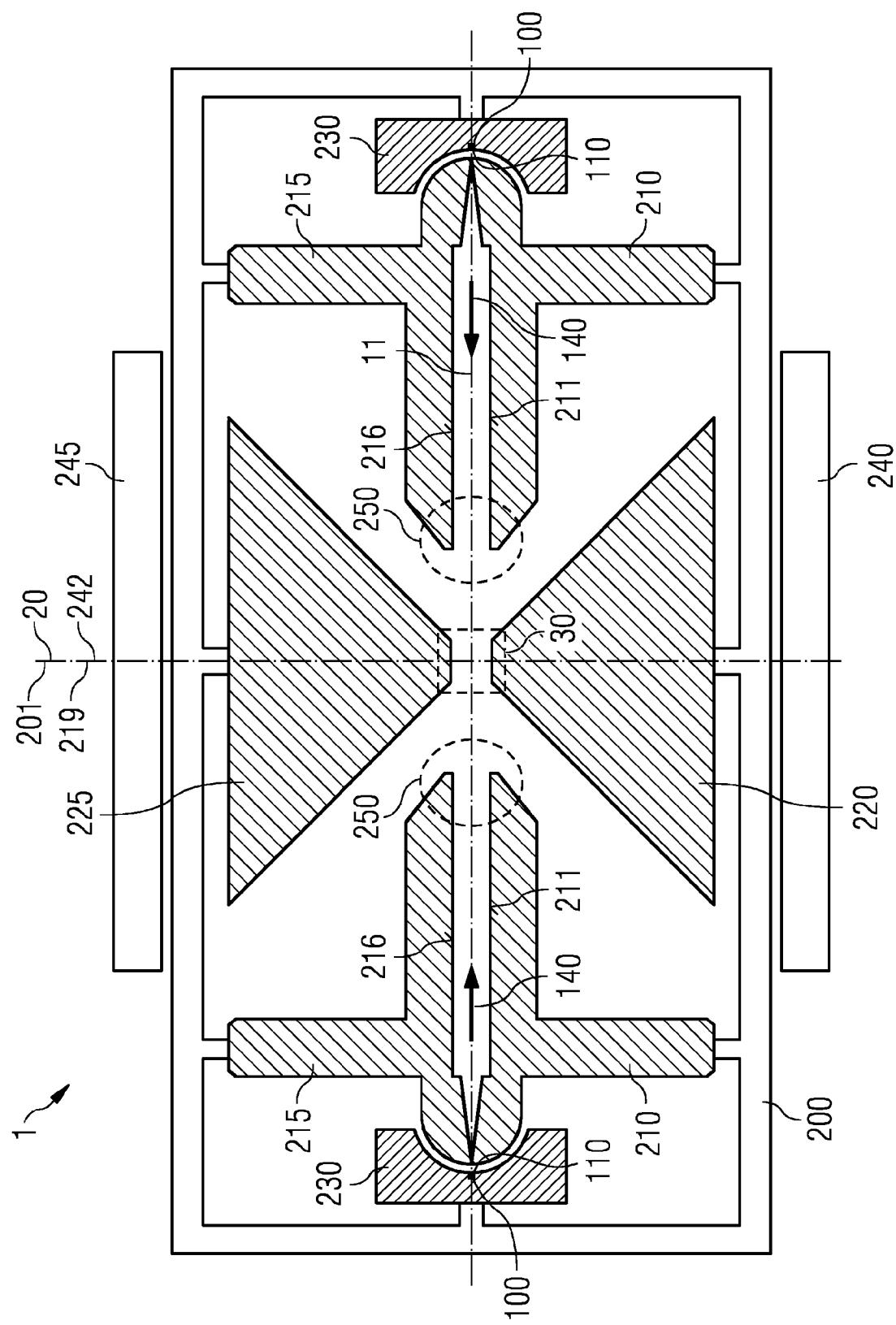


图 1

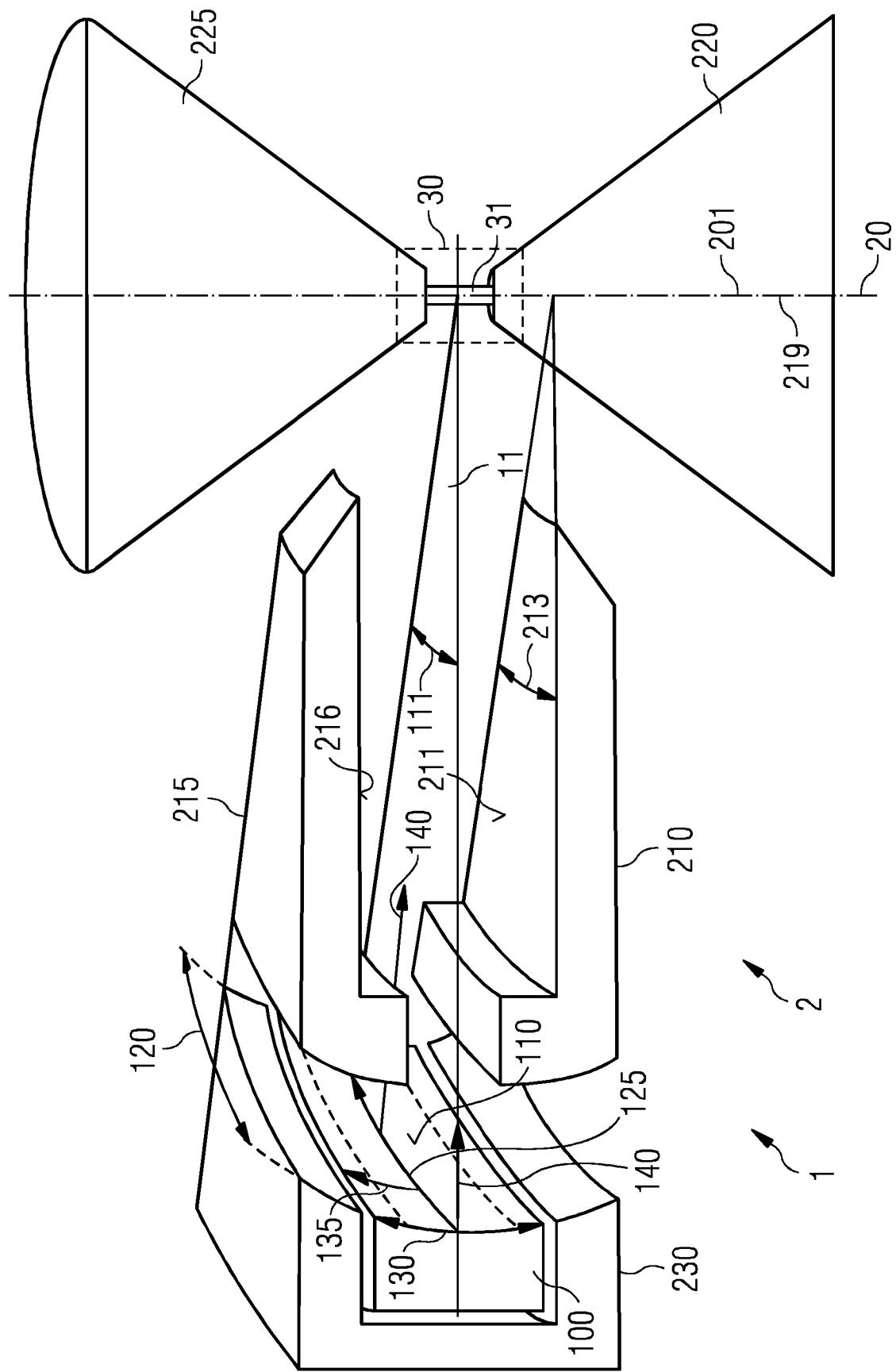


图 2

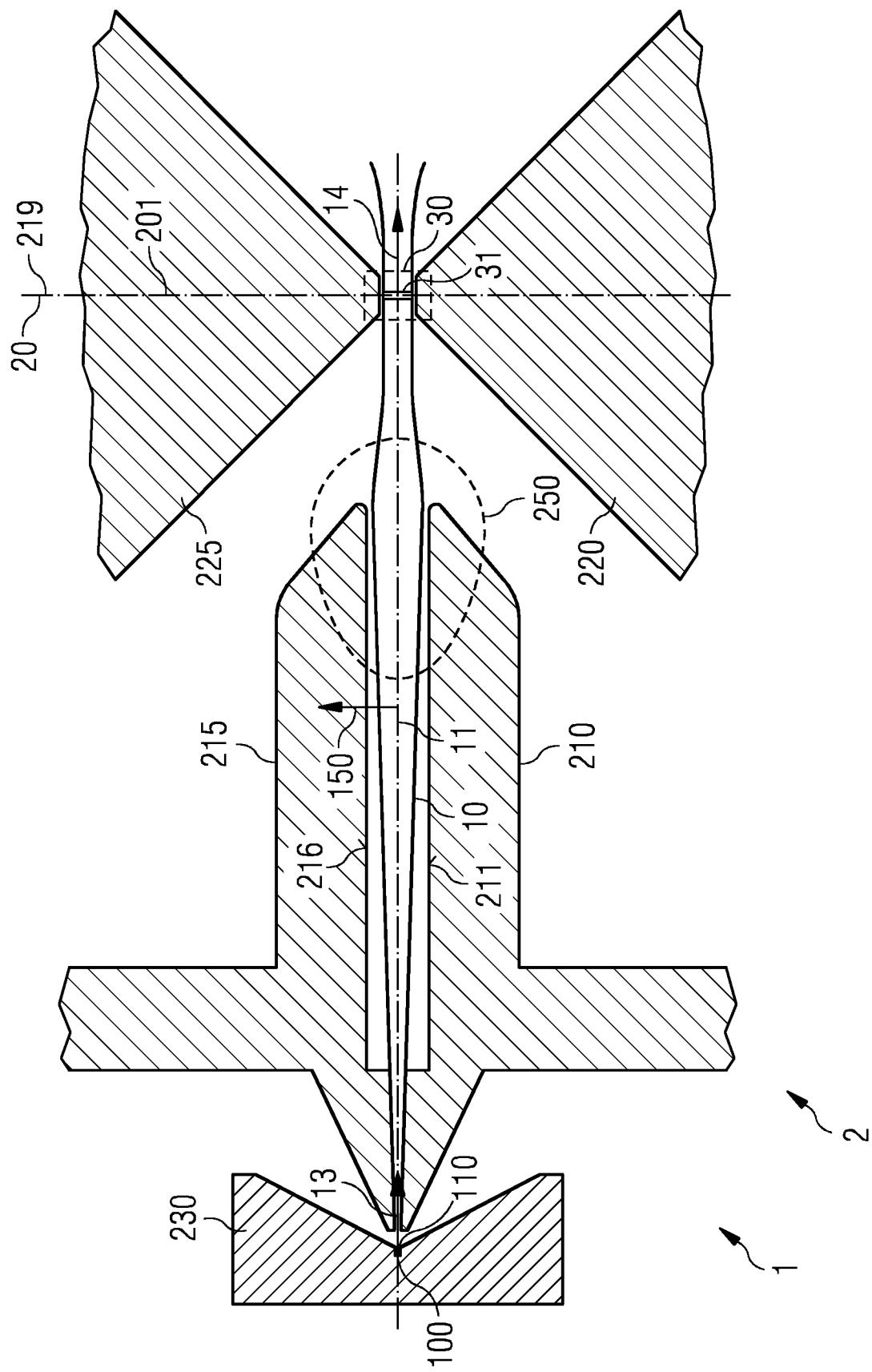


图 3

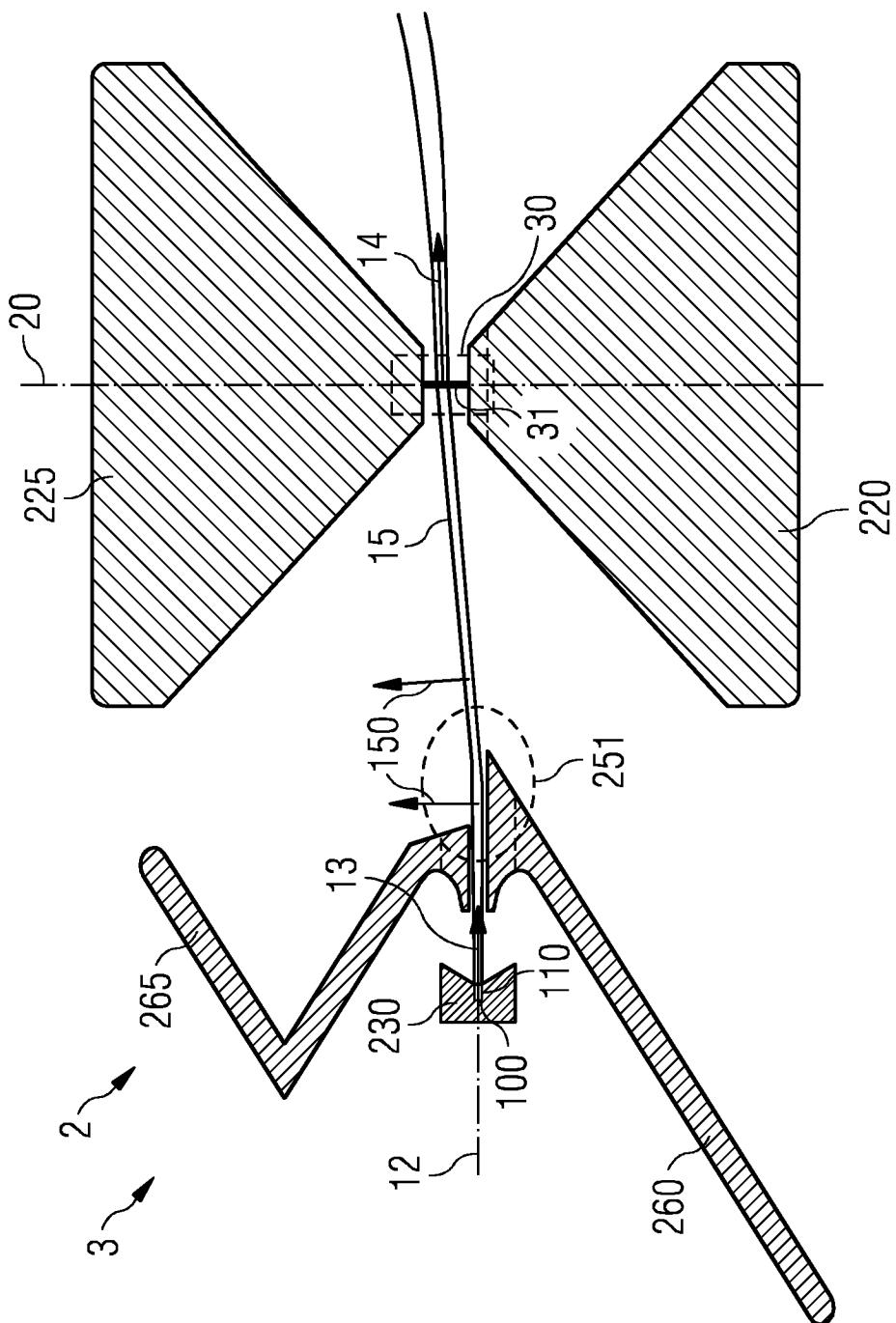


图 4