



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104470179 B

(45)授权公告日 2017.10.24

(21)申请号 201310433778.7

(22)申请日 2013.09.23

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104470179 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(73)专利权人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华大学

专利权人 同方威视技术股份有限公司

(72)发明人 康克军 唐传祥 唐华平 陈怀璧

黄文会

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 闫小龙 胡莉莉

(51)Int. Cl.

H05G 1/52(2006.01)

(56)对比文件

JP 昭53-59390 A,1978.05.29,

JP 特開2002-324507 A,2002.11.08,

审查员 卑晓峰

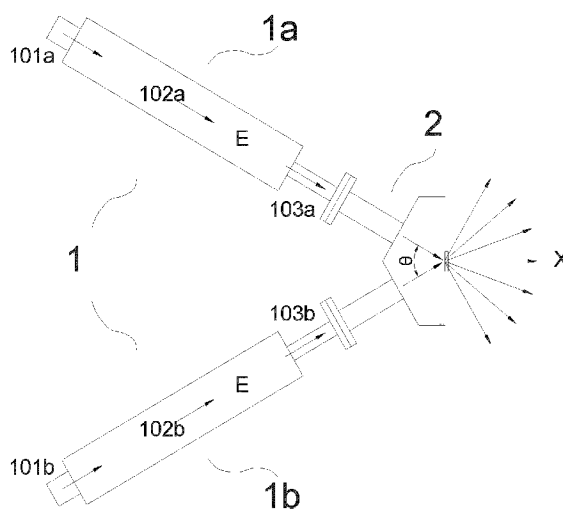
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种产生均整X射线辐射场的装置以及方法

(57)摘要

本发明涉及一种产生均整X射线辐射场的装置以及方法。本发明的产生均整X射线辐射场的装置具备:多个电子加速器,用于产生高能电子束流;以及公共靶单元,包括真空靶室、靶以及多个输入连接装置,所述多个输入连接装置安装在所述真空靶室的一侧,所述靶安装在所述真空靶室的与所述多个输入连接装置相对的另一侧,所述多个输入连接装置的轴线以两两彼此成预定夹角的方式相交于一点,所述多个电子加速器分别与所述多个输入连接装置连接。



1. 一种产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,具备:  
多个电子加速器,用于产生高能电子束流;以及  
公共靶单元,包括真空靶室、靶以及多个输入连接装置,  
所述多个电子加速器分别与所述多个输入连接装置连接,  
来自所述多个电子加速器的高能电子束流以两两彼此成预定夹角的方式轰击所述靶。
2. 如权利要求1所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述多个输入连接装置安装在所述真空靶室的一侧,所述靶安装在所述真空靶室的与  
所述多个输入连接装置相对的另一侧,  
所述多个输入连接装置的轴线以两两彼此成预定夹角的方式相交于一点。
3. 如权利要求2所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述多个输入连接装置的轴线两两彼此所成的预定夹角相同。
4. 如权利要求2所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述多个输入连接装置的轴线两两彼此所成的预定夹角不同。
5. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述靶是平面结构,从所述多个输入连接装置进入到所述真空靶室的电子束流相交于  
所述靶的真空侧平面上一点。
6. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述靶是球面结构,从所述多个输入连接装置进入到所述真空靶室的电子束流相交于  
所述球面的球心。
7. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述靶是L形结构,从所述多个输入连接装置进入到所述真空靶室的电子束流垂直入  
射到靶平面。
8. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述公共靶单元还具有:冷却装置,安装在所述真空靶室的外部并且包围所述靶的一个  
面,内部为管道或者空腔,能够使制冷剂在其内部循环流动,从而对所述靶进行冷却;制  
冷系统,与所述冷却装置相连,将恒定低温的冷却剂输送给所述冷却装置,并且将从所述冷  
却装置流回的高温制冷剂的温度降低到设定值。
9. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述公共靶单元还具有:真空系统,安装在所述公共靶单元的侧壁上,与所述真空靶室  
进行真空密封连接,使所述真空靶室在工作过程中维持高真空。
10. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述公共靶单元还具有:多个聚焦装置,安装在所述输入连接装置的外部;聚焦控制装  
置,与所述聚焦装置连接,控制所述聚焦装置的工作状态。
11. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,  
所述多个电子加速器具有相同的结构,并且,所述电子加速器是电子直线加速器,  
所述电子加速器由电子发射单元、电子加速单元、输出连接装置、微波传输装置、微波  
功率源、电源与控制系统组成,  
所述电子加速单元的一端与所述电子发射单元连接并且另一端与所述输出连接装置  
连接,所述电源与控制系统分别与所述电子发射单元以及所述微波功率源连接,所述微波

功率源经由所述微波传输装置连接于所述电子加速单元,所述电源与控制系统连接到上一级电源与控制系统,

所述输出连接装置与所述公共靶单元的所述输入连接装置连接。

12. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,所述多个电子加速器具有相同的结构,并且,所述电子加速器是电子直线加速器,所述多个电子加速器具有共同的电源与控制系统、微波功率源、微波功率分配装置,所述多个电子加速器的每一个还包括电子发射单元、电子加速单元、输出连接装置、微波传输装置,

所述电子加速单元的一端与所述电子发射单元连接并且另一端与所述输出连接装置连接,所述电子发射单元连接于所述电源与控制系统,所述微波传输装置连接于所述电子加速单元,

所述输出连接装置与所述公共靶单元的所述输入连接装置连接。

13. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,所述多个电子加速器的能量相同。

14. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,所述多个电子加速器的能量不同。

15. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,所述多个电子加速器在同一个平面内。

16. 如权利要求1~4的任意一项所述的产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,所述多个电子加速器不在同一个平面内。

17. 一种产生均整X射线辐射场的方法,其特征在于,

来自多个电子加速器的高能电子束流以两两彼此成预定夹角的方式轰击公共靶单元的靶上的同一靶点。

18. 如权利要求17所述的产生均整X射线辐射场的方法,其特征在于,所述多个电子加速器的能量相同或者不同。

19. 如权利要求17或18所述的产生均整X射线辐射场的方法,其特征在于,所述多个电子加速器在同一个平面内或者不在同一个平面内。

## 一种产生均整X射线辐射场的装置以及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及产生均整X射线辐射场的装置以及方法,特别涉及在无损伤探伤、辐射成像、透视成像、安全检查设备、辐射加工以及医学放射治疗中利用高能电子加速器产生均整X射线辐射场的装置以及方法。

### 背景技术

[0002] 目前,X射线在工业无损检测、安全检查、医学诊断以及治疗等领域具有广泛的应用。对于大型的检测对象,例如锅炉、航天发动机、机场/铁路/海关的大宗货物,对其进行透视检查时需要高能X射线,在此情况下,通常使用能量2MeV以上的电子加速器产生高能X射线。

[0003] 一般地,电子加速器产生X射线的基本方法为:利用电子枪产生电子束流,利用电场对电子束流进行加速使其获得高能量,高能电子束流打靶产生X射线,通常将X射线(或者有用的X射线)分布的区域称为X射线辐射场。电子束流打靶产生的X射线通常是4 $\pi$ 立体角向各个方向发散分布的,不同能量的电子束流打靶产生的X射线在各个发射方向上的强度分布是不相同的,通常电子束流能量越高,前向X射线的强度就越大。通常定义电子束流的运动方向为前向,关于高能电子束流打靶产生的X射线的不同方向上的强度大小,前向最大,随着偏离前向的角度的增加,逐渐减小,电子束流能量越高,这种变化越明显。例如,能量9MeV(百万电子伏特)的电子束流打靶产生的X射线,如果中心(前向)的X射线强度为1,则偏离中心5度的方向上的射线强度约为73%,10度方向上的射线强度约为53%,15度方向上约为40%,30度方向上约为18%,这是一种非常明显的前向集中分布。在利用电子加速器产生的X射线进行透视成像的检查系统中,检查对象的体积越大,需要X射线的能量越高,需要用到的X射线分布角度越大,但是,能量高且分布角度大的X射线辐射场的强度分布非常不均匀,这严重影响了检测的图像质量。此外,在医学放射治疗方面,因为X射线辐射场的强度分布的不均匀,产生中心(前向)区域过度照射而边缘区域照射不够的严重问题。

[0004] 在现有的技术中,为了消除这种X射线前向集中产生的辐射场的强度分布不均对图像质量产生的不利影响,或者消除放射治疗中的照射不均匀,通常是在产生X射线的靶的前方设置一定的阻挡设备,称为均整器,使得前向小角度范围内的X射线的强度变弱,从而使一定角度范围内的X射线的强度分布相对均匀。这种做法是“削高就低”,牺牲了电子加速器所产生的最大辐射场强度,降低了利用效率,在辐射透视成像系统中使靶点模糊,图像分辨率降低。

### 发明内容

[0005] 本发明是为了解决上述课题而提出的,其目的在于提供一种能够产生均整X射线辐射场的装置以及方法。

[0006] 为了达到上述目的,本发明提供一种产生均整X射线辐射场的装置,其特征在于,具备:

- [0007] 多个电子加速器,用于产生高能电子束流;以及
- [0008] 公共靶单元,包括真空靶室、靶以及多个输入连接装置,
- [0009] 所述多个电子加速器分别与所述多个输入连接装置连接。
- [0010] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0011] 所述多个输入连接装置安装在所述真空靶室的一侧,所述靶安装在所述真空靶室的与所述多个输入连接装置相对的另一侧,
- [0012] 所述多个输入连接装置的轴线以两两彼此成预定夹角的方式相交于一点。
- [0013] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0014] 所述多个输入连接装置的轴线两两彼此所成的预定夹角相同。
- [0015] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0016] 所述多个输入连接装置的轴线两两彼此所成的预定夹角不同。
- [0017] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0018] 所述靶是平面结构,从所述多个输入连接装置进入到所述真空靶室的电子束流相交于所述靶的真空侧平面上一点。
- [0019] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0020] 所述靶是球面结构,从所述多个输入连接装置进入到所述真空靶室的电子束流相交于所述球面的球心。
- [0021] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0022] 所述靶是L形结构,从所述多个输入连接装置进入到所述真空靶室的电子束流垂直入射到靶平面。
- [0023] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0024] 所述公共靶单元还具有:冷却装置,安装在所述真空靶室的外部并且包围所述靶的一个面,内部为管道或者空腔,能够使制冷剂在其内部循环流动,从而对所述靶进行冷却;制冷系统,与所述冷却装置相连,将恒定低温的冷却剂输送给所述冷却装置,并且将从所述冷却装置流回的高温制冷剂的温度降低到设定值。
- [0025] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0026] 所述公共靶单元还具有:真空系统,安装在所述公共靶单元的侧壁上,与所述真空靶室进行真空密封连接,使所述真空靶室在工作过程中维持高真空。
- [0027] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0028] 所述公共靶单元还具有:多个聚焦装置,安装在所述输入连接装置的外部;聚焦控制装置,与所述聚焦装置连接,控制所述聚焦装置的工作状态。
- [0029] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0030] 所述多个电子加速器具有相同的结构,并且,所述电子加速器是电子直线加速器,
- [0031] 所述电子加速器由电子发射单元、电子加速单元、输出连接装置、微波传输装置、微波功率源、电源与控制系统组成,
- [0032] 所述电子加速单元的一端与所述电子发射单元连接并且另一端与所述输出连接装置连接,所述电源与控制系统分别与所述电子发射单元以及所述微波功率源连接,所述微波功率源经由所述微波传输装置连接于所述电子加速单元,所述电源与控制系统连接到上一级电源与控制系统,

- [0033] 所述输出连接装置与所述公共靶单元的所述输入连接装置连接。
- [0034] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0035] 所述多个电子加速器具有相同的结构,并且,所述电子加速器是电子直线加速器,
- [0036] 所述多个电子加速器具有共同的电源与控制系统、微波功率源、微波功率分配装置,
- [0037] 所述多个电子加速器的每一个还包括电子发射单元、电子加速单元、输出连接装置、微波传输装置,
- [0038] 所述电子加速单元的一端与所述电子发射单元连接并且另一端与所述输出连接装置连接,所述电子发射单元连接于所述电源与控制系统,所述微波传输装置连接于所述电子加速单元,
- [0039] 所述输出连接装置与所述公共靶单元的所述输入连接装置连接。
- [0040] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0041] 所述多个电子加速器的能量相同。
- [0042] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0043] 所述多个电子加速器的能量不同。
- [0044] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0045] 所述多个电子加速器在同一个平面内。
- [0046] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,
- [0047] 所述多个电子加速器不在同一个平面内。
- [0048] 本发明提供一种产生均整X射线辐射场的方法,其特征在于,
- [0049] 来自多个电子加速器的高能电子束流以两两彼此成预定夹角的方式轰击公共靶单元的靶。
- [0050] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的方法中,
- [0051] 所述多个电子加速器的能量相同。
- [0052] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的方法中,
- [0053] 所述多个电子加速器的能量不同。
- [0054] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的方法中,
- [0055] 所述多个电子加速器在同一个平面内。
- [0056] 此外,在本发明的产生均整X射线辐射场的方法中,
- [0057] 所述多个电子加速器在不同一个平面内。
- [0058] 本发明的目的主要是提供一种产生均整X射线辐射场的装置和方法。在本发明的产生均整X射线辐射场的方法中,使用至少两台电子加速器同步产生X射线辐射场,并且使其靶点位置相同,各台电子加速器产生的X射线辐射场的中心方向形成一定夹角,夹角的大小与电子加速器的能量相关,通过多个X射线辐射场的有角度叠加获得均整X射线辐射场。在本发明的产生均整X射线辐射场的装置中,包括至少两台电子加速器和公共靶单元,公共靶单元由多个输入连接装置、真空靶室、靶、冷却系统、真空系统、聚焦系统等组成。
- [0059] 本发明主要是提供一种产生均整X射线辐射场的装置,通过叠加的方式产生较大角度范围的均匀X射线辐射场,相比阻挡的方式,均匀X射线辐射场的强度大,使得透视成像系统或者辐射治疗系统速度快、效率高;相比阻挡方式,可以产生更大角度范围的均匀X射

线辐射场,使得透视成像系统可以检查尺寸和体积更大的物品对象或者辐射治疗系统可以对更大的面积进行均匀治疗;因为没有射线阻挡,不会产生靶点模糊或者伪影,可以提高透视成像检测系统的图像分辨率和清晰度;可以任意扩展电子加速器的数目,获得更大强度和更宽角度范围的均匀X射线辐射场,可以进一步提高透视成像系统或者辐射治疗系统的性能和扩大应用范围。

### 附图说明

- [0060] 图1是本发明的产生均整X射线辐射场的装置的示意图。
- [0061] 图2是本发明的公共靶单元的结构示意图。
- [0062] 图3是不同能量的电子加速器所产生的X射线在不同角度上的强度分布的示意图。
- [0063] 图4是传统的X射线场均整方法示意图,(A)是系统结构的示意图,(B)是示出均整效果的图。
- [0064] 图5是本发明中的两台电子加速器叠加产生均整X射线场的示意图。
- [0065] 图6是电子束流夹角与电子加速器能量的关系的示意图。
- [0066] 图7是本发明中的不同形状的靶的结构示意图。
- [0067] 图8是本发明中的采用独立结构的电子加速器产生均整X射线辐射场的装置。
- [0068] 图9是本发明中的采用非独立结构的电子加速器产生均整X射线辐射场的装置。
- [0069] 图10是能够连接三台电子加速器的公共靶单元的结构示意图。
- [0070] 附图标记说明:
- |        |               |          |
|--------|---------------|----------|
| [0071] | 1、1a、1b       | 电子加速器    |
| [0072] | 101、101a、101b | 电子发射单元   |
| [0073] | 102、102a、102b | 电子加速单元   |
| [0074] | 103、103a、103b | 输出连接装置   |
| [0075] | 104           | 微波传输装置   |
| [0076] | 105           | 微波功率分配装置 |
| [0077] | 106           | 微波功率源    |
| [0078] | 107           | 电源与控制系统  |
| [0079] | 2             | 公共靶单元    |
| [0080] | 201、201a、201b | 输入连接装置   |
| [0081] | 202           | 真空靶室     |
| [0082] | 203           | 靶        |
| [0083] | 204           | 冷却装置     |
| [0084] | 205           | 制冷系统     |
| [0085] | 206           | 真空系统     |
| [0086] | 207           | 聚焦装置     |
| [0087] | 208           | 聚焦控制装置   |
| [0088] | 3             | 均整器      |
| [0089] | E             | 电子束流     |
| [0090] | X             | X射线      |

[0091]  $\theta$  电子束流夹角。

### 具体实施方式

[0092] 以下,根据附图详细地对本发明进行说明。图1是本发明的产生均整X射线辐射场的装置的示意图。如图1所示,本发明的产生均整X射线辐射场的装置由多个电子加速器1(至少两个,具体地称为1a、1b)和同时与这些电子加速器1a、1b连接的公共靶单元2组成。此外,图2是本发明的公共靶单元的结构示意图,如图2所示,公共靶单元2由真空靶室202、安装在真空靶室202一侧的多个输入连接装置201(具体地是输入连接装置201a、201b)、安装在真空靶室202上并且位于与输入连接装置201相对的另一侧的靶203组成。

[0093] 此外,如图1所示,电子加速器1用于产生高能电子束流E,通常包括电子发射单元101(具体地是101a、101b)、电子加速单元102(具体地是102a、102b)、输出连接装置103(具体地是103a、103b)。电子加速器是一个广泛使用的设备,包括高压加速器、感应加速器、回旋加速器、直线加速器等多种类型,其基本原理概括为:在电源与控制系统的的作用下,电子发射单元产生初始电子束流,电子束流进入电子加速器单元,被高压电场或者感应电场或者微波电场等加速而获得高能量,然后,高能电子束流经过输出连接装置输出到各种应用场合。在本发明中,电子加速器1的输出连接装置103连接到公共靶单元2的输入连接装置201。此外,在本发明中能够使用本领域通常的各种电子加速器。

[0094] 此外,公共靶单元2用于对多个电子束流E进行汇聚,并且使多个电子束流E以不同的角度轰击同一个靶,从而产生均整X射线,公共靶单元2包括多个输入连接装置201(分别称为201a、201b等)、真空靶室202以及靶203。在图2中示出了本发明中的公共靶单元2的具体结构。如图2所示,多个输入连接装置201安装在真空靶室202的一侧,靶203安装在真空靶室202的与输入连接装置201相对的另一侧。输入连接装置201通常由刀口法兰和管道组成,通常为圆形,圆形刀口法兰用于与电子加速器1的输出连接装置103形成真空密封连接,圆形管道用于使电子束流E从其中通过。多个输入连接装置201的轴线以预定的夹角 $\theta$ 相交于一点,靶203处于该交点上,该交点通常为靶203的中心,靶203固定在真空靶室202的壁上并且靶203的边缘与真空靶室202的壁形成真空密封结构,例如通过焊接实现。靶203的材料为重金属钨或者钨的合金。电子束流E分别从多个输入连接装置201进入真空靶室202并且以不同的角度轰击靶203,从而产生均整X射线。

[0095] 此外,图3是不同能量的单台电子加速器产生的X射线在不同角度上的强度分布的示意图。在图3中,横轴为角度,0度表示电子束流E的运动方向,也就是X射线的中心方向,其它角度表示相对于中心方向的偏离角度,纵轴表示X射线的相对强度,将中心方向的X射线的强度定义为100,其它各方向的强度为相对中心方向的比值。在图3中给出了3种不同能量的电子加速器所产生的电子束流E打靶所产生的X射线的强度-角度分布,从图上可以看出,能量越高,其它角度的X射线相对中心方向的比值越小,也就是说X射线的前向集中效应越明显,通常,在一定角度范围之外,X射线的强度下降得太多就不能正常使用,所以,加速器能量越高,能利用的X射线的角度范围越小。因为不同方向的X射线的强度差异特别大时,在透射成像检查系统中,影响一幅图像中不同区域的清晰度和亮度,而在放射治疗系统中使不同区域的治疗效果产生很大的差异。因此,对于能量为6MeV以上的电子加速器所产生的X射线场来说,如果不进行均整,那么能有效利用的角度范围非常小。



[0096] 此外,图4是传统的X射线场均整方法示意图,图4(A)是系统结构的示意图,图4(B)是用于说明均整效果的图。如图4(A)所示,通常都是在电子加速器的靶前方设置有均整器3,利用均整器3的阻挡,使中心方向的X射线的强度变弱,因此均整器3通常采用重金属材料钨,形状通常为小山包式的圆台形,即,中心最厚阻挡最大,边缘变薄阻挡变小。在图4(B)中示出了使用均整器3进行阻挡后的X射线强度在不同角度上的分布的图,在该图中,实线表示未被阻挡的情况下的X射线强度,虚线表示受到均整器3阻挡后的X射线强度,从图中可以看出,对于高能量(在图中为9MeV)的电子加速器所产生的X射线,即使将中心方向的射线强度阻挡一半左右,仍然只能保持较小角度范围内(在图中约正负10度范围)的均匀性。这种使用均整器阻挡的方式,明显降低了X射线的强度,牺牲了效率。

[0097] 此外,图5是本发明中使用两台电子加速器进行叠加所获得的均整X射线场的示意图。两台电子加速器产生的电子束流E以预定的夹角 $\theta$ 轰击到同一靶上,如图5中的虚线所示,每一台电子加速器产生的X射线具有一定的角度分布,但是,两台电子加速器所产生的X射线场叠加后,形成了以夹角 $\theta$ 的中心为新的中心方向的具有较好顶部平整度的均整X射线场,即图中的实线。叠加后的均整X射线场相对于叠加前,可有效使用的X射线角度范围扩大了一倍以上,更重要的是两电子束流E的前进方向的夹角 $\theta$ 之内的区域形成了一个顶部非常平整的X射线辐射场,这对提高透视成像检查系统的图像质量或者放射治疗的效果非常有益。

[0098] 当然,要获得图5所示的具有在一定角度范围内非常均匀的叠加X射线场,电子束流E的夹角 $\theta$ 取决于每一台电子加速器的X射线场分布曲线,也即取决于所使用的电子加速器的能量。按照加法原理,很容易理解,对于确定能量的两台电子加速器,其X射线场分布曲线是确定的(图5中的虚线),当夹角 $\theta$ 为最佳的 $\theta_0$ 时,两电子束流E的前进方向之间的夹角区域内的叠加X射线场具有最佳的均整性(例如,波动幅度小于 $\pm 5\%$ ,实际上要实现完全平整是很难的),当夹角 $\theta$ 大于 $\theta_0$ 时,两电子束流E的原始中心方向偏离太大,使得叠加后的新中心方向的叠加X射线强度不够大,叠加的X射线场分布曲线会变为“M”形,虽然可用的角度分布变大,但是均匀性较差(例如,波动幅度大于 $\pm 20\%$ ),负面的影响可能就超过了正面的效果,这是不利的,此外,当夹角 $\theta$ 小于 $\theta_0$ 时,两电子束流E的原始中心方向偏离太小,使得叠加后的新中心方向的叠加X射线强度过大,叠加的X射线场分布曲线会变为“ $\Lambda$ ”形,中部太高(例如,波动幅度大于 $\pm 20\%$ ),没有实现较大角度范围内进行均整的效果,因此要获得可接受的均整X射线场分布(例如,波动幅度小于 $\pm 10\%$ ,在不同的应用领域,能接受的波动幅度会有差异)。此外,两台电子加速器的电子束流E的束流夹角 $\theta$ 与电子加速器的能量 $E_n$ 具有对应关系 $\theta = \theta(E_n)$ ,如图6所示的关系曲线。

[0099] 在图6中示出了本发明中电子束流E的束流夹角 $\theta$ 与电子加速器能量 $E_n$ 的关系。如图6所示,当电子束流E的夹角为 $\theta_0$ 时,叠加X射线场可以获得最佳的均整效果, $\theta_0$ 随加速器能量的增加而变小,在不同的应用领域,对叠加X射线场的均整效果具有一定的容忍度,也即电子束流夹角 $\theta$ 可以在 $\theta_0$ 上下变化,所以, $\theta$ 存在最大的容忍值 $\theta_{\max}$ 和最小的容忍值 $\theta_{\min}$ , $\theta_{\max}$ 和 $\theta_{\min}$ 同样地随电子加速器能量的增加而变小,并且,电子加速器的能量越高, $\theta_{\max}$ 和 $\theta_{\min}$ 相对 $\theta_0$ 的变动范围越小。

[0100] 此外,在本发明中,优选如图5所示那样两台电子加速器的能量相同。

[0101] 此外,如图2所示,本发明中的公共靶单元2还具有冷却装置204和制冷系统205。冷

却装置204安装在真空靶室202的外部,包围靶203的一个面,内部为管道或者空腔,能够使制冷剂在冷却装置204的内部循环流动,从而对靶203进行冷却。此外,制冷系统205与冷却装置204相连,制冷系统205将恒定低温的冷却剂输送给冷却装置204,并将从冷却装置204流回的高温制冷剂的温度降低到设定值。当高能电子束流E轰击靶203时,一小部分能量转化为X射线,大部分能量转化为热能,靶203的温度会迅速上升,循环流动的冷却剂将靶203的热量带走,使靶203保持在稳定的工作状态。制冷系统205可以是普通的恒温水冷机组或者恒温油冷装置等,冷却剂可以是纯净水、防冻液或者变压器油等。

[0102] 此外,如图2所示,本发明中的公共靶单元2还具有真空系统206。真空系统206安装在公共靶单元2的侧壁上,与真空靶室202进行真空密封连接,通常包括真空泵、真空泵电源和能够连通外部的真空阀门。真空阀门用于在公共靶单元2与电子加速器1密封连接后,能够通过外部真空装置对真空靶室202抽高真空,真空泵在真空泵电源的作用下工作,使真空靶室202在工作过程中维持高真空。

[0103] 此外,如图2所示,本发明中的公共靶单元2还具有聚焦装置207与聚焦控制装置208。聚焦装置207安装在输入连接装置201的外部,数量与输入连接装置201的数量相同,聚焦控制装置208连接于聚焦装置207,控制聚焦装置207的工作状态。聚焦装置207可以是聚焦线包,聚焦控制装置208可以是聚焦电源,聚焦控制装置208的工作状态还可以受电源与控制系统107的控制。

[0104] 在图7中示出了三种不同形状的靶203的结构。

[0105] 如图7(A)所示,本发明中的公共靶单元2的靶203是平面结构。当靶203为平面结构时,从不同输入连接装置201进入到真空靶室202的电子束流E相交于靶203的真空侧平面上一点。平面结构的靶203加工方便,冷却装置204结构简单,但是,电子束流E是以一定的斜角入射到靶平面的。

[0106] 此外,如图7(B)所示,本发明中的公共靶单元2的靶203是球面结构。当靶203为球面结构时,从不同输入连接装置201进入真空靶室202的电子束流E相交于球面的球心。虽然球面结构的靶203加工较复杂,但是各个方向的电子束流E均是从径向垂直入射到靶平面的,电子束流E感受到的靶厚度是均匀一致的。

[0107] 此外,如图7(C)所示,本发明中的公共靶单元2的靶203是L形结构,即,靶203是折弯平面或分段平面结构。当靶203为L形结构时,可以保持从不同输入连接装置201进入真空靶室202的电子束流E均是垂直入射到靶平面的,电子束流E感受到的靶厚度也是均匀一致的。

[0108] 在图8中示出采用了两台结构独立的电子直线加速器产生均整X射线辐射场的装置。

[0109] 如图8所示,本发明中的电子加速器1是能量高、体积小、稳定性好的电子直线加速器。电子加速器1a与电子加速器1b结构上互相独立,工作状态同步,即,受上级电源与控制系统107的控制同时产生或者停止X射线的发射。电子加速器1a由电子发射单元101a、电子加速单元102a、输出连接装置103a、微波传输装置104a、微波功率源106a、电源与控制系统107a组成,电子加速器1b由电子发射单元101b、电子加速单元102b、输出连接装置103b、微波传输装置104b、微波功率源106b、电源与控制系统107b组成,电源与控制系统107a和电源与控制系统107b连接到上一级的电源与控制系统107。此外,关于电子加速器1a的结构,电

子加速单元102a的一端与电子发射单元101a连接并且另一端与输出连接装置103a连接,电源与控制系统107a分别与电子发射单元101a以及微波功率源106a连接,微波功率源106a经由微波传输装置104a连接于电子加速单元102a。电子加速器1b的结构与电子加速器1a相同。在电源与控制系统107的作用下,两台电子加速器1a与1b同时工作,电子发射单元101产生初始电子束流进入电子加速单元102,同时微波功率源106产生微波功率并经微波传输装置104进入电子加速单元102,并且建立起微波加速电场,电子束流E在电子加速单元102内受到微波加速电场的作用,被加速并获得高能量,最后经输出连接装置103输出到公共靶单元2中。

[0110] 此外,在图9中示出采用了两台非独立结构的电子直线加速器的产生均整X射线辐射场的装置。

[0111] 如图9所示,本发明中的电子加速器1a与1b具有共同的电源与控制系统107、微波功率源106、微波功率分配装置105,并且电子加速器1a还包括电子发射单元101a、电子加速单元102a、输出连接装置103a、微波传输装置104a,电子加速器1b还包括电子发射单元101b、电子加速单元102b、输出连接装置103b、微波传输装置104b。此外,关于电子加速器1a的结构,电子加速单元102a的一端与电子发射单元101a连接并且另一端与输出连接装置103a连接,电子发射单元101a连接于电源与控制系统107,微波传输装置104a连接于电子加速单元102a。电子加速器1b的结构与电子加速器1a相同。在电源与控制系统107的作用下,电子发射单元101a和101b同时产生电子束流,产生的电子束流分别进入到电子加速单元102a和102b中,同时微波功率源106产生微波功率,微波功率进入微波功率分配装置105,被均匀分配为两部分,输出到两个微波传输装置104a和104b,并分别通过微波传输装置104a和104b被送入电子加速单元102a和102b中,在102a和102b中同时建立起微波电场,对进入其内部的电子束流进行加速,电子束流E在102a和102b内被加速并获得高能量,然后分别通过输出连接装置103a和103b进入到公共靶单元2中,以不同角度轰击靶203,产生均整X射线辐射场。

[0112] 需要特别指出的是,本发明中的电子加速器可以是两台,也可以是更多台。在图10中示出了一种可以连接三台电子加速器的公共靶单元2的结构。如图10所示,公共靶单元2具有三个输入连接装置201a、201b、201c,可以分别连接到三台电子加速器的输出连接装置。三个输入连接装置201a、201b、201c的中心线相交于靶203上的一点,关于三条中心线中的两两相邻的中心线所构成的两个夹角,优选这两个夹角的大小相等。这是因为,电子加速器的能量越高,单台电子加速器所产生的X射线前向集中越明显,即使是两台叠加,获得的均整X射线辐射场的角度范围也比较小,因此,当加速器的能量特别高(例如,12MeV以上)时,或者需要的均整X射线辐射场的角度范围很大时,就需要三台或更多台电子加速器连接到如图10所示的具有更多输入连接装置的公共靶单元2,从而产生能量更高、角度范围更大的均整X射线辐射场。

[0113] 需要特别指出的是,本发明中的电子加速器的数量为3台或者多于3台时,多台电子加速器可以在一个平面内,也可以不在一个平面内。相应的公共靶单元2的多个输入连接装置的中心线可以在一个平面内,也可以不在一个平面内。当多台电子加速器不在一个平面内时,多台电子加速器的电子束流E的中心线仍然相交于一点,每两台电子加速器的电子束流的中心线构成一个平面,这两台电子加速器产生的X射线辐射场在该平面上的叠加仍

然具有图5所示的均整效果。多台电子加速器的电子束流E的中心线可以两两组合形成多个不同的平面,每个平面上都是一个均整的效果,这些平面综合起来是一个立体的均整效果,即,多台电子加速器此时产生的均整X射线辐射场是一个在一定立体角度范围内具有更好的强度一致性的均整X射线辐射场。

[0114] 需要特别指出的是,本发明中的多台电子加速器可以能量相同,也可以能量不同。

[0115] 需要特别指出的是,本发明中的公共靶单元2的多个输入连接装置的中心线两两形成的夹角,可以大小相等,也可以大小不相等。

[0116] (实施例)

[0117] <系统组成>

[0118] 如图2、图5以及图9所示,本发明的产生均整X射线辐射场的装置由两台高能(例如,6MeV)电子直线加速器1a、1b、以及公共靶单元2组成。电子直线加速器1a、1b具有共同的电源与控制系统107、微波功率源106、微波功率分配装置105,并且电子加速器1a还包括电子发射单元101a、电子加速单元102a、输出连接装置103a、微波传输装置104a,电子加速器1b还包括电子发射单元101b、电子加速单元102b、输出连接装置103b、微波传输装置104b。电子加速单元102是电子加速器1的主体,电子发射单元101连接在电子加速单元102的前端,输出连接装置103连接在电子加速单元102的末端,微波传输装置104与电子加速单元102相连接。电源与控制系统107与加速器1a和1b的电子发射单元101a和101b连接并且对其进行控制,此外,电源与控制系统107同时还与微波功率源106连接并对其进行控制,微波功率源106的输出连接到微波功率分配装置105的输入端,微波功率分配装置105的两个输出端分别连接到两台电子加速器1a和1b的微波传输装置104a和104b。公共靶单元2包括两个输入连接装置201a和201b、真空靶室202、靶203、冷却装置204、制冷系统205、真空系统206、聚焦装置207、聚焦控制装置208。输入连接装置201a和201b安装在真空靶室202的一侧,靶203安装在真空靶室202的与输入连接装置201a、201b相对的另一侧,输入连接装置201a和201b的中心线相交于靶203上的一点,通常为靶203的中心点。真空系统206安装在真空靶室202的不与输入连接装置201a、201b和靶203干涉的侧面上,输入连接装置201a、201b、靶203、真空系统206与真空靶室202整体构成真空密封结构。冷却装置204安装在靶203的外侧,包围靶203的非真空侧的表面,制冷系统205与冷却装置204相连。聚焦装置207安装在输入连接装置的外侧,具有与输入连接装置相同的数量,聚焦控制装置208连接于聚焦装置207,控制聚焦装置207的工作状态。两台电子直线加速器1a和1b的输出连接装置103a和103b分别连接到公共靶单元2的输入连接装置201a和201b。

[0119] <工作原理>

[0120] 在电源与控制系统107的作用下,电子发射单元101a和101b同时产生电子束流,产生的电子束流分别进入到电子加速单元102a和102b中,同时,微波功率源106在电源与控制系统107的控制下产生微波功率,微波功率进入微波功率分配装置105,被均匀分配为两部分,并输出到微波传输装置104a和104b,分别通过微波传输装置104a和104b被送入电子加速单元102a和102b中,在102a和102b中同时建立起微波电场,微波电场对由电子发射单元101a和101b产生并分别进入电子加速单元102a和102b内部的电子束流E进行加速,电子束流E在102a和102b内被加速并获得高能量,然后分别通过输出连接装置103a和103b进入到公共靶单元2中,以不同的角度轰击靶203,分别产生如图5中虚线所示的两个X射线辐射场,

这两个同时产生的X射线辐射场进行叠加,形成了图5中实线所示的均整X射线辐射场,X射线在较大的角度范围内(例如,-20度到20度)具有非常好的强度一致性。

[0121] 此外,真空装置206使真空靶室202获得高真空,并在工作过程中维持高真空。靶203受到电子束流E轰击时产生的热量被冷却装置204和制冷系统205带走,维持工作温度稳定。聚焦控制装置208驱动聚焦装置207进行工作,使电子束流E经过输入连接装置201时受到聚焦作用,使电子束流E的束斑直径变小。

[0122] 在辐射透视成像检查系统中使用本发明的产生均整X射线辐射场的装置,利用大角度分布范围内强度一致的高能X射线透视受检查物品,成像角度大、检查体积大、图像质量高。

[0123] 在放射治疗系统中使用本发明的产生均整X射线辐射场的装置,利用大角度分布范围内强度一致的高能X射线辐射治疗,治疗均衡,效果好。

[0124] <发明效果>

[0125] 本发明主要是提供一种能够产生均整X射线辐射场的装置,通过叠加的方式产生较大角度范围的均匀X射线辐射场,相比现有技术的阻挡的方式,均匀X射线辐射场的强度大,使得透视成像系统或者辐射治疗系统速度快、效率高,此外,相比阻挡的方式,可以产生更大角度范围的均匀X射线辐射场,使得透视成像系统可以检查尺寸和体积更大的物品对象或者辐射治疗系统可以对更大的面积进行均匀治疗,此外,由于没有射线阻挡,不会产生靶点模糊或者伪影,可以提高透视成像检测系统的图像分辨率和清晰度,能够任意扩展电子加速器的数目,获得更大强度和更宽角度范围的均匀X射线辐射场,能够进一步提高透视成像系统或者辐射治疗系统的性能和扩大应用范围。

[0126] 如上所述,对本申请发明进行了说明,但是并不限于此,应该理解为能够在本发明宗旨的范围内对上述实施方式进行各种组合以及各种变更。

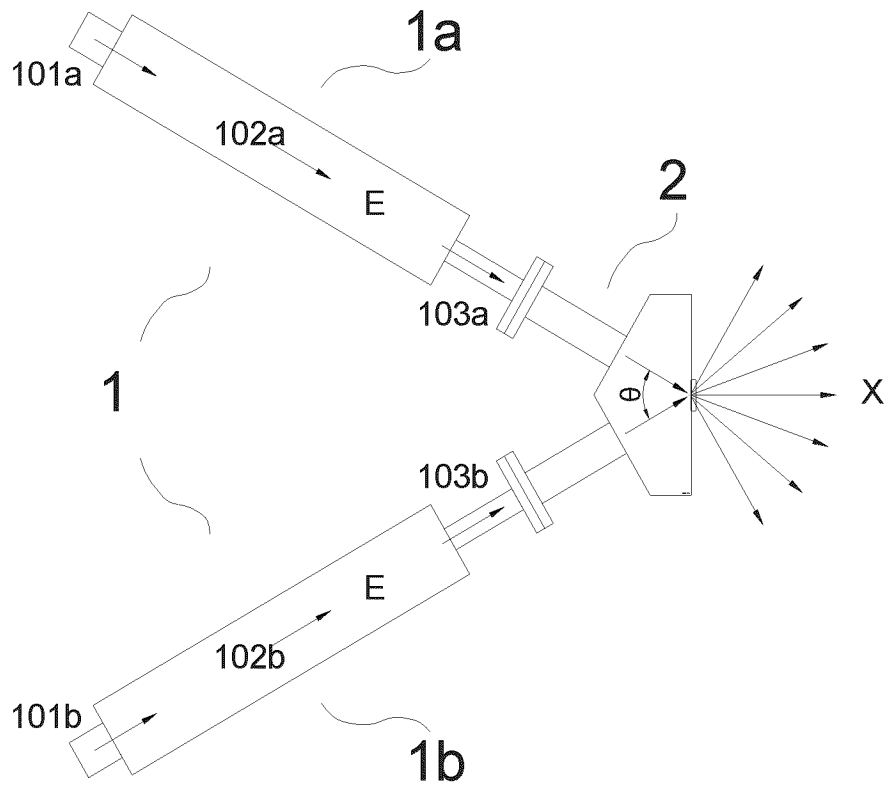


图 1

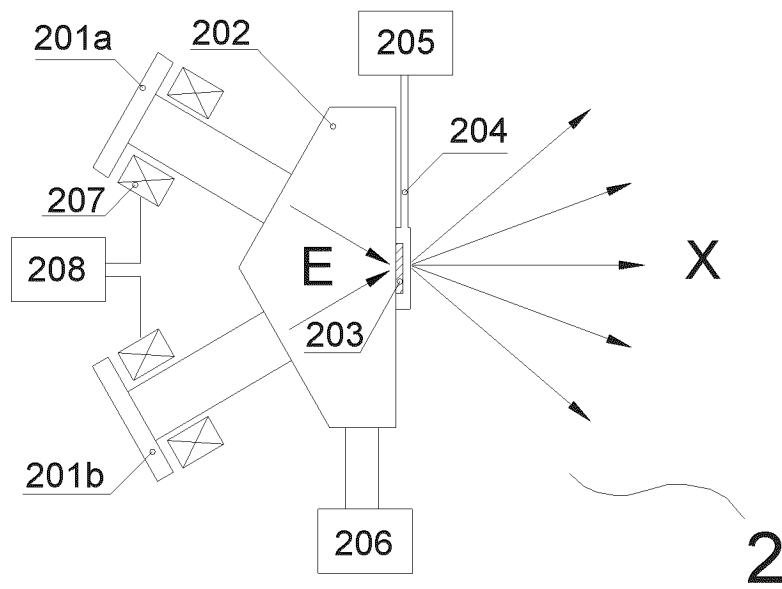


图 2

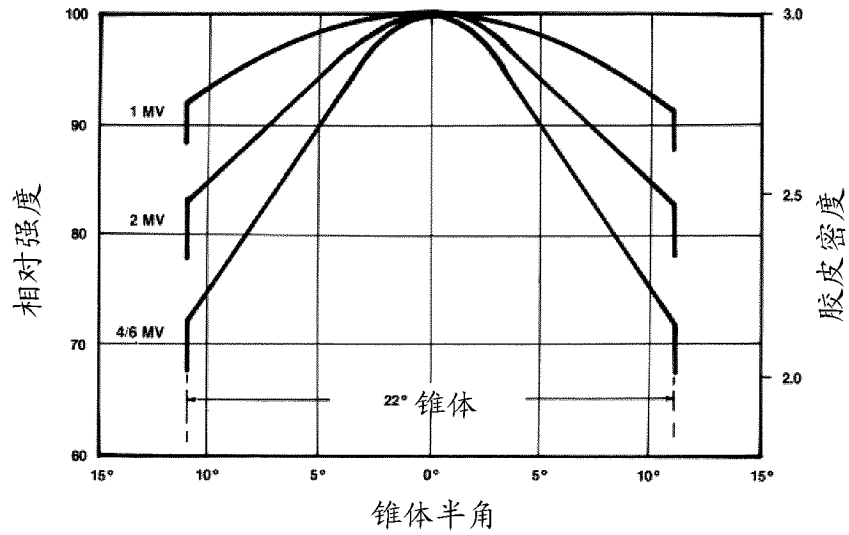
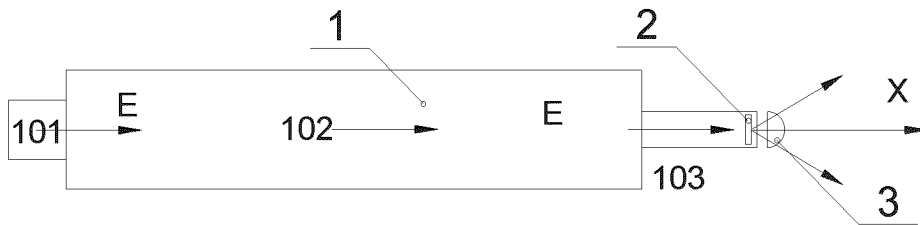
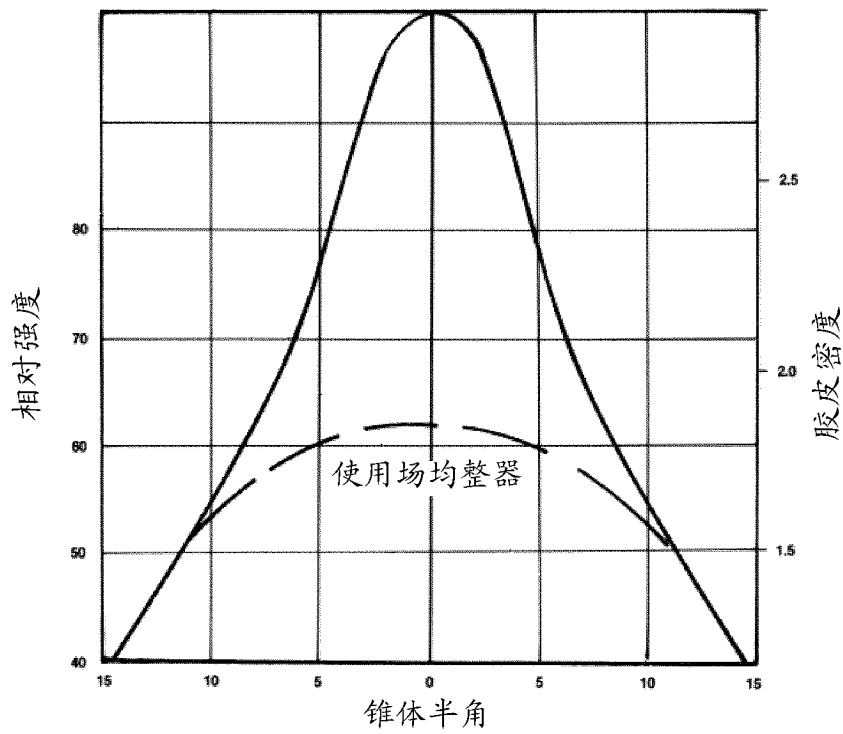


图 3



(A)



(B)

图 4

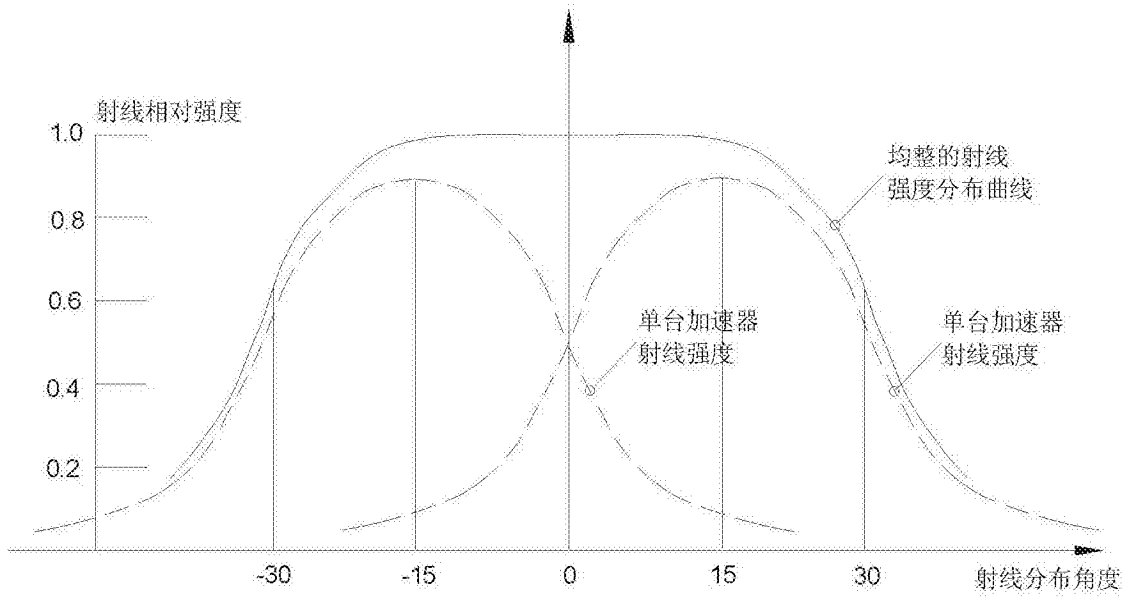


图 5

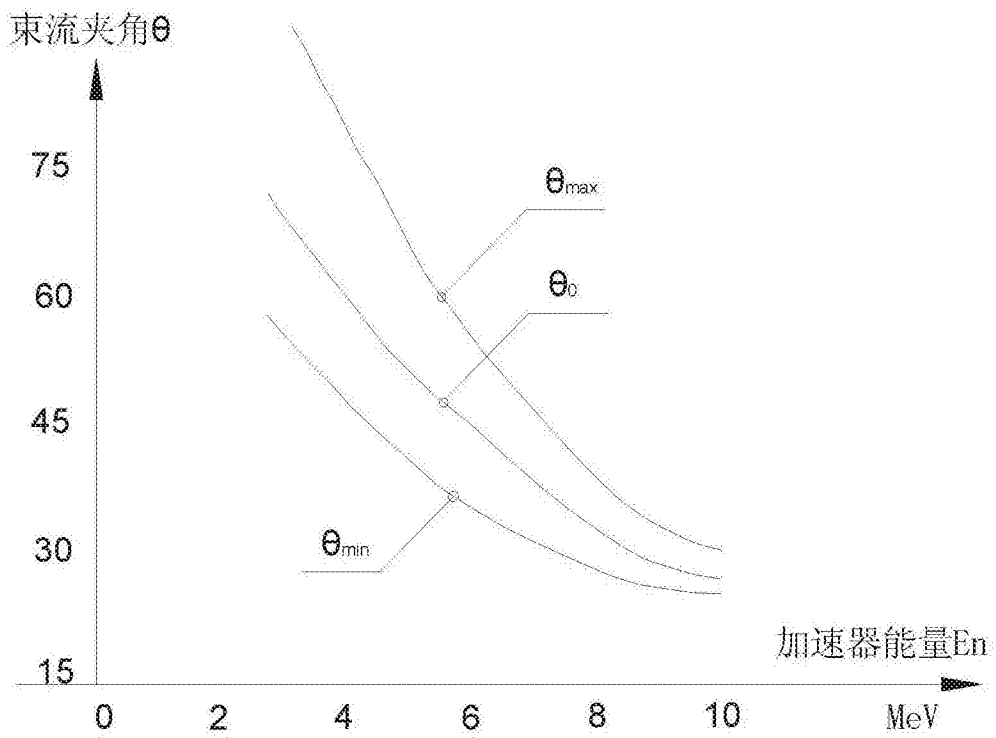


图 6



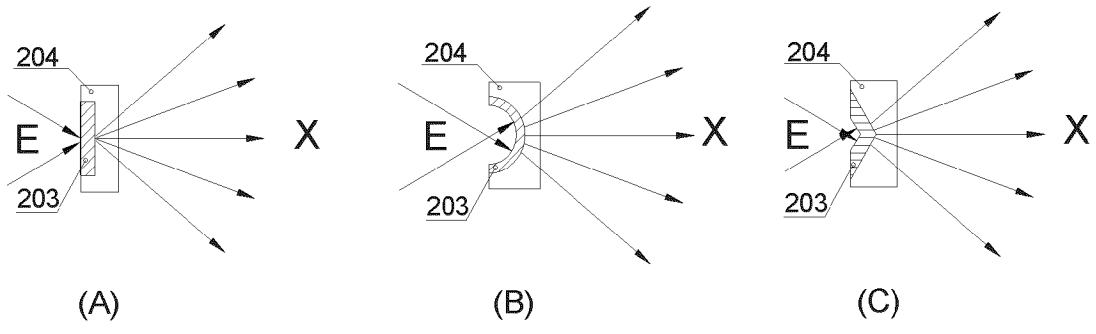


图 7

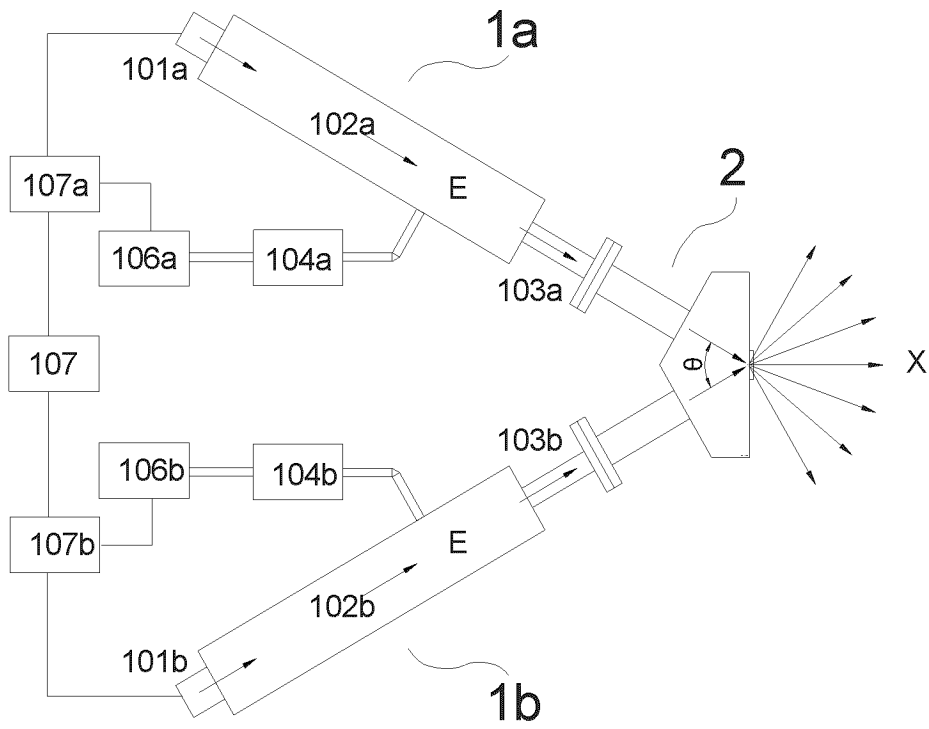


图 8

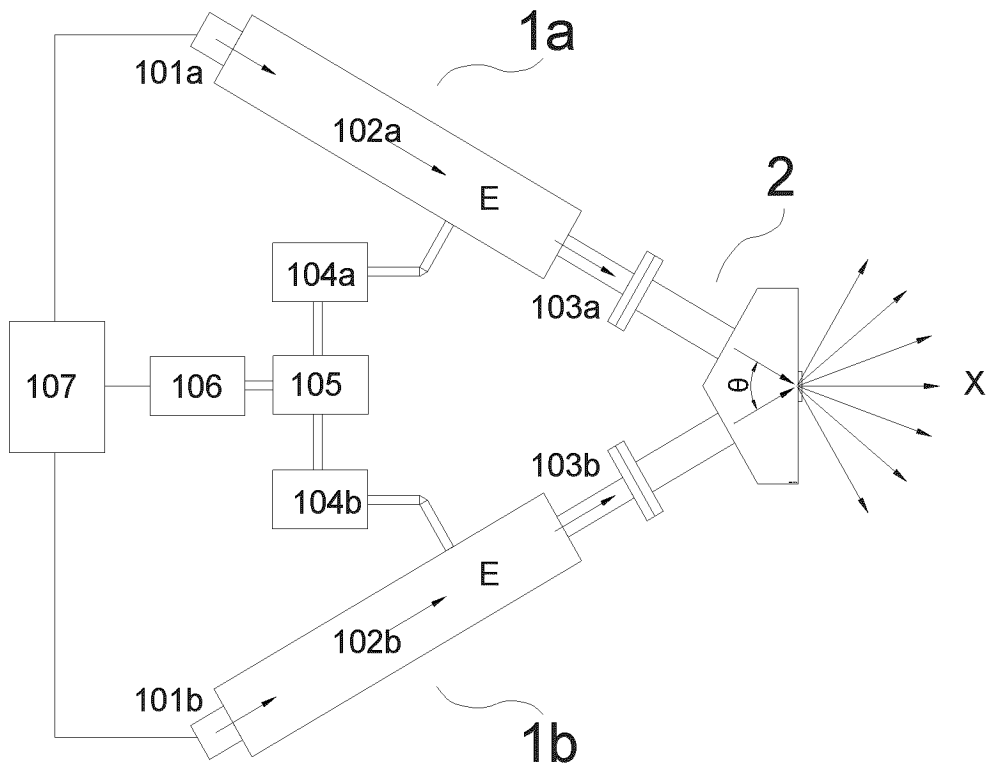


图 9

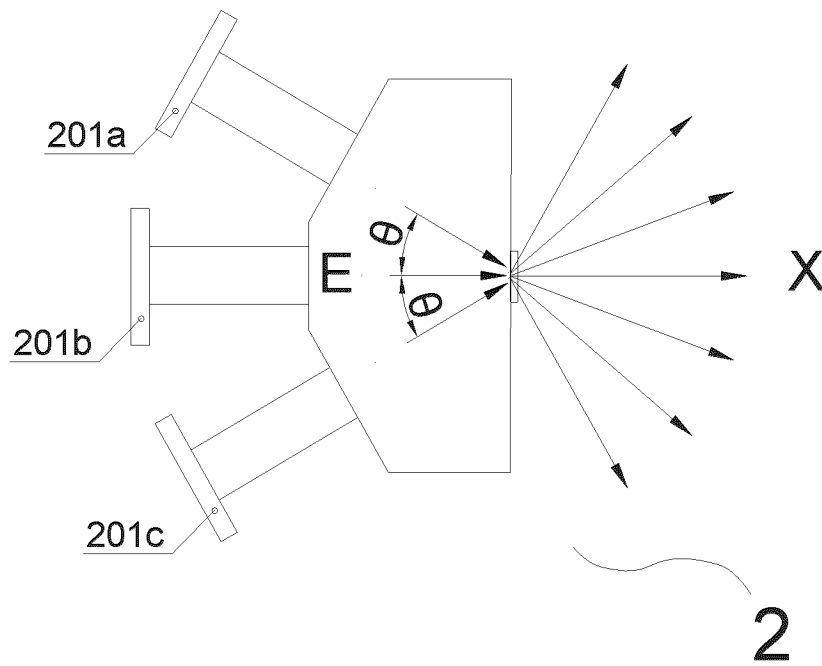


图 10