

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

A61N 5/10

H01J 35/06

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99816178.0

[43] 公开日 2002 年 2 月 6 日

[11] 公开号 CN 1334748A

[22] 申请日 1999.11.30 [21] 申请号 99816178.0

[30] 优先权

[32] 1998.12.14 [33] US [31] 09/211,144

[86] 国际申请 PCT/US99/28259 1999.11.30

[87] 国际公布 WO00/35535 英 2000.6.22

[85] 进入国家阶段日期 2001.8.14

[71] 申请人 光电子有限公司

地址 美国马里兰州

[72] 发明人 M·丁斯默雷

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

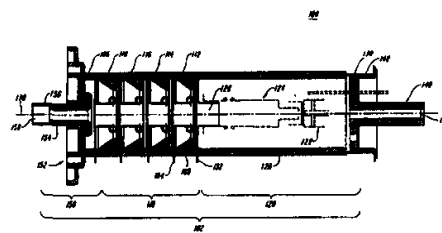
代理人 陈 霁 张志醒

权利要求书 5 页 说明书 10 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 电子束多级加速器驱动的探针装置

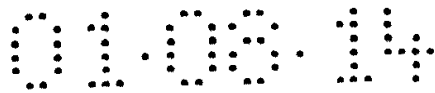
[57] 摘要

在 X 射线治疗系统中使用的一种组合式多级加速器 (102) 包括用来 容纳施加 -50kV 电压的一个电子束枪的第一 10kV 加速级 (150)。组合 式多级加速器还包括与第一级串联放置的四个附加 10KV 级 (112, 114, 116, 118), 整体上获得一个 50KV 加速器。每一级都设有屏蔽 (190), 以防杂散电子沿着漂移管的长度扩散。每一组合级内部的三 重点是凹进的, 以明显减少每一级内部发射的杂散电子。另外, 通过在 电路连接中用一个清空节点将电子束电流与电子束电流测量电路 (200) 隔离来测量 X 射线源的 X 射线发射探针的电子束电流, 在这一清空节点 上清空电路内的其他电流, 并且让电子束电流流到电子束电流测量电 路。



知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

1. 在 X 射线源的电子束源中使用的一种组合式多级电子束加速器, X 射线源包括用来产生并沿着一条中心轴线引导电子束的电子束源和一个从电子束源沿着上述中心轴线延伸的 X 射线发射探针, 这一组合式多级加速器包括:

A. 延长的加速器第一级, 它包括:

i. 围绕着上述中心轴线形成的一个绝缘的第一级外壳, 并且在上述第一级外壳内部限定了一个中心空旷区域;

ii. 延长的第一级外壳的一个闭合并绝缘的第一端;

10 iii. 上述第一级外壳上与第一端相对并且比第一端更加靠近 X 射线发射探针的第二端, 在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口, 并且有一个第一级阳极固定在上述开口上; 以及

iv. 一个电子枪, 它包括设在第一级外壳内的电子枪阴极, 将电子枪发射的电子沿着中心轴线引向上述第二端;

15 B. 用电路连接到上述电子枪阴极的电子枪电源, 电子枪响应由上述电子枪电源提供给上述电子枪阴极的电压而发射电子; 以及

C. 用电路连接到第一级阳极的第一级电源, 向第一级阳极提供正的第一级加速器电压, 使电子枪沿着上述中心轴线发射的电子沿着上述中心轴线朝第二端加速。

20 2. 按照权利要求 1 的组合式多级电子束加速器, 其特征是由电子枪电源提供给电子枪阴极的电压是 -50KV。

3. 按照权利要求 1 的组合式多级电子束加速器, 其特征是由第一级电源提供给第一级阳极的正电压相对于电子枪阴极是 10KV。

25 4. 按照权利要求 1 的组合式多级电子束加速器, 其特征是进一步包括:

D. 第二加速级, 它包括:

i. 围绕着上述中心轴线形成的绝缘的第二级外壳, 并且在上述第二级外壳内部限定了一个中心空旷区域;

30 ii. 由上述第二级外壳限定的第三端, 真空密封并且用电路连接到第一级的第二端上, 在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口, 其中的第三端和第二端维持在相同的电压, 并且将第一级的阳极用做第二级的阴极;

iii. 由上述外壳限定的与上述第三端相对的第四端, 在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口, 并且有一个第二级阳极固定在上述开口上;

iv. 用电路连接到第二级阳极的第二级电源, 用提供给第二级阳极的正的第二级加速器电压使从第一加速级沿着中心轴线传播的电子沿着上述中心轴线朝着第四端加速。

5. 按照权利要求4的组合式多级电子束加速器, 其特征是由第二级电源提供给第二级阳极的正电压相对于第二级阴极是10KV。

6. 按照权利要求4的组合式多级电子束加速器, 其特征是绝缘的第二级外壳包括:

一个环形绝缘体, 在绝缘体的第三端靠近与第一级的第二端真空密封处形成一个凹槽, 将从第二级阳极, 第二加速级的中心空旷区域及绝缘体的接合点上发射的电子诱捕进上述凹槽。

7. 按照权利要求6的组合式多级电子束加速器, 其特征是第二级绝缘体的一个内表面限定了围绕着中心轴线大致呈圆锥形的第二级中心空旷区域, 圆锥形第二级中心空旷区域的基础靠近第二级阳极。

8. 按照权利要求6的组合式多级电子束加速器, 其特征在于绝缘体由陶瓷材料制成。

9. 按照权利要求6的组合式多级电子束加速器, 其特征是第二级阳极包括:

A. 一个扁平的阳极环, 它限定了一个围绕中心轴线的环形开口; 以及

B. 围绕着中心轴线设置的一个阳极圆筒, 其直径大致与环形开口的直径相同, 圆筒在上述阳极圆筒的第一端和上述阳极环构成整体, 而上述阳极圆筒的第二端在径向上背离中心轴线弯曲。

10. 按照权利要求4的组合式多级电子束加速器, 其特征是进一步包括:

E. 第三加速级, 它包括:

i. 围绕着上述中心轴线形成的绝缘的第三级外壳, 并且在上述第三级外壳内部限定了一个中心空旷区域;

ii. 由上述外壳限定的第五端, 真空密封并且用电路连接到第二级的第四端上, 在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口, 其中的第五

端和第四端维持在相同的电压,并且将第二级的阳极用做第三级的阴极;

5 iii. 由上述外壳限定的与上述第五端相对的第六端,在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口,并且有一个第三级阳极固定在上述开口上;

iv. 用电路连接到第三级阳极的第三级电源,用提供给第三级阳极的正的第三级加速器电压使从第二加速级沿着中心轴线传播的电子沿着上述中心轴线朝着第六端加速。

10 11. 按照权利要求10的组合式多级电子束加速器,其特征是由第三级电源提供给第三级阳极的正电压相对于第三级阴极是10KV。

12. 按照权利要求10的组合式多级电子束加速器,其特征是进一步包括:

F. 第四加速级,它包括:

15 i. 围绕着上述中心轴线形成的绝缘的第四级外壳,并且在上述第四级外壳内部限定了一个中心空旷区域;

ii. 由上述外壳限定的第七端,真空密封并且用电路连接到第三级的第六端上,在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口,其中的第七端和第六端维持在相同的电压,并且将第三级的阳极用做第四级的阴极;

20 iii. 由上述外壳限定的与上述第七端相对的第八端,在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口,并且有一个第四级阳极固定在上述开口上;

25 iv. 用电路连接到第四级阳极的第四级电源,用提供给第四级阳极的正的第四级加速器电压使从第三加速级沿着中心轴线传播的电子沿着上述中心轴线朝着第八端加速。

13. 按照权利要求12的组合式多级电子束加速器,其特征是由第四级电源提供给第四级阳极的正电压相对于第四级阴极是10KV。

14. 按照权利要求12的组合式多级电子束加速器,其特征是进一步包括:

30 G. 第五加速级,它包括:

i. 围绕着上述中心轴线形成的绝缘的第五级外壳,并且在上述第五级外壳内部限定了一个中心空旷区域;

ii. 由上述外壳限定的第九端, 真空密封并且用电路连接到第四级的第八端上, 在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口, 其中的第九端和第八端维持在相同的电压, 并且将第四级的阳极用做第五级的阴极;

5 iii. 由上述第五级外壳限定的与上述第九端相对的第十端, 在这一端上围绕着上述中心轴线有一个开口, 并且有一个第五级阳极固定在上述开口上;

iv. 用电路连接到第五级阳极的第五级电源, 用提供给第五级阳极的正的第五级加速器电压使从第四加速级沿着中心轴线传播的电子沿着上述中心轴线朝着第十端加速.

10 15. 按照权利要求14的组合式多级电子束加速器, 其特征是由第五级电源提供给第五级阳极的正电压相对于第五级阴极是10KV.

16. 按照权利要求14的组合式多级电子束加速器, 其特征是进一步包括:

15 H. 一个环形绝缘探针接口, 它包括:

i. 围绕着中心轴线形成的一个探针接口外壳, 并且在上述探针接口外壳内限定了一个中心空旷区域;

ii. 由上述探针接口外壳限定的第十一段, 真空密封在第五级的第十端上, 并且在其内围绕着上述中心轴线形成一个开口; 以及

20 iii. 由上述探针接口外壳限定的与第十一段相对的第十二端, 它具有围绕着上述中心轴线被限定的一个开口, 以及固定在其上的一个电子束电流测量电路, 上述X射线发射探针被固定在上述探针接口的上述第十二端上.

17. 一种X射线发生系统包括:

25 A. 电子束发生器用来产生一个电子束, 并且使电子束沿着一条中心轴线通过加速器到达上述轴线上的X射线发射靶子和上述电子束源的末端, 其中的加速器包括沿着上述中心轴线从靠近电子枪的一点延伸到电子枪末端的一点上的多个加速级;

B. 一个网络, 用来产生代表上述电子束电流的信号, 该网络包括:

30 i. 电子束电流测量网络, 它的输入节点连接到倍压器的输入节点, 而输出节点连接到地电位;

ii. 一个倍压器, 它具有串联连接的多个倍压器级, 并且有一个输

入节点和一个输出节点, 其中的输出节点耦合到上述电子枪;

iii. 一个电压监视器网络, 它具有一个输入节点和一个输出节点, 其中的输入节点耦合到倍压器的输入节点, 而输出节点耦合到倍压器的输出节点;

5 iv. 一个耦合器, 将上述靶子耦合到上述地电位; 以及

v. 多个倍压器接头, 来自多个倍压器级当中处在电子枪最末端的加速级被耦合到倍压器的输入节点, 而剩下的各个中间加速级被耦合到多个倍压器级当中对应的一个中间倍压器级。

10 18. 按照权利要求 17 的 X 射线发生系统, 其特征是处在电子枪最末端的加速级大致处在地电位。

说明书

电子束多级加速器驱动的探针装置

发明背景

5 本发明涉及到一种小型可编程 X 射线治疗系统，它具有一个电子束源和一个 X 射线发射探针，用于向一个规定区域输送基本上恒定或是间歇级的 X 射线，并且特别涉及到 X 射线治疗系统的电子束发生部件。

在医学领域中将辐射用于对病人的诊断，治疗和缓解性治疗。用于这些治疗的常规医学辐射源包括大型的固定位置机器乃至小型便携式辐射发生探针。X 射线治疗系统的现有技术状态是利用计算机为处理复
10 杂的几何体积产生复杂的治疗方案。

这些系统的典型作用是通过施加辐射来阻止新组织的生长，因为辐射对非生长性组织中的分裂细胞的作用比对成熟细胞的作用要大。可以用辐射治疗在切除肿瘤的位置上的癌组织的再生长，以防肿瘤复
15 发。或者是可以对人体的其他区域施加辐射，阻止组织生长，例如是阻止眼睛内侧会造成斑点恶化的新血管的生长。

在授予 Nomikos 等人并且由本发明的受让人所拥有的美国专利 US5, 153, 900 (“’900 号专利”) 中就描述了用于这种用途的一种 X 射线治疗系统，可供本文参考。’900 号专利中描述的系统在靠近或是被照
20 射体积的内部使用一种点辐射源。这种治疗方式被称为短程治疗。短程治疗的一个优点在于施加的辐射主要是用于治疗预定的组织体积，对邻近体积内的组织没有明显的影响。

如图 1 所示，短程治疗 X 射线治疗系统包括一个 X 射线源 10，它主要包括一个电子束 (“e-beam”) 源 12 和一个小型插入式探针组件 14，
25 它能够在一个预定位置周围按预定剂量几何形状或是轮廓产生低功率辐射。探针组件 14 包括用来提供刚性表面的一个肩部 16，通过它可以将 X 射线源 10 固定到另一个元件上，例如是用于治疗脑瘤的一个定向框架。探针组件 14 还包括刚性固定在肩部 16 上的一个 X 射线放射管 18 或是“探针”。典型的此类探针大约有 10-16cm 长，内径大约是 2mm，
30 而外径大约是 3mm。

典型的短程辐射治疗包含将插入式探针 18 定位在肿瘤内或是肿瘤的位置或者是已经消除肿瘤的部位，用“局部增强”的辐射治疗邻近这

一位置的组织。为了便于控制在这一位置上的治疗,在治疗中需要将这一组织部位支撑在与辐射源相距预定的距离。或者是,如果这种治疗中包括治疗表面组织或一个器官的表面,就需要控制表面的形状和施加到这一表面上的辐射场的形状。

5 如图 2 所示,现有技术中一个典型的电子束源 12 包括单个 50KV 漂移管加速级或加速器 20。加速器 20 包括一个由陶瓷部位 24 和金属部位 26 构成的圆筒体 22。加速器 20 容纳的电子枪组件包括用来产生电子的针 30 和用来沿着贯穿金属管 38、管开口 36、探针接口 40 和探针 18(未示出)的这一系统的中心轴线 42 引导电子枪 32。金属部位 26
10 包括一个导电的环形端 28,它包括 Node X。在操作中,Node X 上的理想电压是 0V,而 Node Y 上的理想电压是-50KV(接近电子枪处),这样就能为电子束提供一个加速电场。

在操作中,从探针 18 的末端将电子束指向一个靶子。电子束沿着轴线 42 产生一个电流。沿着金属探针 18 的回流路径在环 28 处将探针
15 的末端耦合到 Node X。出现在 Node X 上的理想电流是电子束电流(I_b),测量这一电流并且将测量的读数传送给一个辐射控制器(未示出)。辐射控制器调节提供给电子枪 32 的功率,从而调节电流,并且最终在探针 18 的端部获得理想的输出辐射电平。作为系统的一种测试和加强手段,在 Node X 和 Y 之间施加 75KV 的电压;这被称为“过电压”系统。

20 典型 X 射线源 10 的单级 50KV 加速器 20 的结果是这样的,在操作中会从针 30 上泄漏杂散电子并且沿着陶瓷壁 24 和金属壁 26 发生“雪崩”,如图中箭头 44 所示。这些杂散电子主要是从“三重点” 34 上发射的,也就是负电极 30,加速器内部的真空和绝缘体 24 的会合点。最后,杂散电子会在端部 28 处撞击加速器 20 的端部。如果电压很高,例如达
25 到 75KV 测试电压和 50KV 操作电压,入射到金属端 28 的电子就会具有发射 X 射线所需的足够能量,产生不受屏蔽的 X 射线,可能带来危险。另外,在使用施加到单级加速器上的 75KV 级测试电压时还需要避免诸如电弧等高电压危害的风险。入射到金属 28 上的杂散电子也会造成与性能有关的问题。杂散电子会在 Node X 上造成伴随电子束电流的“漏
30 电流”。这一杂散电流与电子束电流组合造成电子束电流测量的误差,并且会导致辐射控制器校准输出辐射。这样,辐射控制器就会错误地调节供给电子枪 32 的功率,改变电子束电流,并且改变从探针 18 发出辐

射的特性。系统的操作安全性和高电压下正常工作的能力会受到“高电压平衡”能力的影响。

本发明的一个目的是提供一种具有改进的高电压平衡能力的 X 射线源。

- 5 本发明的另一个目的是提供一种具有改进的高电压平衡能力的电子束加速器。

本发明的再一个目的是提供一种组合式电子束加速器，在它的加速器级上需要较低的电压应力，可用于测试目的和缩小等效系统的整体尺寸。

- 10 本发明的又一个目的是提供一种具有改进的辐射精度的 X 射线源，在精确测量电子束电流的基础上实现改进的 X 射线源校准。

发明概述

- 本发明的组合式多级加速器就可以实现这些和其他目的。加速器包括的第一级可容纳用来产生电子束的电子枪。加速器第一级的形状是围绕着包括系统的一个 X 射线发射探针在内的系统公共中心轴线的
15 一个圆筒。圆筒形第一级的一端有一个形成真空密封的镀铜的头。在第一级圆筒的另一端可以加装多个组合式加速级。在最佳实施例中，第一级以及沿着轴线定位的后续的各个组合级用每一级上的 10KV 电位差加速电子。用铜将第二 10KV 组合级焊接在第一级上，其结果是总体上
20 获得一个 20KV 加速器。与此类似地依次加上第三，第四和第五 10KV 组合级，总体上获得一个 50KV 加速器。10KV 级的独特设计在级与级之间实现屏蔽，因而比以往的系统具有更好的高电压平衡性能。大致成环形地围绕中心轴线的的一个基础段将最后加速级与用于治疗 X 射线发射探针对接。

- 25 按照这一最佳形式，第二，第三，第四和第五加速级基本上相同。这些组合级各自包括一个电极(阳极)和介质绝缘体，用于为后续级屏蔽杂散电子并且耗散杂散电子所产生的电流。每一级的三重点凹进介质中形成的一个空腔。在从这一三重点发射电子时，电子被介质收集在空腔中，并且最终产生一个电场，防止从三重点上进一步发射电子。从空腔中逃脱的电子进入介质和电极的一个突起之间的区域。然后，由于绝缘体的圆锥形状和阳极的位置，电子会直接传播到阳极。这样就能防止
30 雪崩和随之的电弧放电。另外，由于每一级的屏蔽和绝缘特性，电子不

容易传播到后续加速级。

为了监视 X 射线系统的输出辐射，需要测量输送到探针的电子束的电子束电流，这就需要隔离 X 射线源电路内部的电子束电流。按照一种最佳形式，电路中的每个加速级用电路连接到一个 10-级倍压器的一部分，由倍压器为加速级提供电压，每一个加速级有两个专用的倍压器级。这些电连接在加速级的阴极各自为漏电流提供一条反馈回到倍压器的路径。除了末级之外的所有漏电流都被包含在倍压器之内。来自末级的漏电流传播通过倍压器，脱离倍压器，并且流入一个“零位连接点”。另外，用一个电压监视器电路测量电源的输出电压，并且用电路路径到零位连接点。电压监视器具有高阻抗，因而从零位连接点吸取一个小电流，并且将其反馈给倍压器。倍压器接着将监视器电流反馈给零位连接点。最后，电子束电流测量电路也用电路连接到零位连接点并且与探针连接。第一级的电子枪阴极上的电子束电流流过倍压器进入零位连接点。结果，进入零位连接点的有电子束，监视器和泄漏的电流。这些电流通过不同路径离开零位连接点，仅有电子束电流流到电子束电流测量电路。

通过以下结合附图的说明可以更加充分地理解本发明的上述及其他目的，本发明的各种特征，以及本发明本身，在附图中：

图 1 的示意图表示按照现有技术的一种 X 射线治疗系统 X 射线源；
图 2 是一个截面示意图，表示在图 1 的现有技术系统中使用的单级加速器；

图 3 是一个截面示意图，表示本发明的多级加速器；

图 4 是一个截面示意图，表示图 3 中的组合式加速级；以及

图 5 是按照本发明的 X 射线源电路的局部示意图，用来隔离提供给电子束电流测量电路的电子束电流。

最佳实施例的详细说明

本发明是一种多级组合式电子加速器，它包括一个 X 射线源系统的 X 射线源的零件。按照最佳实施例，这一加速器包括围绕着一个中心轴线采取串联连接方式的五个组合式 10KV 加速级，构成一个 50KV 加速器。在其他实施例中可以采取其他尺寸的电压级来实现不同的总体加速。

在本实施例中，加速器通过将本级内部的杂散电子与其发射的电

子隔离并且清空来自各加速级的任何漏电流而获得高电压平衡,从而精确地测量电子束电流。可以用 20KV 的过电压测量每个 10KV 级,如果与现有技术中使用 75KV 的单级 50KV 加速器的过电压相比,引起杂散 X 射线辐射或其他高电压危害的风险比较小。得益于组合式设计的屏蔽特性,总体 50KV 组合式加速器可以安全地使用 75KV 过电压。

参见图 3,它表示一种 X 射线治疗的 X 射线源 100 的截面图。X 射线源 100 包括一个加速器 102 和头 104。加速器 102 包括第一加速级 120 和统一用标号 110 表示的多个后续的组合式加速级,它们围绕着共同的中心轴线 170 构成一个圆筒形加速器。加速器 102 总体上大致成圆筒形,其一端具有和一个圆头组件 140 的接口,而另一端有一个基础段 150 用做与一个圆筒形靶子管或“探针”(未示出)的接口。值得注意的是,在加速器需要有容纳电子枪的第一级 120 的同时,还可以任选附加的组合级 112,114,116 和 118。有关使用级数的决定取决于各种因素,最主要的因素可能是需要由探针提供的辐射的理想强度,它是施加在所有各级加速器上的总加速电压的一个函数。

在最佳实施例中,加速器 102 的第一级 120 包括一个陶瓷圆筒主体 128,在主体 128 的内部容纳一个电子枪 124 和相应的电子枪阴极 122。陶瓷主体 128 具有良好的绝缘特性,能减少电子从主体 128 的内部区域逃脱的趋势。在圆筒形主体 128 的一端包括一个圆形主体眼孔 130,用来配合头 140 上类似尺寸和形状的圆形眼孔 142。主体眼孔 130 的内径例如是 0.090 英寸,大于头眼孔 142 的外径。头眼孔 142 嵌套并且用铜焊接在主体眼孔 130 内侧,在头 140 和加速器 102 的第一级 120 之间形成真空密封。真空密封能够在加速器的内部区域获得一种受控制的环境,使系统强度达到预期的性能。在最佳实施例中,主体眼孔 130 和头眼孔 142 是用 Kovar 制成的,这种材料的热膨胀性质与陶瓷绝缘体接近,并且可以用铜焊接到一起形成可靠的真空密封。

在圆筒形主体 128 的另一端设有对电子枪 124 和第二加速级 112 的接口。第一级 120 的末端是连接在第二加速级 112 上的一个高磁导率材料例如 Mu 金属构成的环形电极 132,用它盖住圆筒形主体 128 的端部。环形电极 132 的侧面在第一级 120 的内部区域以外,用做与第二加速级 112 的接口。第二加速级 112 是圆筒形的,并且具有与第一级 120 基本上相同的圆周。用铜将第二级 112 的圆周长焊接在环形电极 132

的圆周长上,从而将两级固定在一起形成真空密封。环形电极 132 对第一加速级 120 起到阳极的作用,而对第二加速级 112 起到阴极的作用。一个开槽管 126 从扁平的盘状电极 132 上垂直伸出并且围绕着中心轴线 170 进入第一级 120 的内部区域。开槽管 126 与电子枪 124 的一个发射端的内径形成弹性配合,滑入枪的这一端并且使枪在轴向上相对于加速器 102 和中心轴线 170 固定对准。

在最佳实施例中,电子枪 124 是 Clinton Electronics of Loves Park, Illinois 出产的 Model 2-070 民用电子枪。电子枪 124 的适用型号能够与超过标准的阴极和一个反转双螺旋加热器线圈配套。如果 50KV 加速电压操作这种电子枪,加热器的电压是 3V,电流是 510mA,而电子枪的栅极截止电压 $< -50V$,在 40 微安电流时是 -10 到 $-18V$ 。电子枪的第一阳极(未示出)在操作中大致处在 $300V$,而第二阳极大致处在 $10KV$ 。在这样的状态下可获得 $2900 \pm 250V$ 的聚焦电压,这样就能获得一个大功率精确直径的电子枪。电子枪 124 的设计工作电压可高达 $14KV$,因此,第一级 120 所需的 $10KV$ 工作电压是处在这一型号的使用限制之内。

由与中心轴线 170 同轴的四个相同的组合式圆筒形加速级 112, 114, 116 和 118 构成多重组合式加速级 110。每一级包括设在中心轴线 170 周围的一个环形锥体的绝缘体和一个环形电极。在最佳实施例中,绝缘体是用陶瓷材料制成的,而电极是用例如 Mu 金属等高磁导率合金制成的。每一级的接收端由最接近电子枪 124 的圆筒形台阶端部的圆形开口来确定,并且具有与前一级的 Mu 金属接口。每一级的发射端由最远离电子枪的圆筒形台阶端部的一个开口来确定,并且用环形电极作为与下一级的接口。每一级的环形电极包括一个与中心轴线 170 同轴的圆筒形 Mu 金属段,它与中心轴线 170 平行地从环形电极的扁平面上垂直伸出并且指向电子枪 124。作为将各级装配到一起的一个例子,第二级 112 包括一个环形锥体的铝绝缘体 108,用铜将其焊接在第一级 120 的环形电极 132 上。用铜将第二级 112 的电极 104 焊接在第三级 114 的绝缘体上。依次用铜将各级焊接到一起,在加速器 102 内部维持一种真空密封。各级之间交替的陶瓷/金属/陶瓷接口构成坚固平衡的密封。在平衡密封的条件下,铜焊接点两侧的热应力是平衡的,这种情况大大有益于减少接合点上残余的剪切应力。各个圆筒形突起围绕着

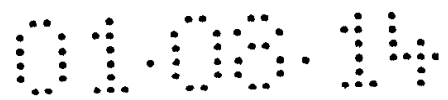
中心轴线 170 共同限定了一个管, 电子枪 124 沿着这个管投射电子束。

每个组合式加速级为前面各级的总和加上 10KV 电压。也就是说, 从一个 X 射线源电源为第一级 120 内部的电子枪阴极 122 提供 50KV。10KV 电压被输送给电极 132, 将第一级的阳极置于-40KV。阴极 122 和
5 阳极 132 之间的 10KV 电位差使电子枪 124 发射的(带负电的)电子朝着(相对带很高正电的)电极加速。由于各级是用铜焊接在一起形成平衡密封的, 第一级 120 和第二级 112 之间的接口基本上处在相同的电位-40KV。也就是说, 第一加速级 120 的阳极 132 和第二加速级 112 的阴极处在相同的电位。第二级 112 将电位提高 10KV, 这样就时第二级 104
10 的阳极处在-30KV, 使发射的电子从第一级 120 通过第二级 112 沿着中心轴线 170 继续加速。因此, 如果在第一级 120 上加上四级 112, 114, 116, 118, 在整个加速器上就能获得总共 50KV 的正电压。依此类推, 第五和末级的阳极处在 0V。

X 射线源的基础部件 150 作为加速器末级 118 和 X 射线治疗系统的一个靶子管(未示出)之间的接口。基础部件 150 包括一个圆形的基础
15 件 152 和一个 Mu 金属管 154, 二者均与中心轴线 170 同轴。用铜将 Mu 金属管 154 焊接在基础件 152 上。固定在基础件 152 内部的 Mu 金属管 154 延伸通过基础件 152 并且围绕着中心轴线 170 从加速器末级 118 上垂直伸出。基础件 152 是用例如 Kovar 等陶瓷密封合金制成的, 可以
20 用铜焊接在陶瓷垫片 106 上, 在基础段 150 和这一级 118 之间形成真空密封。Mu 金属管 154 在最后加速级上的末端形成一个法兰 156, 由它确定一个靶子管开口 158。将靶子管或是探针固定在靶子管开口 158 内并且用铜焊接到法兰 156 上形成磁屏蔽的铜焊密封。

用一个短陶瓷垫片 106 将末级 118 的电极与盘形基础件 152 分
25 开。环形的陶瓷垫片 106 的直径从中心轴线 170 起大致等于第五和加速器末级 118 的直径。用一个电子束电流测量电路从基础件 152 处测量电子束电流(I_b)并且最终反馈给 X 射线治疗系统内部的一个辐射控制器。通过测量电子束电流可以监视 X 射线发射探针的输出辐射。由于陶瓷垫片 106 将加速器末级 118 的阳极与基础件 152 隔离, 能够改善
30 在基础件 152 处测量电子束电流的精度。

参见图 4, 它表示图 3 中组合式加速级的一个局部截面图。电极 180 和绝缘体 190 的这种特殊构造能够加强每个组合式加速级之间的屏蔽,



减少某一加速级内部和整个加速器内部的高电压击穿。这样就能实现加速器 102 的高电压平衡。从这一点来看, 介质 190 的性质特别重要。例如, 三重点 192 也就是级 112 的阳极 104, 真空以及级 114 的介质绝缘体 190 的会合点是凹进空腔 194 内的。因为介质绝缘体 190 相对于阳极 104 处在正电位, 三重点 192 上的电子会不可避免地吸附在高电位的介质 190 上。然而, 介质 190 上局部形成空腔 194 的平面会收集这些杂散电子。因此, 由于介质 190 不是一个平直的壁, 电子不会发生雪崩, 并且容易传播到下一个电极 180。反之, 当介质 190 的平面上收集到足够的电子时, 空腔 194 中的空间电荷就会在三重点 192 附近降低空腔 194 内部的电场。最终会消除空腔 194 和电极 104 之间的电位差, 停止从三重点 192 上发射电子。这样就能大大减少从三重点 192 上的泄漏。

倒圆锥形的介质 190 能够消除偶尔逃离空腔 194 或是从电极 104 上发射的电子造成二次发射和击穿效应的可能性。无论在哪一种情况下都能抓住杂散电子并且将其诱捕到介质 190 和电极 180 之间的一个空旷区域 188 内。电极(阳极)180 可作为加速级之间的物理屏障, 将杂散电子吸附在电极 180 上。在电极 180 的突起顶部形成的环 186 和电极的半径一同用来减少阴极 104 和阳极 180 之间的间隙中的电压应力。下一级的绝缘材料也就是介质可以防止电子从电极 180 上泄漏到下一层。正如本文所述, 由电极 180 内的杂散电子产生的电流流入 X 射线源电路并且在那里被清空。这样就能在组合式加速级之间实现有效的屏蔽。

多级加速器还具有其他的优点。研究的结果显示, 在真空中, 越过一个绝缘体的电压击穿大致与绝缘体高度的平方根成正比。因此, 高度比较小的多级屏蔽绝缘体能够用较短的部件获得同等的电压平衡能力。每一级的电压从 50KV 逐级 10KV 地分五级逐渐减小, 每一级的直径也可以逐渐缩小, 这样就能缩小加速器圆筒的总体积。这样有助于制造小型 X 射线源, 减少整个系统的重量和体积。

为测试 50KV 调制器加速器所需的每一级电压应力比较小。因为每一级都是 10KV 级, 与单个 50KV 级的加速器相比, 可以用 20KV 电压(也就是过电压)来测试每一级, 而不是用 75KV 过电压测试一个 50KV 单级加速器。使用 20KV 过电压代替 75KV 过电压能够大大减少高电压危害的风险。例如, 在测试过程中, X 射线治疗系统的危险会由于杂散电子造

成不应有并且有害的 X 射线辐射, 而使用 20KV 过电压要比使用 75KV 过电压的危险性小得多。另外, 采用 20KV 而不是 75KV 测试电压还能够大大减少飞弧的风险。再有, 如果用 75KV 过电压测试整个多级调制器加速器, 加速级之间的屏蔽能够保证杂散电子不会被 75KV 沿着整个加速器加速, 从而也就基本上消除了有害的过多 X 射线辐射的风险。

图 5 表示本发明的 X 射线源的一个电路图 200。用一个在 Node B 处用电路连接到电子枪阴极 122 上的 10 级倍压器 204 为装在加速器 102 的第一级 120 内的电子枪 124 的阴极 122 提供 -50KV 电压, 由一个电源 202 为倍压器 204 供电。接着, 电流通过 Node B 从电子枪的阴极 122 返回到 10 级倍压器 204。这就是用来形成电子束的电流, 用电子束电流 (I_B) 来表示。如图 5 所示, 10 级倍压器中单独的 2 级用电路连接, 并且为五个加速级 (A1-A5) 各自提供电压。也就是说, 倍压器级 M1 和 M2 为第一加速级 (A1) 的阴极提供 10KV 电位, 倍压器级 M3 和 M4 为第二加速级 (A2) 的阴极提供 10KV 电位, 依此类推。一直持续到第五加速级 (A5) 的阳极上的电压是 0 伏, 正如以下的加速器公式所表示的:

$$0V = -50KV + 10KV(A1) + 10KV(A2) + 10KV(A3) + 10KV(A4) + 10KV(A5)$$

另外, 一个倍压器级与其对应的加速器级之间的电连接为任何漏电流提供了一个路径, 用来消散这一加速级内部的漏电流, 使其回到倍压器中。来自级 A5 的漏电流 I_L 从倍压器流入清空节点 Node A。

电路 200 可以用电压监视器电路 210 测量电源 202 的电压输出。在本实施例中, 监视器电路 210 的电阻选用很高的阻抗, 因此, 监视器 210 吸取的电流很小, 这样能减少电子束电流的测量误差。例如, 在最佳实施例中, R11 和 R21 各自为 1 兆欧姆, 而 R12 和 R22 各自为 10 吉欧姆。监视器电路电流 I_v 是从清空节点 Node A 上吸取的, 并且通过监视器电路 200 从 Node B 进入 10 级倍压器。监视器电路电流传过 10 级倍压器回到 Node A。如图中所示, 监视器电路 210 具有相同的并联腿, 第一腿包含串联的 R11 和 R12, 第二腿包含串联的 R21 和 R22。第二腿作为第一腿的备用, 在精简的设计中可以省略第二腿。

X 射线源电路 200 还包括一个电子束电流测量电路 220。如前述的图 3 中所示, 可以从用电路连接到探针 18 的基础电极 160 上读出电子束电流。电子束电流从 Node A 起流经电子束电流测量电路 220 进入基础电极 160 和探针 18。正如本领域的技术人员所熟知的那样, 实际上是

来自基础电极 160 的电子流到电子束电流测量电路 220, 而电路测量的是探针 18 上的电流而不是电子枪阴极 122 上的电流. 在电阻 R 上测量电流, 在本实施例中这是电子束电流电路中的一个 10K 欧姆电阻. X 射线电路 200 的构造能够将电子束电流 I_B 与电路中诸如 I_L 和 I_M 的其他电
5 流隔离. 清空节点 Node A 上的电流公式显示出电子束电流测量电路 200 中的电子束电流是隔离的, 公式如下:

$$(\text{进入电路 200 的}) I_B = I_B + I_L + I_M (\text{来自倍压器的}) - I_L - I_M$$

这样, X 射线源电路就能精确地测量电子束电流.

在不脱离本发明的原理和中心思想的条件下, 本发明还有其他的
10 具体体现方式. 以上的实施例从各方面来说都是为了说明而决非限制, 本发明的范围是由附带的权利要求书而不是说明书来限定的, 因此, 属于权利要求书的意思和等效范围之内内的所有变更都落在本发明的范围内.

说明书附图

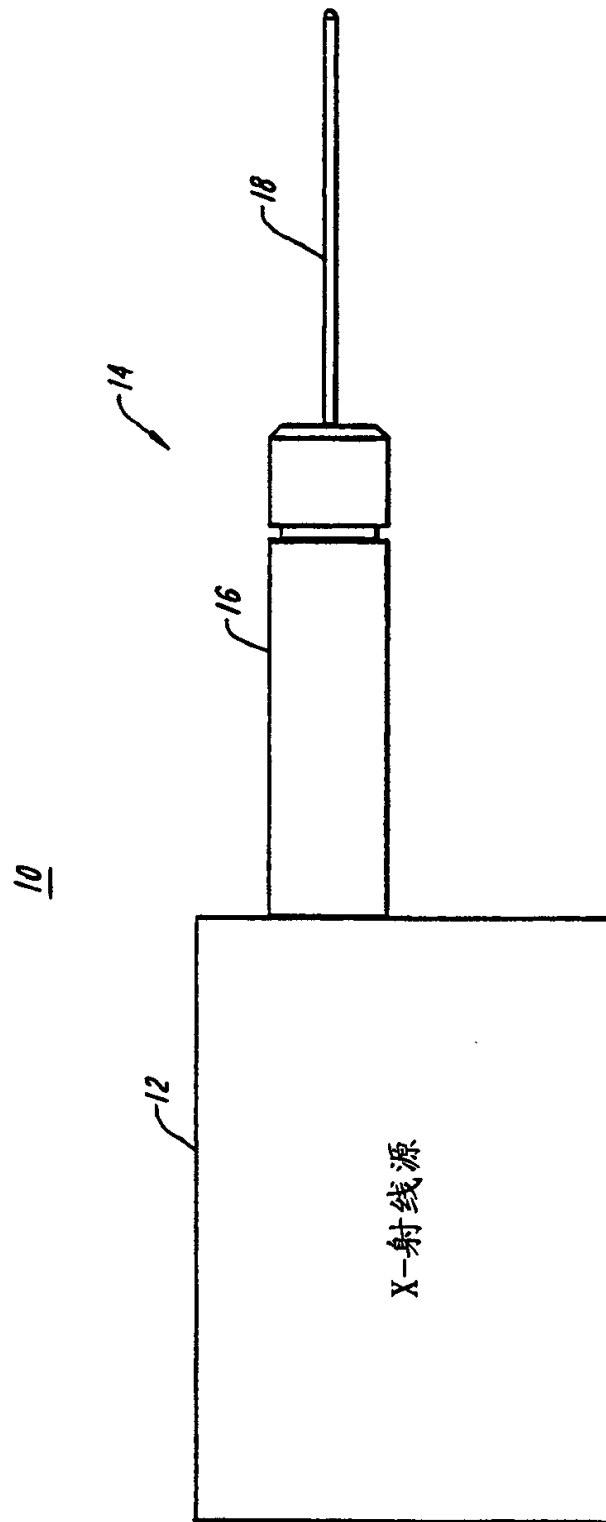


图 1
(现有技术)

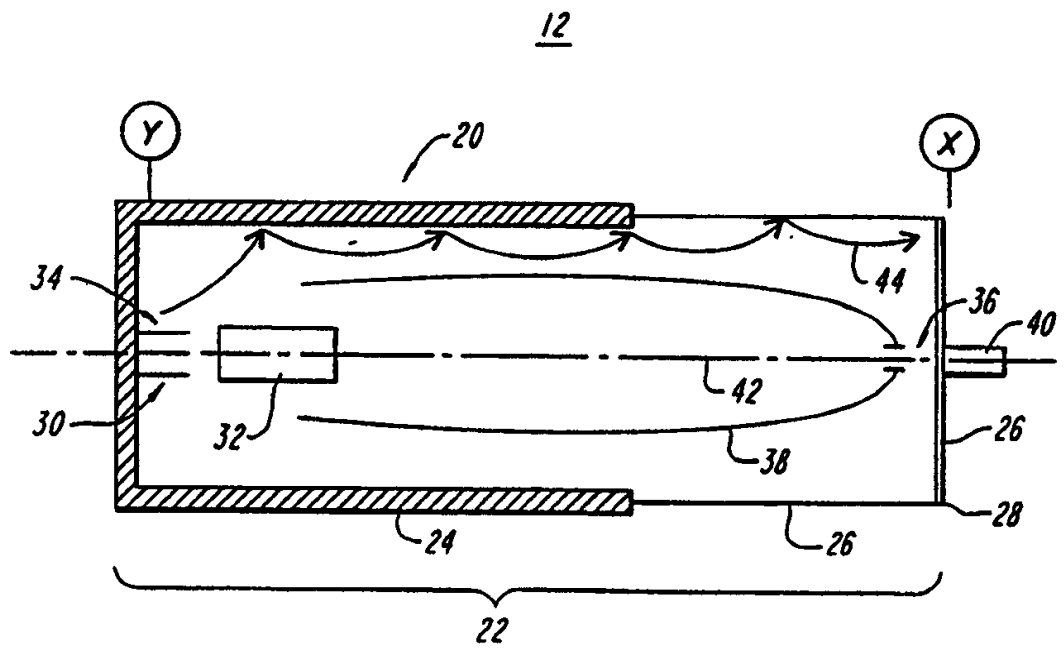


图 2
(现有技术)

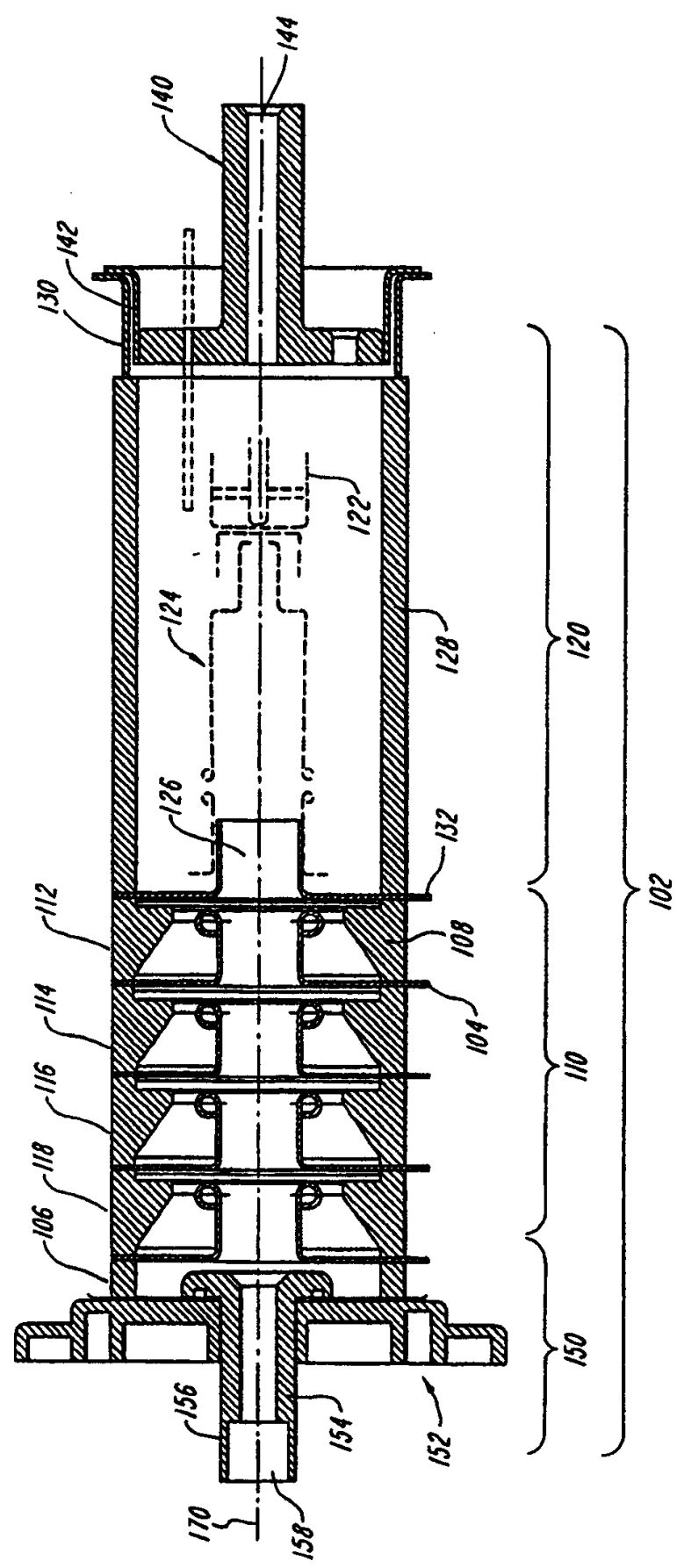


图 3

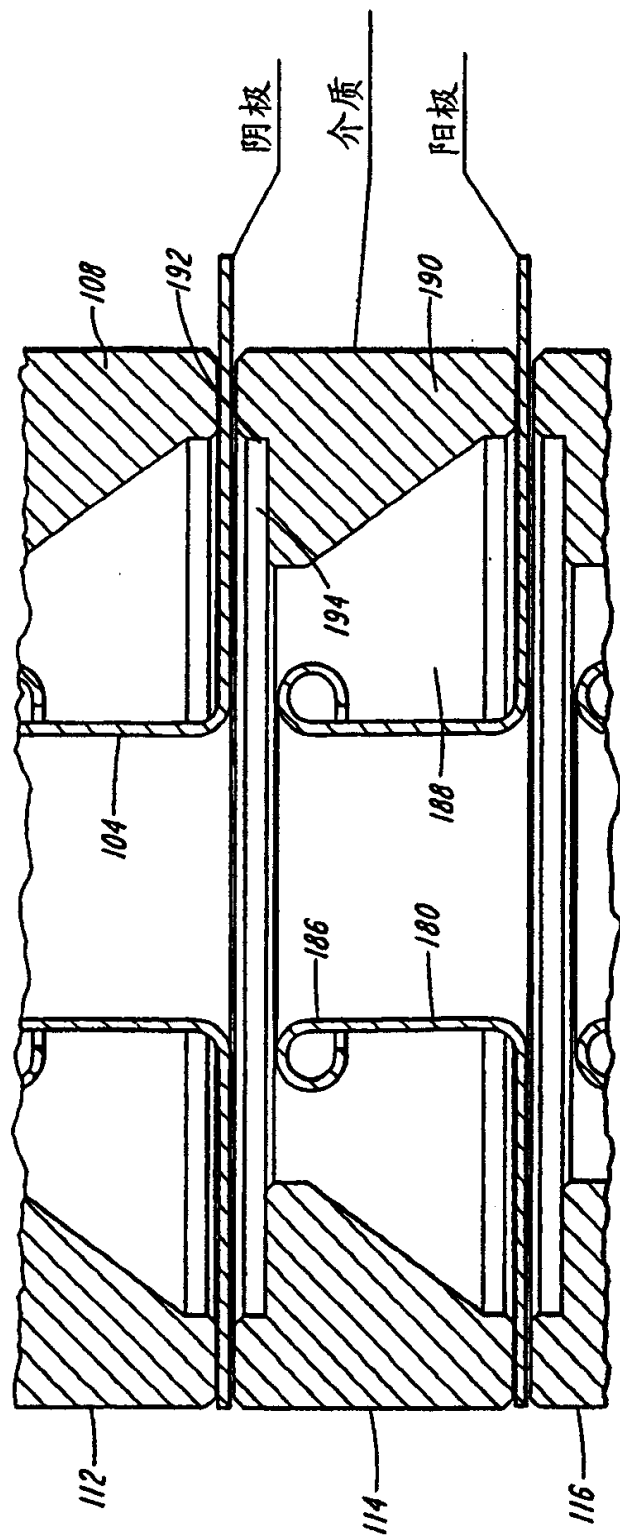


图 4

200

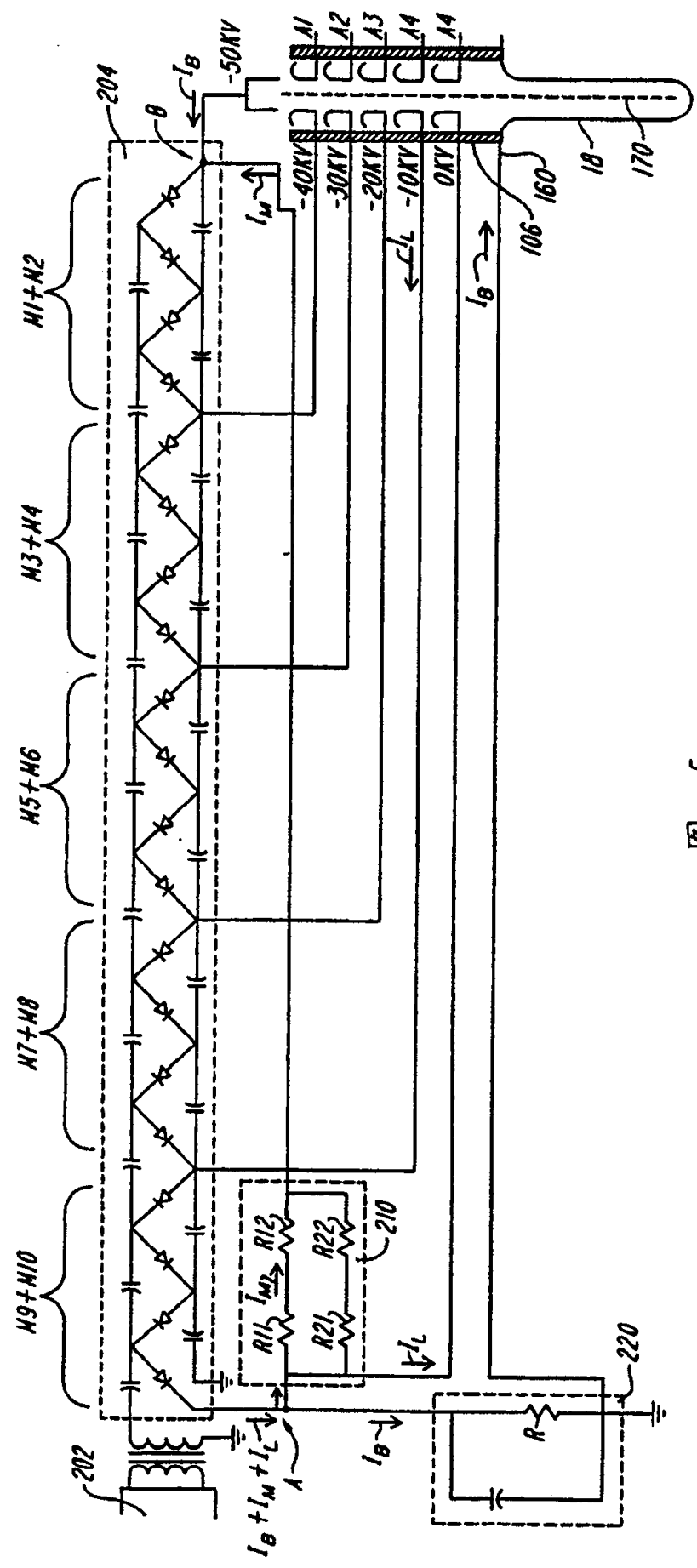


图 5