

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01J 37/317

H05H 7/18 G21K 1/08



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02816274.9

[43] 公开日 2004 年 11 月 10 日

[11] 公开号 CN 1545720A

[22] 申请日 2002.8.23 [21] 申请号 02816274.9

[30] 优先权

[32] 2001.8.23 [33] US [31] 60/314,417

[86] 国际申请 PCT/US2002/026903 2002.8.23

[87] 国际公布 WO2003/019612 英 2003.3.6

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.20

[71] 申请人 艾克塞利斯技术公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 K·萨亚达特曼德 W·迪韦吉利奥

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

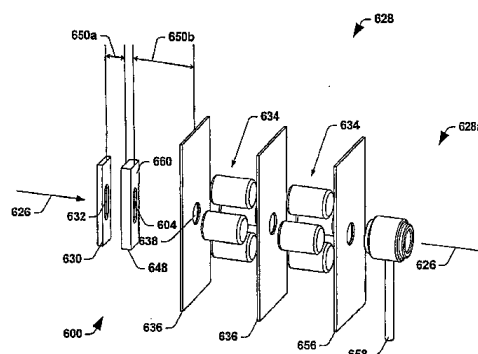
代理人 章社杲

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 9 页

[54] 发明名称 细缝双间隙聚束器以及用于离子注入系统中离子聚束的方法

[57] 摘要

公开一种用于线性加速器系统的离子聚束器段，用来使离子注入系统中的离子聚束。该离子聚束器段可以在一个或多个线性加速器段的上游使用，使得线性加速器系统中的离子损失减少。本发明还包括不对称双间隙聚束器段和用以进一步提高离子注入效率的细缝聚束器段。还公开了给离子注入机线性加速器中的离子加速的方法。



ISSN 1008-4274

1. 用于沿一通道在离子加速器系统的入口端和加速模块之间的聚合离子的离子聚束器，该聚束器包括：

具有细长缝隙开口的第一接地电极，其形成用于具有细长缝隙形
5 的横向剖面的离子束的入口缝隙；

具有缝隙开口或圆形开口的第二接地电极，其沿着离子束通道朝着加速模块的方向定位；以及

具有细长缝隙开口的可激励电极，其位于第一和第二接地电极之间，并限定其间的间隙，并与一能量源有效连接，并适于在可激励电
10 极及第一和第二接地电极之间的间隙内分别产生调制电场，以将被聚束的离子提供给加速模块。

2. 根据权利要求 1 所述的离子聚束器，其特征在于，与可激励电极相连的缝隙开口包括介于大约 2 和大约 10 之间的高宽比。

3. 根据权利要求 1 所述的离子聚束器，其特征在于，与可激励电
15 极相连的缝隙开口包括大约 25 毫米的横向高度和大约 4 毫米的横向宽度。

4. 根据权利要求 1 所述的离子聚束器，其特征在于，该间隙具有不同长度。

5. 根据权利要求 4 所述的离子聚束器，其特征在于，该间隙中的
20 一个是可调节的。

6. 根据权利要求 4 所述的离子聚束器，其特征在于，该可激励电极的能量源是独立可调的，以便改变与通道部分中的调制电场相关的频率、相位、场强中的至少一个。

7. 根据权利要求 1 所述的离子聚束器，其特征在于，选择间隙使
25 得间隙之一具有足够小的距离，使得其中的调制电场在离子通过它时大致均匀。

8. 根据权利要求 7 所述的离子聚束器，其特征在于，间隙中的另一个具有比间隙之一更大的距离，使得其中的调制电场在离子通过它时变化显著。

9. 根据权利要求 4 所述的离子聚束器，其特征在于，与离子聚束器相连的第一接地电极为离子加速系统形成了入口缝隙。
30

10. 根据权利要求 9 所述的离子聚束器，其特征在于，与第一接

地电极相连的缝隙和可激励电极的取向是相同的，从而当离子束具有与该缝隙大致对应的高宽比时促进离子聚束。

11. 一种用于加速沿通道从离子注入系统的入口端到出口端的离子的线性加速器系统，该线性加速器系统包括：

- 5 至少一个加速模块，其具有至少一个与一加速器能量源有效相连的可激励电极，该电极适于产生第一交流电场以将离子从第一能量加速到第二能量；以及

用于沿通道在入口端和至少一个加速模块之间分组离子的离子聚束器，该离子聚束器包括：

- 10 具有细长缝隙开口的第一接地电极，其为具有细长缝隙形的横向剖面的离子束形成入口缝隙；

具有缝隙开口或圆形开口的第二接地电极，其沿着离子束通道朝向加速模块的方向定位；以及

- 15 具有细长缝隙开口的可激励电极，其位于第一和第二接地电极之间，并限定其间的间隙，并与一能量源有效连接，并适于在可激励电极及第一和第二接地电极之间的间隙内分别产生调制电场，以将被聚束的离子提供给加速模块。

12. 根据权利要求 11 所述的线性加速器系统，其特征在于，与可激励电极相连的缝隙开口包括介于大约 2 和大约 10 之间的高宽比。

- 20 13. 根据权利要求 11 所述的线性加速器系统，其特征在于，与可激励电极相连的缝隙开口具有大约 25 毫米的横向高度和大约 4 毫米的横向宽度。

14. 一种离子注入机，包括：

适于沿一条通道引导具有初始能量的带电离子的离子源；

- 25 具有入口端和出口端的线性加速器系统，包括：

至少一个加速模块，其具有至少一个与一加速能量源有效相连的可激励电极，且该电极适于产生第一交流电场，以将离子从第一能量加速到第二能量；以及

- 30 用于沿着通道在线性加速器系统中的入口端和至少一个加速模块之间分组离子的离子聚束器，该离子聚束器包括：

具有细长缝隙开口的第一接地电极，其为具有细长缝隙形的横向剖面的离子束形成入口缝隙；

具有缝隙开口或圆形开口的第二接地电极，其沿着离子束通道朝向加速模块的方向定位；以及

- 5 具有细长缝隙开口的可激励电极，其位于第一和第二接地电极之间，并限定其间的间隙，并与一能量源有效连接，并适于在可激励电极及第一和第二接地电极之间的间隙内分别产生调制电场，以将被聚束的离子提供给加速模块；

终端站，其适于给工件定位，使得被加速到第二能量的带电离子冲击工件；以及

- 10 与能量源相连的控制器，其适于控制线性加速器系统中的电场的有关振幅和相位。

15 15. 根据权利要求 14 所述的离子聚束器，其特征在于，选择间隙使得间隙之一包括足够小的距离，使得其中的调制电场在离子通过它时大致均匀。

- 15 16. 根据权利要求 15 所述的离子聚束器，其特征在于，间隙中的另一个具有比间隙之一更大的距离，使得其中的调制电场在离子通过它时变化显著。

细缝双间隙聚束器以及用于离子注入系统中离子聚束的方法

技术领域

- 5 本发明主要涉及离子注入系统，具体地，涉及离子注入系统中经过改进的离子聚束的方法和设备。

背景技术

- 在半导体器件的制造中，离子注入被用来给半导体掺杂杂质。在美国专利 No. 4, 667, 111 中描述了一种高能 (HE) 离子注入机，该专利已被转让给本专利的受让人，在此全部被列出作为参照。这种高能离子注入机被用于基体内的深度注入以产生如倒置形阱。对于这种深度注入，注入能通常是 1.5MeV (兆电子伏特)。尽管可以用更低的能量，这种注入器通常在至少 300keV~700keV 的能量之间进行注入。一些高能离子注入机能够提供能量水平高达 5MeV 的离子束。

- 参看图 1，示出了典型的高能离子注入机 10，其具有终端 12；离子射束装置 14 以及终端站 16。终端 12 包括：由高压电源 22 提供电力的离子源 20。离子源 20 产生提供给离子射束装置 14 的离子束 24。该离子束 24 随后被导向终端站 16 中的目标晶片 30。离子束 24 被离子射束装置 14 调节，该离子射束装置包含一个质量分析磁体 26 和一个射频 (RF) 的线性加速器 (linac) 28 的。线性加速器 28 包括一系列的加速模块 28a-28n，其中的每个加速模块为离子进一步加速，使其能量超过从前一模块所达到的能量。这些加速模块可以由一个高射频电压单独激励，该电压通常由谐振法产生，以保持所需的平均功率合理。质量分析磁体 26 只将荷质比适当的离子传递给线性加速器 28。

- 高能离子注入机 10 中的线性加速模块 28a-28n 各自包括一个射频放大器、一个谐振器以及一个可激励的电极。为了在每一充电状态下将离子束 24 的离子加速到超过一兆电子伏特，如美国专利 No.4, 667, 111 所描述的一样，谐振器在约 3-30Mhz 的频率范围内运行，相应的电压约为 0-150kV。当离子束 24 穿过不同的加速模块或加速段 28 时，其中的一些离子被正确加速，而其它的离子并没有被正确加速。因此，传统的线性加速器 28 达到的离子加速效率小于 100%。特别地，传统

的离子加速器可能将少于 20%的来自质量分析磁体 26 的离子传递到终端站 16 中的目标晶片 30。特别地，每个离子加速段 28a-28n 被调整或调节，以便给到那里的离子在容许限度或接受的范围内提供适当的加速度。

- 5 在被加速之前，在离子被聚束或被分包的位置，有利于将离子保持在离子束内，从而更大百分比的离子被每个加速模块或加速段 28 加速。在传统的线性加速器 28 中，第一或第一和第二加速模块（如模块 28a, 28b）可以作为一个聚束器和加速器的结合体运行。但是，这样的聚束提供的离子传输效率有限。因此，典型的线性加速器 28 只能实现少于 20%的离子传输。在离子注入装置中，希望将离子以受控的方式传递到工件如半导体产品上。在传统的系统中，其中大约 80%由离子源产生的离子可能损失（如未提供给工件），进行所需的注入需要更长的时间。因此，需要改进的方法和装置，用以在离子注入线性加速器中聚束离子，以增加传递到工件上的所产生的离子的百分比。

15

发明内容

- 本发明针对的是一种具有离子聚束器的与实现改进离子注入系统中的离子传输相关的线性加速器。本发明提供一种专用的聚束器段，用以确保在加速区内为离子注入机的加速段提供比迄今可能的更高百分比的所产生的离子。该聚束器段可以沿着离子注入系统中的射束通道定位在线性加速器段的上游，以便于将离子束或离子包提供给加速器的加速段。特别是，本发明通过离子注入系统的线性加速器提供高达例如，可用离子的 60%的射束传输，因此，本发明比传统的离子注入装置和方法有显著的优势，后者在一些情况下只有少于有用离子的 20%被正确加速。

- 本发明的一个方面提供不对称的双间隙聚束器，其提供了与离子注入系统中的离子传输相关的更大的优势和效率。在聚束器调制电极之前和之后分别设置第一和第二间隙，其中间隙尺寸不同，例如，其中第二间隙比第一间隙更大。

聚束器中的调制场相对于参比离子给某些离子加速，同时也给其它一些离子减速。在漂移区，被加速的离子赶上参比离子，被减速的

离子减慢以允许参比离子（例如，以及被加速的离子）赶上，从而提供了净聚束效应。间隙的不对称性有利于给随后的线性加速器段提供更高百分比的有用离子，从而显著提高离子注入系统的离子传输效率。不对称双间隙聚束器可以作为一个聚束器段被包括在用于离子注入机的线性加速器系统内，其中，由聚束器电极产生的调制场强度可以显著低于线性加速器的加速交流电场的强度。通过这种方式，聚束器电极运行以调制直流离子束（例如，从上游质量分析磁体获得），并且漂移区允许作为调制结果发生聚束。

根据本发明的另一方面，还提供细缝双间隙聚束器段及其调制电极，其提供与离子注入相关的更多优势。该调制电极包括在电极底部的细长的缝隙开口，其沿着射束通道纵向延伸穿过电极底部。该细缝可以具有大于1的高宽比，例如，其中细缝的高度大于细缝的宽度。该细缝允许比圆形的电极缝隙有更小的缝隙长度，从而导致在更宽的离子速率范围内进行有效调制。此外，细缝双间隙聚束器可以位于匹配四极子聚焦装置和线性加速器中的入口缝隙之间。在这种情况下，匹配四极子用来使被聚束的离子束形成一个圆形以注入第一加速段，还用来提供一个聚束器漂移区。这使离子注入装置长度减少。

为了实现前述的和相关的目的，本发明包括以下充分描述并在权利要求中特别指出的特征。以下说明和附图详细列出了本发明的某些说明性的内容以及实施方式。但是，这些仅仅说明了采用本发明的原理的可能不同方式中的一小部分。当结合附图阅读下文中详细的说明时，本发明的其它目的、优势及新颖性都将变得显而易见。

附图说明

- 图1为具有线性加速器的高能离子注入机的示意框图；
图2为传统线性加速器模块的示意图；
图3为可用于离子注入系统的线性加速器的一部分的透视图；
图4为根据本发明的一个方面所述的具有线性加速器和聚束器的典型的离子注入系统的示意图；
图5为根据本发明所述的典型的聚束器和线性加速器的示意图；
图6为根据本发明的另一方面所述的典型的不对称双间隙聚束器的透视图；
图7为根据本发明所述的另一典型线性加速器的一部分的示意图；
图8为根据本发明的另一方面所述的典型细缝双间隙聚束器的透视图；以及

图9为根据本发明所述的另一典型线性加速器的一部分的示意图。

具体实施方式

以下将结合附图对本发明进行描述，在附图中，相似的元件使用相似的附图标记进行标注。专用的离子聚束器段被提供用于在离子注入系统中聚束离子。该离子聚束器段可以在加速段上游的线性加速器中使用，以提供离子束或离子包，使得线性加速器中的离子损失减少。聚束器段可以在比随后的加速器段更低的能量水平条件下运行，并且还可以提供漂移区以便于离子聚束。本发明还包括一个不对称的双间隙聚束器段，以及一个细缝聚束器段以进一步提高离子注入效率。下文中还描述了用于使离子注入机线性加速器中加速离子的方法。

为了给本发明的特点提供来龙去脉，在此对线性加速器模块（如图1中的模块28a-28n）中射频放大器和谐振器的传统互连进行简要说明。参看图2，示出了传统的谐振器电路100，其具有与电阻 R_L 和电容 C_s 并联的感应器线圈L。可激励电极108与感应器L相连。电极108安装在两个接地电极112和114之间，并且可激励电极108和接地电极112及114运行以给离子束110加速。电容 C_s 代表可激励电极108的电容，而电阻 R_L 代表与具有感应器L和电容 C_s 的谐振电路有关的损耗。选择电容 C_s 和感应器线圈L的值以形成一个低损耗（高Q）谐振或“储能”电路100，其中图1所示类型的线性加速器系统中的每个加速器模块在相同的频率条件下产生谐振。一个射频（RF）信号从匹配网（未示出）在点116处相连，并通过电容 C_c 与线圈L的高压端电容性地相连。

图3示出了模块化的线性加速器228的一部分的透视图。直流离子束224a沿着射束通道226被提供给加速器228（如从上游质量分析器磁体，未示出）。直流离子束224a可以具有例如细长缝隙的剖面，其沿通道226通过具有垂直细长缝隙232的入口缝隙230。离子束224a经过两套匹配四极子装置234和相应的接地电极236通常形成圆形剖面（未示出），其中接地电极236各有一个位于沿通道226上的圆柱形缝隙238。

本实例中的线性加速器228还包括两个或更多的加速模块或加速段228a, 228b, ..., 228n, 其中n为整数，图3示出了这些模块中的两个（如加速段228a和228b）。加速器模块228n中的每一个模块给来自离子束224a的离子进一步加速，使其超过其在先前模块时达到的能量。加速模块228n可被由电源产生的高射频电压和谐振器（未示出）激励。当离子束224穿过不同的加速模块或加速段228n时，一

些离子被加速，而另一些则没有。加速模块 228a 具有沿通道 226 位于可激励电极 248 之前和之后的一对接地电极 246，其中可激励电极 248 可以被适当的射频能量源和谐振器（未示出）激励，以便实现沿着通道 226 给离子束 224a 中的离子加速。接地电极 246 通常与可激励电极 248 的间距相等，以在其间提供通常相等的第一和第二间隙 250a 和 250b。相似地，第二加速器模块或加速段 228b 具有第一接地电极 256，其沿通道 226 位于第二可激励电极 258 的上游。

可以沿着通道 226，在第一和第二加速器段 228a 和 228b 之间提供四极子装置 264（如静电四极子），以在射束 224 穿过连续的加速器段 228 时为其提供径向聚焦。加速器 228 还可以包括更多的加速段或模块（未示出），从而离子束 224b 可以被加速获得比提供给加速器 228 的直流离子束 224a 更高的能量。

参看图 4，本发明的一个方面提供了一种离子注入机 310，其包括：终端 312，离子射束装置 314 以及终端站 316。终端 312 包括由高压电源 322 提供电力的离子源 320。离子源 320 产生离子束 324，其被提供给离子射束装置 314。离子束 324 随后被导向终端站 316 中的目标晶片 330。该离子束 324 由具有质量分析磁体 340 和射频（RF）线性加速器（linac）328 的离子射束装置 314 进行调节。线性加速器 328 包括聚束器段 340 和一系列加速段或模块 328a-328n，其中的每个模块给离子进一步加速，使其能量超过它们在先前模块时所达到的能量。加速段或模块可以通过高射频电压单独被激励，该电压通常由谐振法产生，以使所需的平均功率保持合理。例如，高能离子注入机 310 的加速段或模块 328a-328b 各自包括：射频放大器，谐振器以及加速电极（未示出）。

根据本发明的一个方面，离子聚束器段 340 位于线性加速器的前方，介于质量分析磁体 326 和第一加速段 328a 之间。如图所示和如下文所述，离子聚束器段 340 可以包括沿通道 324 定位的聚束器电极，其与聚束器能量源（未示出）有效连接以产生调制交流电场。该调制电场作用在由质量分析磁体 326 提供的直流离子束上，以给加速段 328a 提供被聚束的离子。注入器 310 还具有控制器（未示出），从而终端 312、离子射束装置 314 和终端站 316 可以被操作，以对离子以受控方式注入工件 310 内产生影响作用。因此，通过这种控制器，可以实现对聚束器段 340 内的调制电场和线性加速器 328 内的加速场的控制。

简要参照图 5，示意性地示出了作用在直流离子束 352 上的典型聚束器段 350，以将离子束从那里聚合或“打包”，用来提供给离子加

速段 354。聚束器 350 可以以和图 4 中的聚束器 340 相似的方式运行，且加速段 354 也可以以和图 4 中的加速段 328 相似的方式运行。聚束器 350 接收具有均匀能量分布的直流离子束 352，并将离子从那里分组到特定所需能量范围内的离子聚束 356 中，这些离子束随后被加速器 5 354 有效加速到所需的第二能量（如，或能量范围）。

本发明的另一方面包括具有不对称间隙的单电极聚束器，其进一步促进提高离子注入系统中的离子传输效率。如上文所讨论的，本发明设想了一种单调制聚束器电极，其可以位于两个接地电极（如，或接地聚焦装置，如静电四极子）之间。例如，聚束器可包括第一和第二接地电极，其中第一接地电极沿从聚束器电极到离子束入口端的射束通道定位，以限定其间的间隙。第二接地电极可以沿从聚束器电极到离子束出口的通道定位，以限定其间的第二间隙。根据本发明的另一方面，一个间隙可以制得比另一间隙大，例如，大约大 10 倍。而且，间隙中的一个或两个可以以机械方式或其它方式进行调节。

15 参看图 6，示出了典型的双间隙聚束器 500 以及离子注入线性加速器 528 的不同元件。直流离子束（未示出）沿着射束通道 526 被提供给加速器 528（如从上游的质量分析器磁体，未示出）。直流束可以包括例如细长缝隙的剖面，其沿着通道 526 穿过具有垂直细长缝隙 532 的入口缝隙 530。直流射束经过两套匹配四极子装置 534 和相应的接地电极 536 形成大致呈圆形的剖面，其中接地电极 536 各包括一个沿通道 20 526 定位的圆柱形缝隙 538。线性加速器 528 还包括不对称间隙聚束器 500 和一个或多个加速模块或加速段 528n，其中 n 为整数，图 6 示出了这些模块中的一个（528a）。加速器模块 528n 中的每一个模块给来自离子束的离子进一步加速，使其能量超过其在先前模块时达到的 25 能量。

聚束器 500 具有沿通道 526 位于调制聚束器电极 548 之前和之后的一对接地电极 546a 和 546b，其中调制聚束器电极 548 可以被适当的射频能量源和谐振器（未示出）激励，以沿着通道 526 在射束中调制离子。接地电极 546a 和 546b 与调制电极 548 有间隔，以在其间分别 30 提供第一和第二间隙 550a 和 550b。

两个间隙中的一个（如第一间隙 550a）具有这样的长度，使得与其相关的射频周期相比，通过该间隙的离子传输时间很小。穿越该间隙的离子经历了一次最大的能量变化，该能量变化略小于离子电荷与施加给被激励的聚束器电极 548 的峰值射频电压的乘积。另一间隙（如 35 第二间隙 550b）的长度大得多，使得离子通过该间隙的传输时间是射

频周期的一大部分。穿过该间隙的离子经历了一次最大的能量变化，该能量变化远远小于离子电荷与施加给被激励的聚束器电极 548 的峰值射频电压的乘积。因此，离子束的能量调制的大部分都发生在两个间隙中更短的一个间隙里。

- 5 在传统的等间隙聚束器中，每个间隙中最大能量调制是相等的。在这种情况下，聚束效率强烈地依靠于从一个间隙的中心到达另一间隙的中心的离子传输时间。当间隙到间隙的通过时间是射频周期的一半时，由于第二间隙调制增强了第一间隙调制，因此效率最高。当间隙到间隙的离子传输时间为一个射频周期时，由于第二周期的调制趋于抵消第一周期的调制，因此效率最低。间隙长度不相等大大降低了聚束器效率对间隙到间隙的离子传输时间的依赖，使得效率几乎与离子种类无关。应该理解的是：间隙长度的显著变化可以作为不超出本发明的领域范围而被采用和构思。概念上，正是间隙的不对称性使得允许一个间隙对聚束有所贡献，而在减少或取消由提及的第一间隙提供的有利聚束中，另一间隙比传统的对称间隙系统起更少的作用。此外，尽管上述实例中，第一间隙 550a 比第二间隙 550b 更小，应该了解的是：第二间隙也可以制得比第一间隙更小，在这种情况下，二者功能可以转换。
- 10
- 15

- 应该注意的是：可以调节间隙 550a，550b 中的一个或两个以使聚束器 500 适用于不同的离子种类。此外，激励调制电极 548 的电源是可调节的（如对于频率，相位，振幅等）。根据一个或多个系统性能参数提供适当的调制，由此，典型的聚束器 500 既能适应与加速器和离子注入系统共同使用，所述加速器和离子注入系统经过优化以加速和注入特定的离子种类；也能适应和那些其中的加速器自身可调的系统共同使用。
- 20
- 25

- 加速模块或加速段 528a 具有一个第一接地电极 556，其沿通道 526 位于可激励电极 558 的上游；还具有一个位于可激励电极 558 下游的第二接地电极（未示出）。可激励电极 558 可被适当的电源和谐振器（未示出）激励，以影响离子以受控的方式沿通道 526 被加速到第二能量水平。可以在加速器系统 528 的聚束器段 500 和第一加速器段 528a 之间沿通道 526 提供一套四个聚焦四极子 564，以便当离子束在经过连续的加速器段 528n 时提供射束的径向聚焦。加速器系统 528 可以包括更多的加速器段或模块 528n（未示出），由此可以产生被加速的离子束，其能量水平比提供给加速器 528 的直流离子束更高。
- 30

- 35 参看图 7，示意性地示出了线性加速器系统 528，其中被横向延

长的直流离子束 524a 被提供给入口缝隙 530 (如具有细长缝隙开口)。射束 524a 的细长形状由匹配四极子 534 形成大致呈圆形的射束 524b, 其后射束 524b 被提供给加速器系统 528 的典型聚束器段 500。聚束器段 500 将来自射束 524b 的离子分组或聚束成被聚束的离子束 524c。如
5 上文所述, 聚焦四极子 564 在聚束器段 500 之后保持这种圆形, 并且还可以提供一个漂移区以促进聚束。该被聚束的射束 524c 随后被提供给加速器系统 528 的加速段 528a-528n, 由此获得被加速的离子束 524d, 其具有比初始直流射束 524a 更高的能量。

根据本发明的另一方面, 提供了一种聚束器, 其可以直接作用在
10 具有纵向剖面被横向延长的离子束 (如射束 524a) 上。现在参看图 8 和图 9, 示出了另一典型线性加速器 628 的一部分, 其具有加速器系统 628 的典型的细缝双间隙聚束器段 600, 沿射束通道 626 定位在其中具有细长缝隙开口 632 的入口缝隙 630 和随后的匹配四极子 634 以及相连的接地电极 636 之间。加速器系统 628 的一个或多个的加速段或模
15 块 628a-628n 沿通道 626 位于四极子 634 的下游, 其中的一个 (如 628a) 在图 8 中示出。

典型的细缝双间隙聚束器 600 包括: 单调制聚束器电极 648, 其位于入口缝隙 630 和与四极子装置 634 相连的接地电极 636 之间, 其中电极 648 包括一个横向延长的缝隙开口 604。聚束器电极 648 与入口
20 缝隙 630 有间隔, 以限定其间的第一间隙 650a。接地电极 636 沿通道 626 自聚束器电极 648 朝着加速段 628a 的方向间隔布置, 以限定其间的第二间隙 650b。根据本发明的另一方面, 第二间隙 650b 可以制得比第一间隙 650a 更大, 以获得与上述的不对称间隙相关的优点, 例如, 大约比第一间隙 650a 至少大 10 倍。如上文所述, 还可以选择间隙的
25 不对称作为通过间隙的离子传输时间和控制调制电压周期的调制频率的函数。

调制聚束器电极 648 的缝隙开口 604 允许无需预先形成圆形剖面 (如通过匹配四极子装置), 直接将带状离子束引入聚束器 600。因此, 聚束器段 600 可以沿着射束通道 626 紧接着入口缝隙 630 定位。这就
30 减少了加速器系统 628 的物理长度。如果需要, 在经细缝双间隙聚束器 600 聚束之后, 在引入初始的加速器段 628a 之前, 利用匹配四极子 634 和相连的接地电极 636, 可以使离子束由细长形变成大致的圆形。在这种构造中, 四极子 634 既用于沿着通道 626 进行离子束的径向成形, 又用于提供漂移区 (例如, 或其中的一部分), 沿着该区, 离子
35 可以被有利地分组或聚束, 如上文所述。

应该注意的是：间隙 650a，650b 中的一个或两个可以是可调节，以使聚束器段 600 适用于特定的离子种类。此外，激励调制电极 648 的电源（未示出）是可调的（如，相对于频率，相位，振幅等），以根据一个或多个系统性能参数提供适当的调制。

- 5 加速器系统 628 的加速模块或加速段 628a 包括一个第一接地电极 656，其沿通道 626 位于可激励电极 658 的上游；和一个第二接地电极（未示出），其位于可激励电极 658 的下游。可激励电极 658 可以被适当的电源和谐振器（未示出）激励，以影响离子以受控的方式沿通道 626 被加速到第二能量水平。可以沿通道 626 在聚束器段 600 和
- 10 第一加速段 628a 之间提供匹配四极子装置 634（如静电四极子），以便当离子束在经过连续的加速器段 628n 时提供射束的径向聚焦。因此，来自聚束器 600 的具有细长剖面的被聚束的射束在被提供给第一加速段 628a 之前，通过四极子 634 可以形成大致圆柱形的射束。加速器系统 628 可以包括更多的加速器段或模块 628n（未示出），由此可以产生被加速的离子束，其能量水平比提供给加速器 628 的直流射束更高。
- 15

参看图 9，横向延长的直流离子束 624a 被提供给入口缝隙 630（如具有细长缝隙开口）。细长射束 624a 随后被提供给典型的细缝双间隙聚束器 600。如上文所述，聚束器电极 648 的细长缝隙 604 允许聚束器段 600 直接作用在细长形状的直流离子束 624a 上。聚束器 600 将来自

20 射束 624a 的离子分组或聚束成纵向聚束的离子束 624b，其相似地具有细长的形状。然后，被聚束的离子束 624b 沿着通道 626 被提供给匹配四极子 634，其使细长射束 624b 形成圆形的离子束 624c。如上文所讨论的，在聚束器段 600 之后的四极子 634 也可以运行以提供一个促进离子聚束的漂移区。被聚束的射束 624c 随后被提供给加速器系统 628

25 的加速段 628a-628n，由此获得被加速的离子束 624d，其具有比初始直流射束 624a 更高的能量。

尽管只是针对一些方面和实施例对本发明进行了展示和描述，应注意的是：阅读并理解了说明书和附图的本领域技术人员将会想到做相当的变化和调整。特别关于上文中所描述的元件（部件、装置、电路、系统等）实现的不同功能，用来描述这些元件的术语（包括涉及的“方式”）指的是，除非另有提及，实现所述元件的特定功能的任何元件（即，功能相当的元件），即使其结构与所公开的结构不相等同但其实现的功能为本发明典型实施例所展示的功能。此外，虽然可能只相对于多个实施例中的一个对本发明的某个特点进行公开，当存在对于任何特定或特别的应用所需或有利的实施时，这个特点还可以

30

35

和其它实施例的一个或多个其它特点相结合。此外，关于术语“包括”、“有”以及被用于详细说明或权利要求的它们的其它变化形式，这些术语都以和术语“包括”相似的方式，被包括在内。

5 工业适用性

该系统可用于半导体加工领域，如离子注入，以通过改进离子聚束来提供改良的离子注入效率。

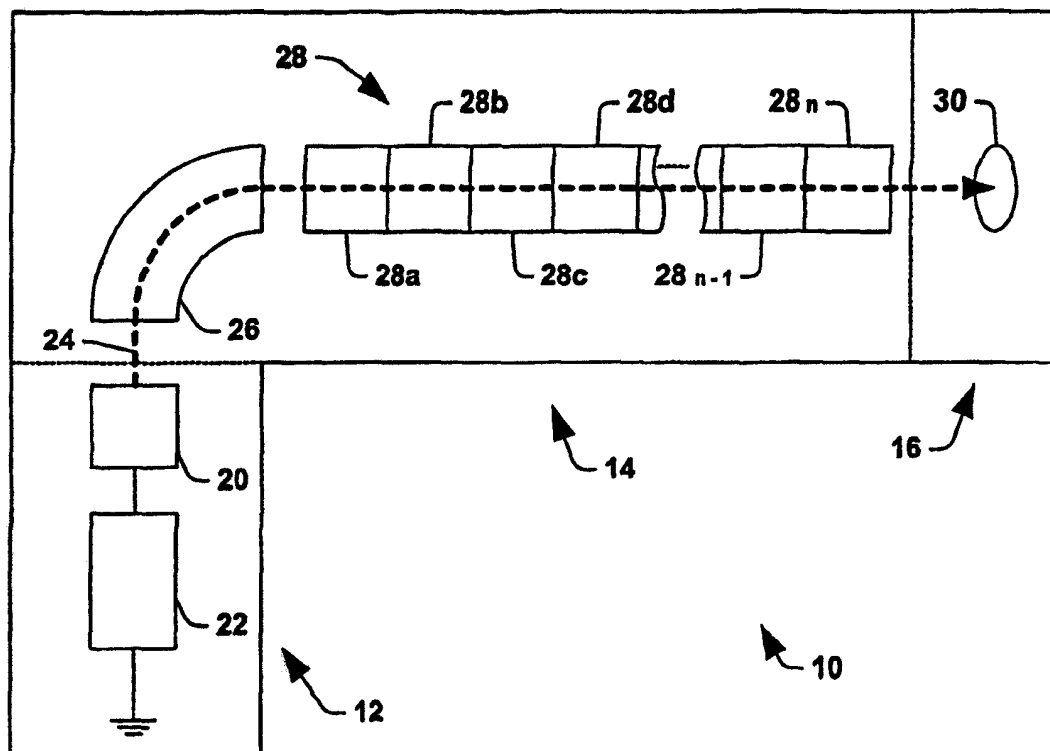


图 1

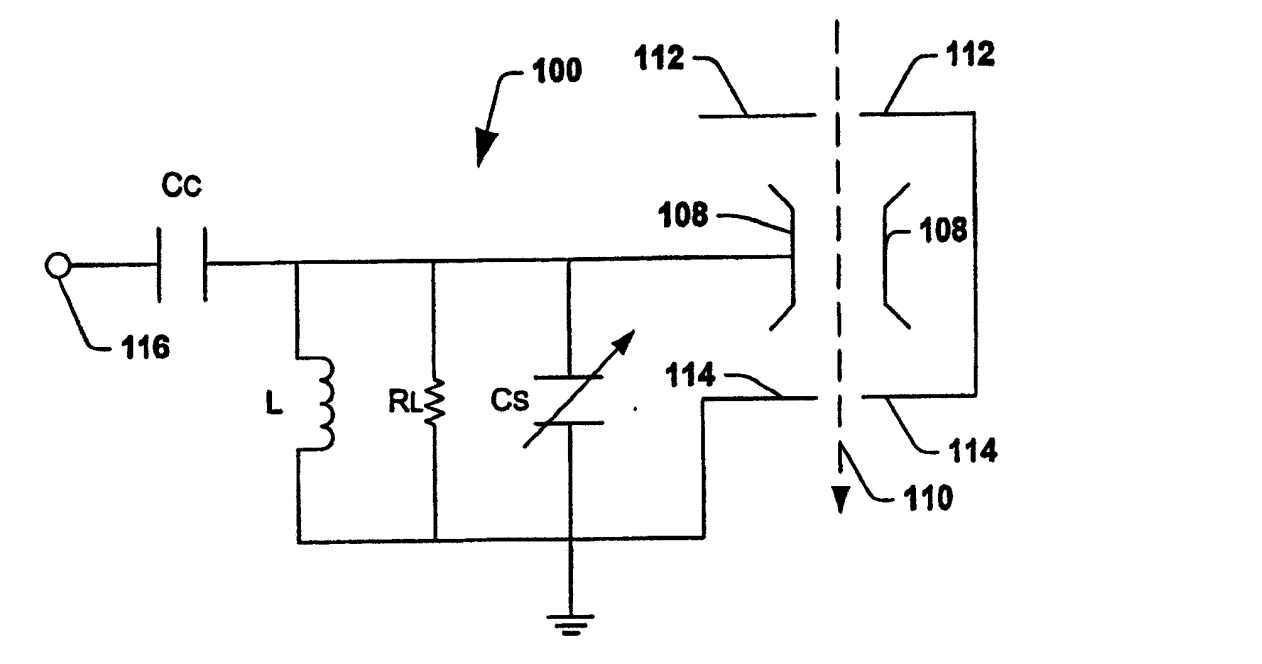


图 2

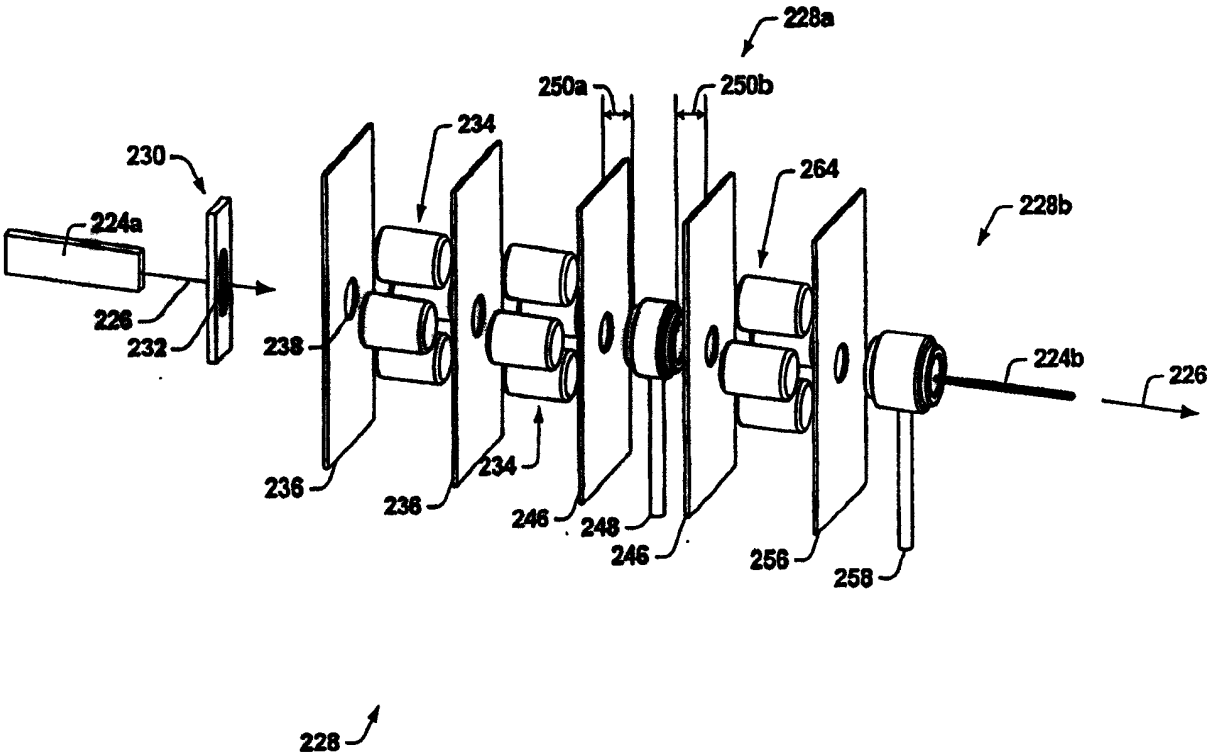


图 3

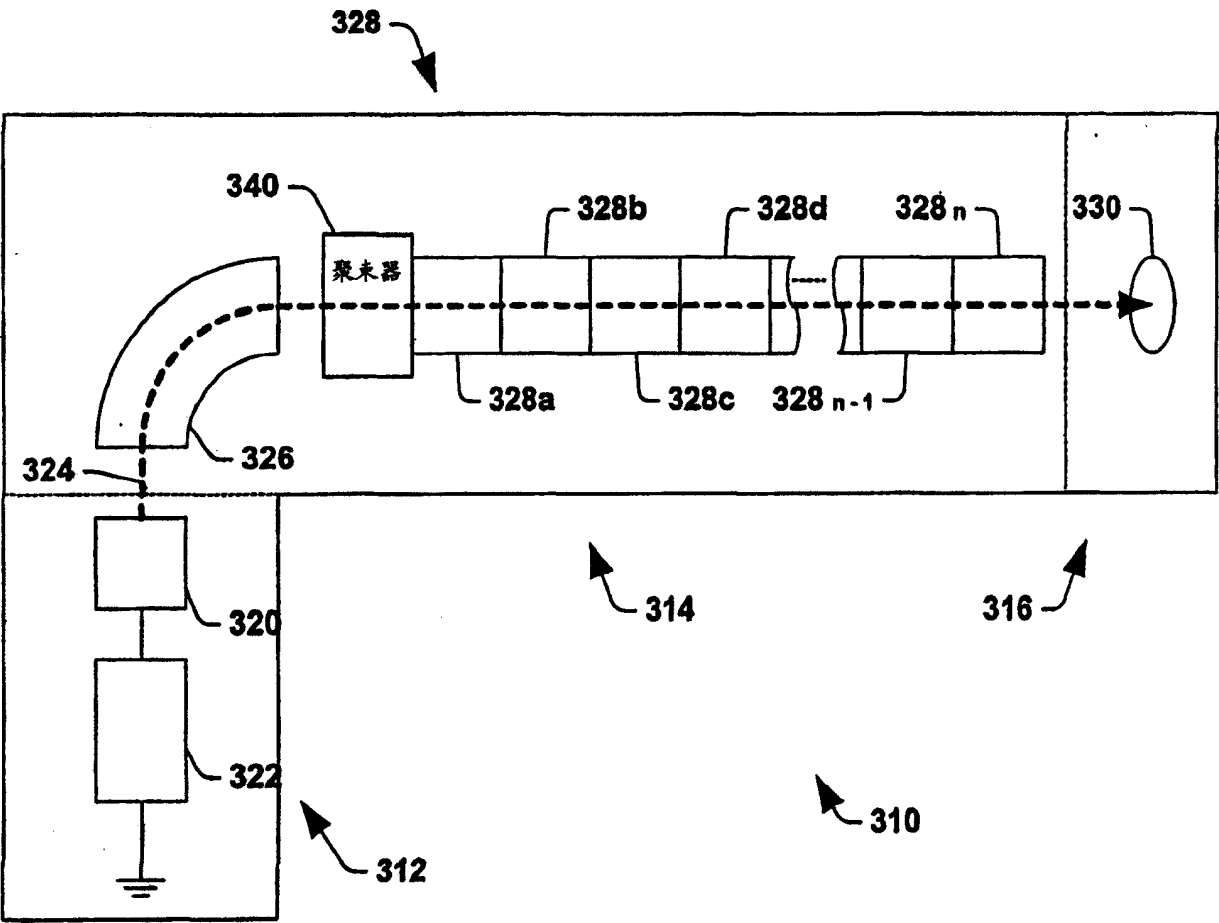


图 4

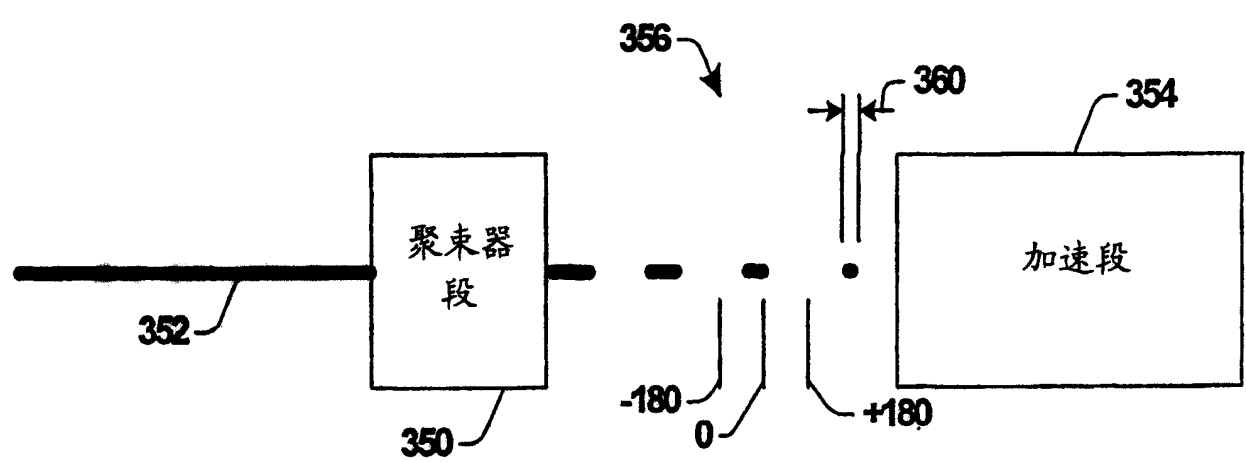


图 5

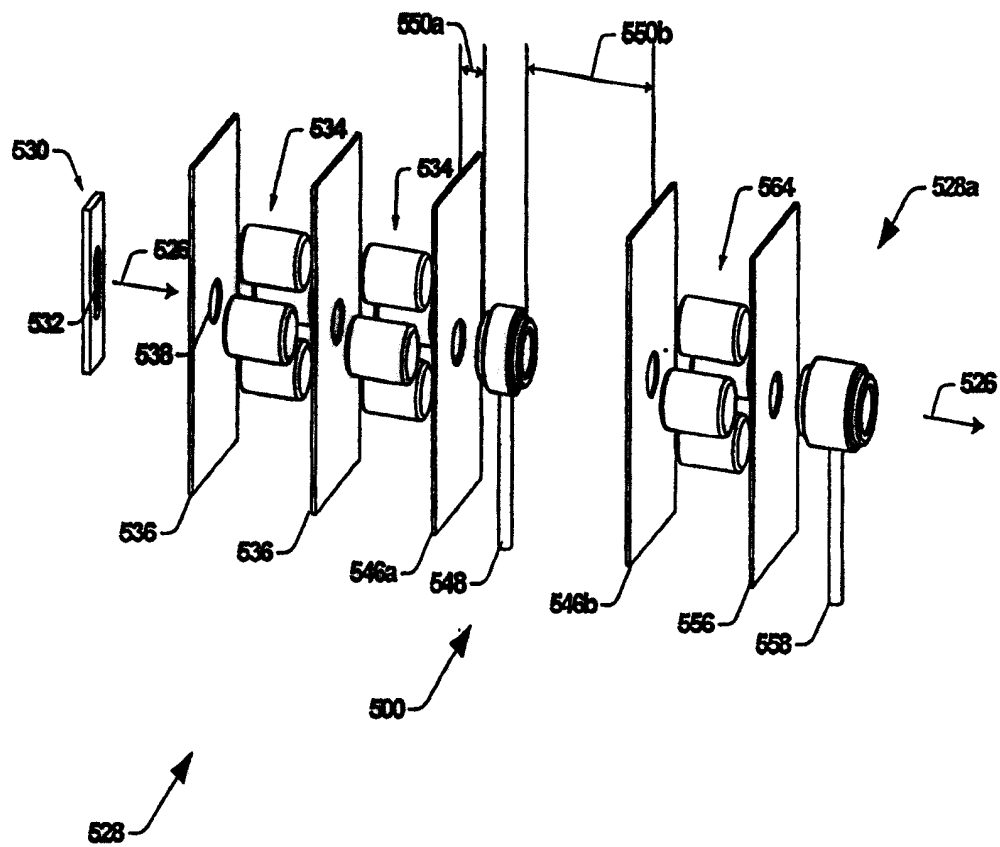


图 6

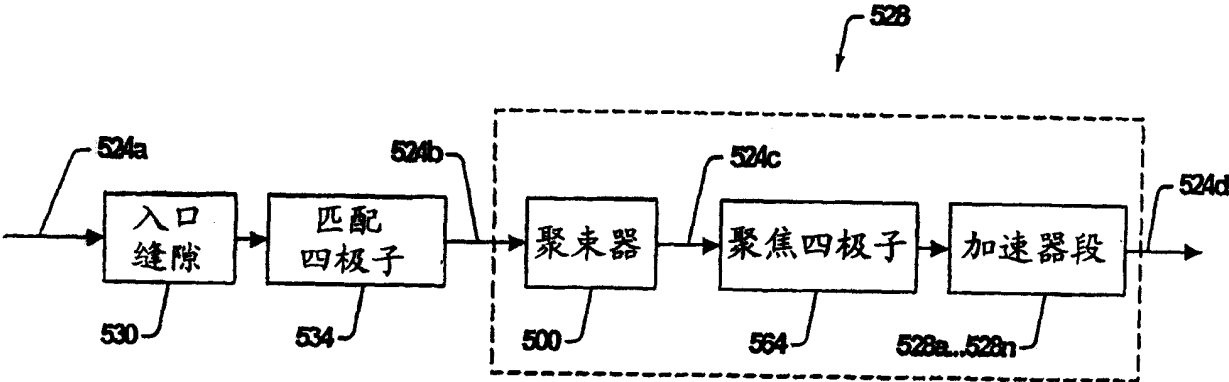


图 7

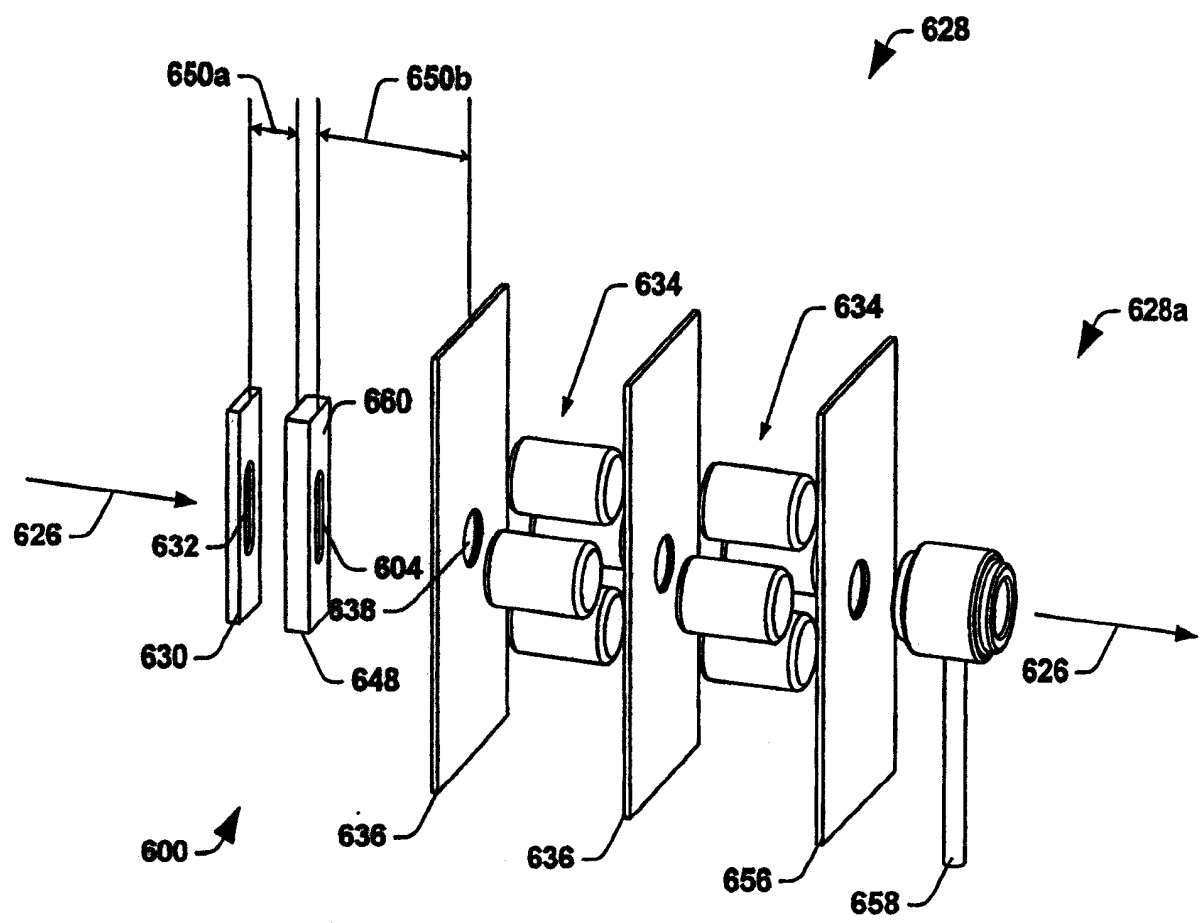


图 8

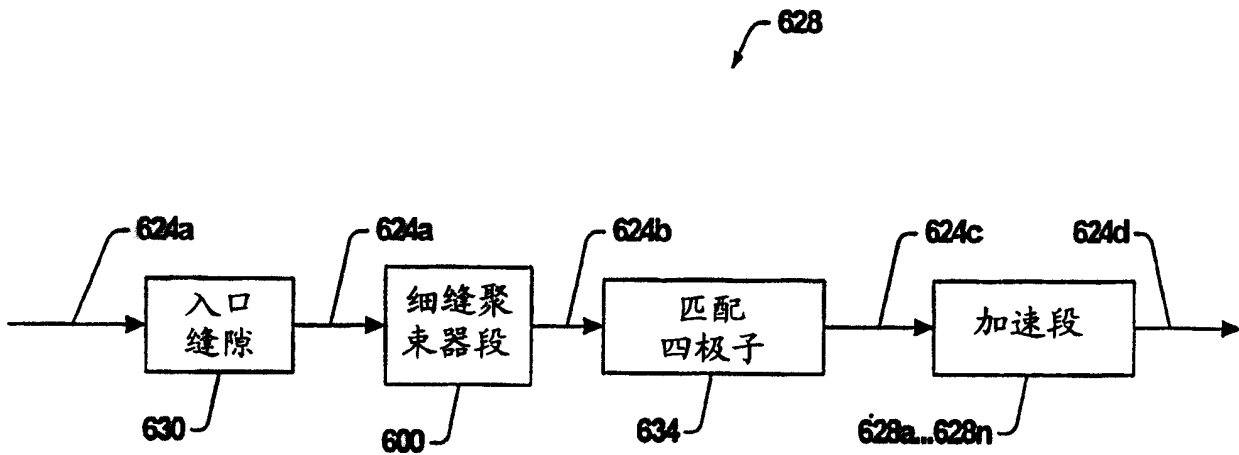


图 9