

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1846292 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 24

(21) 申请号 200480025420. X

(22) 申请日 2004. 09. 02

(30) 优先权数据

10/654, 168 2003. 09. 03 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006. 03. 03

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2004/028656 2004. 09. 02

(87) PCT申请的公布数据

W02005/024911 EN 2005. 03. 17

(73) 专利权人 艾克塞利斯技术公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 W·迪弗吉利奥 黄永章

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 刘春元 梁永

(51) Int. Cl.

H01J 37/317(2006. 01)

H01J 37/153(2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1111652 A1, 2001. 06. 27, 第 0025 段.

EP 1120810 A1, 2001. 08. 01, 说明书第 2, 4-6 栏, 附图 1, 2.

CN 1130302 A, 1996. 09. 04, 全文.

审查员 钱丹娜

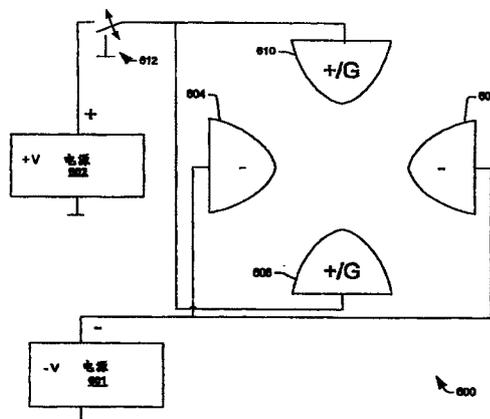
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于带电荷的射束输送的单极静电四极透镜及切换方法

(57) 摘要

本发明降低了射束电流的损失, 特别是对于低能量离子束传输。本发明使用单极静电四极透镜取代传统的正和负双电位(双极)四极透镜来作为一线性加速器中的射束聚焦元件, 其中减少了其中的射束电流损失。此外本发明也包括用于在双极配线和单极配线间切换的系统和方法。



1. 一种线性加速系统,包括:  
沿系统轴的一或多个加速级;和  
与一或多个加速级串接的一第一单极静电四极透镜,其在横切于轴的方向上聚焦一离子束,  
其中,所述静电四极透镜包括:  
第一对电极,其互相相对地置放,所述电极被连接到接地;  
第二对电极,其互相相对地置放,并偏压至第一电位,  
其中所述第一对和第二对电极在中心点周围被等距离地隔开。
2. 如权利要求 1 所述的系统,其中第二对电极互相相对地置放且偏压至负电位。
3. 如权利要求 1 所述的系统,其中第二对电极互相相对地置放且偏压至正电位。
4. 如权利要求 1 所述的系统,其中第一对电极可选择地偏压至接地电位和第一电位之一。
5. 如权利要求 4 所述的系统,其中第一电位为正。
6. 如权利要求 1 所述的系统,还包括一第二单极静电四极透镜,其与第一单极静电四极透镜串接,其中第一单极静电四极透镜在第一方向上聚焦且第二单极静电四极透镜在垂直于第一方向的第二方向上聚焦。
7. 如权利要求 1 所述的系统,还包括一低能量离子束,其沿着轴行进且借助第一单极静电四极透镜成形,而无射束电流本质的损失。
8. 如权利要求 7 所述的系统,其中低能量离子束位于低于 90keV 的能量级。
9. 如权利要求 7 所述的系统,其中低能量离子束位于低于 20keV 的能量级。
10. 一种静电四极透镜,包括:  
一第一对电极,其互相相对地置放,并被连接到通往接地的一低阻路径;  
一第二对电极,其互相相对地置放,其中第一对电极和第二对电极在中心点周围被等距离地隔开,第二对电极偏压至第一电位。
11. 如权利要求 10 所述的透镜,其中第一电位为正。
12. 如权利要求 10 所述的透镜,其中第一电位为负。
13. 一种静电四极透镜系统,包括:  
一切换电路,其可控地连接至接地和一第一电压电位;  
一第一对电极,其互相相对地置放,并与切换电路连接;  
一第二对电极,其互相相对地置放,其中第一对电极和第二对电极在中心点周围被等距离地隔开,第二对电极偏压至第二电压电位。
14. 如权利要求 13 所述的系统,其中第一电压电位为正且第二电压电位为负。
15. 如权利要求 13 所述的系统,其中第一电压电位为负且第二电压电位为正。
16. 如权利要求 13 所述的系统,其中切换电路是提供第一电压电位至第一对电极的电源的部件。
17. 一种操作离子植入系统的方法,包括:  
从离子源提取一离子束;  
判定所需离子束能量是否高过第一阈值;且  
根据判定,沿着离子束的射束路径将一四极透镜配置为双极结构或单极结构中的一

种。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其中假如所需离子束能量低于第一阈值,则四极透镜配置为单极结构。

19. 如权利要求 17 所述的方法,还包括判定所需射束能量是否高过第二阈值,其中第二阈值比第一阈值低。

20. 如权利要求 19 所述的方法,其中假如所需离子束能量低于第二阈值,则四极透镜配置为单极结构。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其中假如所需离子束能量高过第二阈值且低于第一阈值,则四极透镜配置为单极结构或双极结构。

## 用于带电荷的射束输送的单极静电四极透镜及切换方法

### 发明领域

[0001] 本发明一般地涉及离子植入装置,且更特别地,涉及一单极静电四极透镜及在一离子植入系统中可使用的该透镜的使用。

### [0002] 发明背景

[0003] 离子植入是一种过程,其在半导体器件制造中被用于选择地植入掺杂到半导体和/或晶片材料中。对离子植入,掺杂原子/分子被离子化和隔离、加速、形成射束且扫过一晶片。掺杂离子物理地轰击晶片,进入表面且停在表面之下。

[0004] 一离子植入系统是精密子系统的集合,每一子系统执行一特殊作用于掺杂离子上。掺杂元素-在气态或固态下-被置放于离子化腔内且借助合适的离子化过程被离子化。在一示例过程中,腔维持在低压(真空)下。一灯丝安置于腔中且加热至从灯丝源产生电子的状况。带负电荷的电子被吸引至也位于腔中的一带相反电荷的阳极。在从灯丝行进至阳极的时间内,电子和掺杂源元素(例如原子或分子)碰撞,且从分子状态的元素中产生许多带正电荷的离子。

[0005] 一般除了所需的掺杂离子外,也产生其他正离子。所需的掺杂离子借助被称为分析、质量分析、选择或离子分离的过程而从离子中选择。选择是通过使用一产生磁场的质量分析器(mass analyzer)而完成的,其中从离子化腔来的离子行进通过所述的磁场。离子以相当高的速度离开离子化腔且借助磁场弯曲成弧状。弧状的半径由个别离子质量、速度和磁场的强度所支配。分析器的出口只允许一种离子-所需的掺杂离子-离开质量分析器。

[0006] 一加速系统-被称为线性加速器-被使用于一些系统中,以便加速所需的掺杂离子至预定能量以进入晶片表面。对加速而言,系统一般地为线性设计,其具有被环形供电的电极和延伸于其轴上的四极透镜。四极透镜以负和正电位供电。当掺杂离子进入其中,该掺杂离子便借助被供电的电极被加速穿过且借助四极透镜而选择地聚焦(成射束)。

[0007] 接下来,掺杂离子在终点站被导向晶片。该晶片可以置放于以一预定转速旋转的过程托盘上。掺杂离子-以射束-以一特定的射束电流撞击晶片。

[0008] 一般地,当掺杂离子通过加速系统时,射束电流有一基本的损失。这种损失在低能量时特别地高。这样的射束电流损失可增加实施离子植入的成本、复杂度和困难度。此外,这样的射束电流损失可能限制加速系统和因此还有该加速系统所属的离子植入系统的操作范围。因此需要降低通过加速系统的射束电流损失。

### 发明概要

[0009] 为了提供本发明一个或多个方面的基本理解,紧接着描述一简单概要。该概要并非本发明广泛的概述,也非意欲指出本发明的重要或关键要点,也非记载其范围。而概要的主要意图是以一简单的形式描述一些本发明的方案,以当作稍后呈现的更详细说明的开场白。

[0010] 本发明降低了射束电流损失,特别是对于低能量离子植入。本发明使用静电四极透镜,每一透镜借助单极电源而非双极电源被激励,以便传输一低能量离子束通过一离子

植入机的线性加速器部分。尤其是,此方法被用于当加速设为零时。结果,离子植入系统能够操作在低能量下,因此扩大了离子植入系统的操作范围。此外本发明也包括用于在双极配线和单极配线间切换的系统和方法。

[0011] 为完成前述和相关目的,本发明包括的特点在下面将完全地描述且特别地在权利要求中指出。下面的说明和附图详细地讲述了本发明特定的说明性观点和实施。然而它们只是指示出本发明原理可以应用的各种方式中的某些而已。配合参考附图,从紧接的本发明详细说明中,本发明其他目的、优点和新颖的特点将会变得显而易见。

[0012] 附图简述

[0013] 图 1 为根据本发明一方面的高能量离子植入系统图。

[0014] 图 2 为根据本发明一方面的模块化线性加速器的透视图。

[0015] 图 3 为示例性的常规正和负双极静电四极透镜图。

[0016] 图 4 为根据本发明一方面的负电位单极静电四极透镜图。

[0017] 图 5 为根据本发明一方面的正电位单极静电四极透镜图。

[0018] 图 6 为根据本发明一方面的静电四极透镜的切换电路图。

[0019] 图 7 为根据本发明一方面的静电四极透镜的切换电路图。

[0020] 图 8 为根据本发明一方面的产生所需离子束的方法流程图。

[0021] 发明详述

[0022] 现在将参照附图说明本发明,其中贯穿全说明书使用相似元件符号来参照相似元件。本领域技术人员应当理解,本发明并不限于之后所说明和阐述的示例实施例和方面。

[0023] 本发明通过降低通过高能量植入机的线性加速部分的射束电流的衰减来方便离子植入。运用一串的单极四极透镜,而非双极四极透镜。单极四极透镜的使用降低了射束电流损失,且可以扩大离子植入系统的操作范围。

[0024] 从图 1 开始,说明根据本发明一方面的示例性高能量植入系统 10 的图解。系统 10 具一终端 12、一束线组件 14 和一终点站 16。终端 12 包括由一高压电源 22 供电的一离子源 20。离子源 20 产生提供给束线组件 14 的一离子束 24。然后离子束 24 在终点站 16 中导向目标晶片 30。包括一质量分析磁体 26 和一射频 (RF) 线性加速器 (linac) 28 的束线组件 14 则调整离子束 24。线性加速器 28 包括一串的加速模块 28a-28n,每一加速模块可以进一步加速离子以超越它们从前面的模块所获得的能量。可借助一高射频电压 - 典型地借助谐振法被产生以维持所需适度的平均功率 - 单独地激励加速模块。质量分析磁体 26 只让适合的电荷 / 质量比的离子通过线性加速器 28。

[0025] 在本例的系统 10 中的线性加速模块 28a-28n 单独地包括一射频放大器、一谐振器、一可激励电极和一单极静电四极透镜 - 也称为四极透镜。谐振器在一适当频率 (例如以大约 0-150kV 的电压,在大约 3-30MHz 范围下) 操作来加速离子束 24 至所需能量 (例如每电荷态超过一百万电子伏特)。当离子束 24 通过各个加速模块或级 28 时,离子被加速和倾向于散开。

[0026] 单极静电四极透镜单独地包括位于中心轴周围的四个等间隔的电极,且产生和离子束 24 的路径横切的四极场。第一对电极 - 互相相对地置放 - 为负电位且第二对电极为接地电位。由于产生的静电场,单极静电四极透镜对离子束 24 具有聚焦效果。第一对透镜 - 在一实施例中 - 在垂直平面上聚焦且在水平平面上散焦,而第二对透镜在水平平面上

聚焦且在垂直平面上散焦。通过调整施加给所有线性加速模块 28a-28n 的单极静电四极透镜的负电位,离子束 24 的去散 (despread) 可以降低且离子束 24 可以聚焦成所需的形状。

[0027] 因为少了典型地在常规静电四极透镜中使用的正电位,所以单极静电四极透镜的使用减缓了离子束 24 中和的降低。结果离子束 24 的射束电流比使用常规正和负双极静电四极透镜的常规离子植入系统中的射束电流要大。

[0028] 图 2 提供根据本发明一方面的示例性模块化的线性加速模块或级 228 的透视图。一直流离子束 224a 沿着一射束路径 226 提供给加速器 228 (例如来自于前面的质量分析磁体,未画出)。举例来说,直流离子束 224a 可以包括细长狭缝形状,其沿着路径 226 通过一具有垂直细长狭缝 232 的进入开口 230。离子束 224a 经由两组匹配的四极装置 234 和相应接地的电极 236 而形成大致圆形 (未画出),其中每一接地电极 236 包括一处在路径 226 上的圆形开口 238。本发明的四极装置 234 包括一对单极静电四极透镜,其中第一对在垂直平面上聚焦且第二对在水平平面上聚焦。

[0029] 线性加速器 228 还包括两个或更多加速模块或级 228a、228b、... 228n- 其中 n 为整数,其中的两个 (例如级 228a 和 228b) 在图 2 中被示出。每一加速模块 228n 进一步加速来自于离子束 224 的离子以超越它们从前面的模块所获得的能量。可借助用一电源和谐振器 (未画出) 产生的高射频电压单独地激励加速模块 228n。加速模块 228a 包括沿着路径 226 在一可激励电极 248 之前和之后置放的一对接地电极 246,其中可激励电极 248 可被一适当的射频能量源和谐振器 (未画出) 激励以完成射束路径 226 上离子束 224a 内的离子加速。接地电极 246 一般和可激励电极 248 为等间距,以便提供它们之间一般相等的第一和第二间隙 250a 和 250b。相似地,第二加速模块或级 228b 包括沿着路径 226 在一第二可激励电极 258 的前面置放的第一接地电极 256。

[0030] 也是一单极静电四极透镜的四极装置 264 可位于路径 226 上的第一和第二加速级 228a 和 228b 间,以在离子束 224 通过连续加速级 228 时提供该离子束的径向聚焦。加速器 228 可包括进一步的加速级或模块 (未画出),由此一离子束 224b 可加速至高于向加速器 228 所提供的直流离子束 224a 的能量级。虽然只有一四极透镜 264 在图 2 中用来说明级 228a,应该了解的是,可以类似于四极装置 234 而提供一对这样的透镜。此外,虽然在一实施例中,线性加速器的每一级 228a 至 228n 使用单极四极透镜,但本发明也可预期变型方案,其中这样的四极装置并未被用于所有的级。

[0031] 图 3 为说明示例性常规正和负双极静电四极透镜 300 的图解。透镜 300 包括一提供本质上幅度相同的正电压和负电压的电源 302。此外透镜 300 也包括一对互相相对地置放的负电极 304、306 和一对互相相对地置放的正电极 308、310,其中电极 304、306、308 和 310 在中心点周围被等间距地隔开。

[0032] 负电极对 304 和 306 连接至电源 302 且接收负电压。结果负电极对 304 和 306 偏压至负电压值。此外正电极对 308 和 310 连接至电源 302 且接收正电压,因此偏压至正电压。电极 (304、306、308 和 310) 产生四极静电场以选择地聚焦和散焦通过中心点的一离子束。举例来说,一离子束中的带正电荷的离子被在箭头 312 指示的方向上的场加速,造成离子束在 Y 方向聚焦且在 X 方向散焦。获得的聚焦 / 散焦量为偏压电极 (304、306、308 和 310) 的正电压和负电压幅度的函数。

[0033] 现在翻到图 4,其绘出根据本发明一方面的一负单极静电四极透镜 400 的图解。透

镜 400 包括一负电极对 404、406 和一接地电极对 408、410。

[0034] 电源 402 输送一负电压给负电极对 404、406。接地电极对 408、410 连接至接地，典型地经过一低阻路径。因此负电极对偏压至负电压值，且接地电极对 408、410 偏压至接地。以类似图 3 中说明的方式，电极产生四极静电场，其中射束于一平面上聚焦且同时于第二垂直的平面上散焦。

[0035] 虽然该现象的完全了解尚未被完全理解，但和图 3 双极正和负静电四极透镜 300 相比，单极静电四极透镜 400 降低了射束电流的损失。相信是因为对离子束中带正电荷的离子加剧了空间电荷效应而使得正电位电极减少了射束电流的损失。在任何情况下，使用图 4 的单极静电透镜，在某些低能量情形下已经观测到最终射束电流的两倍增加。

[0036] 现在翻到图 5，其绘出根据本发明一方面的一正单极静电四极透镜 500 的图解。透镜 500 包括第一正电极 504、第二正电极 506、第一接地电极 508 和第二接地电极 510。

[0037] 电源 502 输送一正电压给第一正电极 504 和第二正电极 506。第一接地电极 508 和第二接地电极 510 连接至接地。因此第一正电极 504 和第二正电极 506 偏压至正电压值，且第一接地电极 508 和第二接地电极 510 偏压至接地电压值。电极从电极 - 两正和两中性 - 产生四极场。举例来说，两中性（接地）场倾向于散焦一离子束中的带正电的离子，而两正电场倾向于聚焦带正电的离子。

[0038] 和图 3 双极正和负静电四极透镜 300 比较，单极静电四极透镜 500 降低了射束电流的损失。然而图 4 的负单极静电四极透镜 400 倾向于比图 5 的正单极静电四极透镜 500 更佳地降低电流损失。

[0039] 图 6 为说明根据本发明一方面的从单极切换至双极操作的静电四极透镜 600 的切换电路图。一负电源 601 产生一负电压，且一正电源 602 产生一正电压。透镜 600 包括第一负电极 604、第二负电极 606、第一可变电位电极 608 和第二可变电位电极 610。

[0040] 第一负电极 604 和第二负电极 606 从负电源 601 接收负电压且因此偏压为负电位。第一可变电位电极 608 和第二可变电位电极 610 要么借助正电源 602 偏压为正电位，要么偏压为接地电位。使用一开关 612 来分别地控制第一可变电位电极 608 和第二可变电位电极 610 的偏压。开关 612 为正电源 602 和接地间的单极双掷开关。开关 612 可手动地或经由一控制系统（未画出）自动地操作。

[0041] 图 7 为说明根据本发明一方面的从单极切换至双极操作的静电四极透镜 700 的另一切换电路图。一负电源 701 产生一负电压且一正电源 702 产生一正电压。透镜 700 包括一负电极对 704、706 和一可变电位电极对 708、710。

[0042] 负电极对 704、706 从负电源 701 接收负电压且因此偏压为负电位。可变电位电极对 708、710 要么借助正电源 702 偏压为正电位，要么偏压为接地电位。

[0043] 一切换电路 712 被作为正电源 702 的部件。切换电路 712 可被操作来可控地提供一电源输出为正电压值或为接地的低阻路径。使用切换电路 712 来控制可变电位电极对 708、710 的偏压。

[0044] 图 6 和图 7 绘出了根据本发明来配置用于双极及 / 或单极操作的静电四极透镜的两个示例性方面。然而本发明并非限制于这些特别的方面且可以延伸包括其变化，只要四极透镜可以被选择来操作在双极或单极操作。另外图 6 和图 7 是参照单个的负单极静电四极透镜来描述的，但根据本发明也可以延伸为单个的正单极静电四极透镜。

[0045] 下面的表格 1 显示了根据本发明的单极静电四极透镜和常规双极静电四极透镜的一些示例性实验结果。

[0046]

5KeV 能量, 420 $\mu$ A 注入电流			
		最终电流	
单极	负	150 $\mu$ A	
单极	正	~100 $\mu$ A	
常规双极	负和正	~30 $\mu$ A	

[0047] 从上表格 1 中可见, 单极静电四极透镜可以比常规双极静电四极透镜本质上产生更多射束电流。举例来说, 在具有 5KeV 能量、420  $\mu$ A 注入电流的低能量射束下, 常规双极静电四极透镜只有产生大约 30  $\mu$ A, 而正单极静电四极透镜产生大约 100  $\mu$ A, 且负单极静电四极透镜产生大约 150  $\mu$ A。因此正单极静电四极透镜提供了常规双极静电四极透镜大约三倍或更多的射束电流, 且负单极静电四极透镜提供了常规双极静电四极透镜大约五倍的射束电流。

[0048] 鉴于上述的结构和功能特征, 参考图 1-7 更能体会根据本发明各个方面的方法。虽然为了简单解释, 图 8-9 的方法被显示和描述成依序执行的, 但是要了解和体会, 本发明并不受限于所说明的次序, 因为依据本发明的某些方面可能是与此处所示和所述不同的次序和 / 或与其他方面同时地进行的。此外, 可能并非需要所有说明的特征来实施依据本发明一方面的方法。

[0049] 现在翻到图 8, 其绘出根据本发明一方面产生所需离子束的方法 800 的流程图。和常规离子束产生方法 (例如常规离子植入装置) 比较, 方法 800 能够通过线性加速器以降低的射束电流损失产生所需的离子束。方法 800 对比较低能量 (例如少于八万电子伏特) 的离子束特别地适合。

[0050] 方法 800 从 802 开始, 其中一由正离子或负离子所组成的离子束借助由一高压电源供电的离子源来产生。例如基于和离子源相关的提取射束的偏压和结构, 离子束以一初始能量级和射束电流 - 称为注入电流 - 而产生。然后在块 804 中借助一质量分析器处理离子束, 其中磁场本质上只允许具有所需电荷 / 质量比的离子通过。因此不需要的离子、原子和分子从离子束移除, 因此在离子束中本质上只留下所需的离子。于 806, 判定射束的所需能量是否高过第一阈值。举例来说, 假使需要一高能量射束 (例如几百至几十万 keV), 则所需能量比第一阈值高 (在 806 为是)。在该情况下, 于 808, 驱动与系统有关的线性加速系统, 且于 810, 与系统有关的四极透镜在常规双极结构下被偏压。

[0051] 然而假使所需的射束能量比第一阈值低 (在 806 为否), 则于 812 进行第二判定, 看所需的能量是否高过第二阈值。假使于 812 判定为是, 则所需能量位于第二和第一阈值间, 且在此能量范围中, 在 814, 可使用双极或单极四极透镜配置两者中的任一个。在上述条件下, 偏压四极透镜的判据是简单地维持该四极透镜当前被配置的那种偏压配置。然而假

使所需的射束能量并未大于第二阈值（在 812 为否），则于 816 使用四极透镜的单极偏压配置。如前面所述，在低能量下，单极配置的使用有益地帮助改善了离子植入系统中的射束电流。

[0052] 在块 808，离子束的离子由一或多个单极静电四极透镜选择地聚焦，以产生具有所需形状（例如对称、椭圆形或类似形状）的离子束。在一实施例中，每一透镜包括两对电极，所有电极一般围绕离子束所行经的中心点被等距隔开。一第一相互对被偏压至接地且第二相互对被偏压至正或负电压。电极产生横切于离子束路径的四极电场，因此造成如前面所讨论的离子束的聚焦和散焦。借助使用两个这样的透镜和以相反方式偏压它们，透镜对被用于维持射束聚焦和降低空间电荷效应。用来偏压第二对电极的电压值为所需聚焦和散焦的函数。在块 818 处继续方法 800，其中离子束被导向一目标晶片。

[0053] 在块 818，离子束然后导向晶片，其中当需要时，此动作可还包括射束减速、偏向等。在前面的实施例中，第一阈值大约为 80keV 且第二阈值大约为 50keV，然而可使用其他阈值且预期仍落入本发明的范围内。

[0054] 虽然本发明已经参照一或多个实施进行了说明和描述，但本领域其他技术人员在阅读及了解本说明书和附图的情况下将可想到等同的替换和修改。特别是对于前面所述部件（组件、装置、电路、系统等）所执行的各种功能、用于描述此部件的术语（包括参照为“工具”），除非另有所指，它们应意指任何有关的执行所述部件的特定功能的部件（即功能上等效），哪怕在结构上并不等同于用于实施本发明示例性实施例中的功能的所揭露的结构。此外，虽然只参照几个实施中的一个揭露本发明的特别的特点，但可将此特点和其他实施的一或多个其他特点合并，这是可能需要的，而且对任何给定或特定的应用是有益的。另外，至于在说明书和权利要求书任一者中所用的术语“包括”、“具有”或其变型，此术语意指和术语“包含”相类似，为开放的方式。

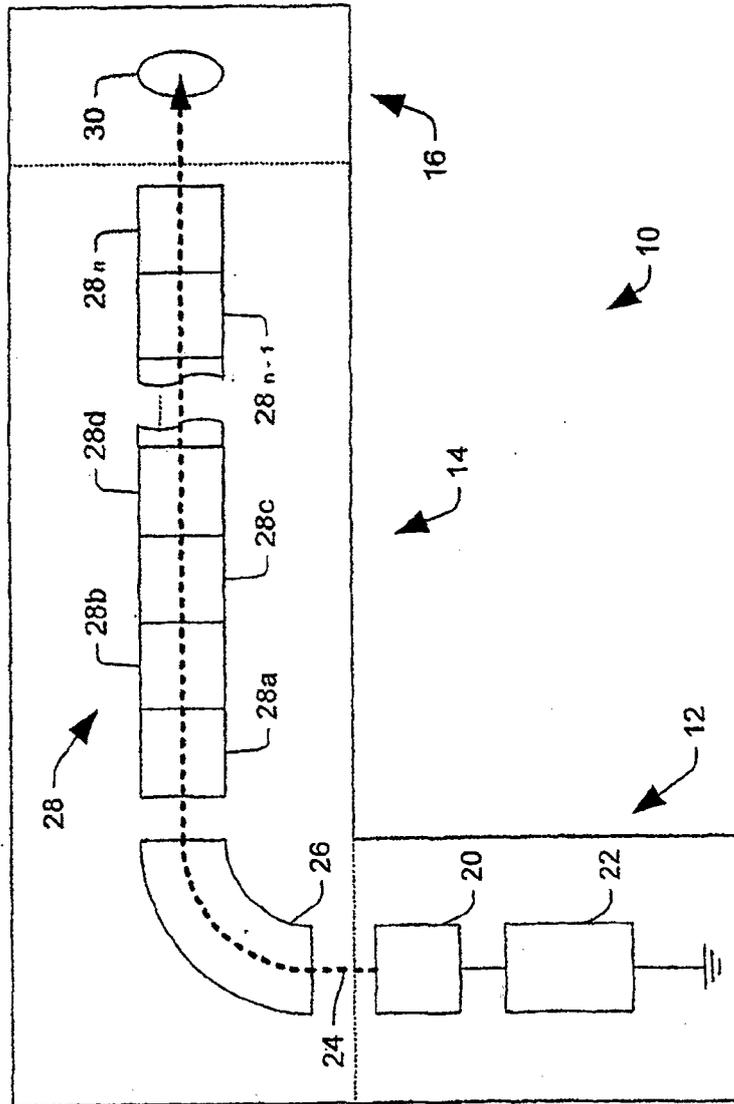


图 1

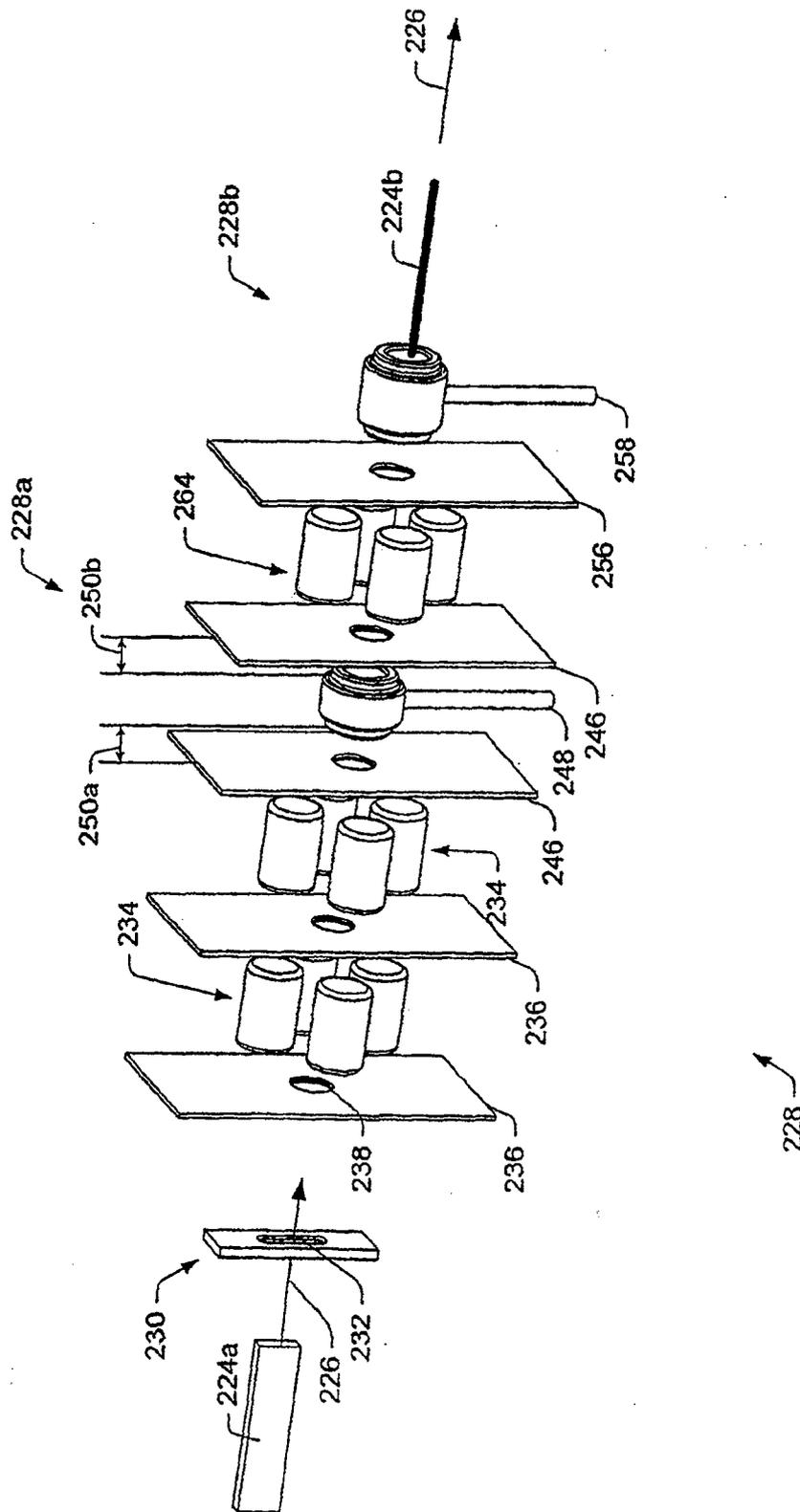


图 2

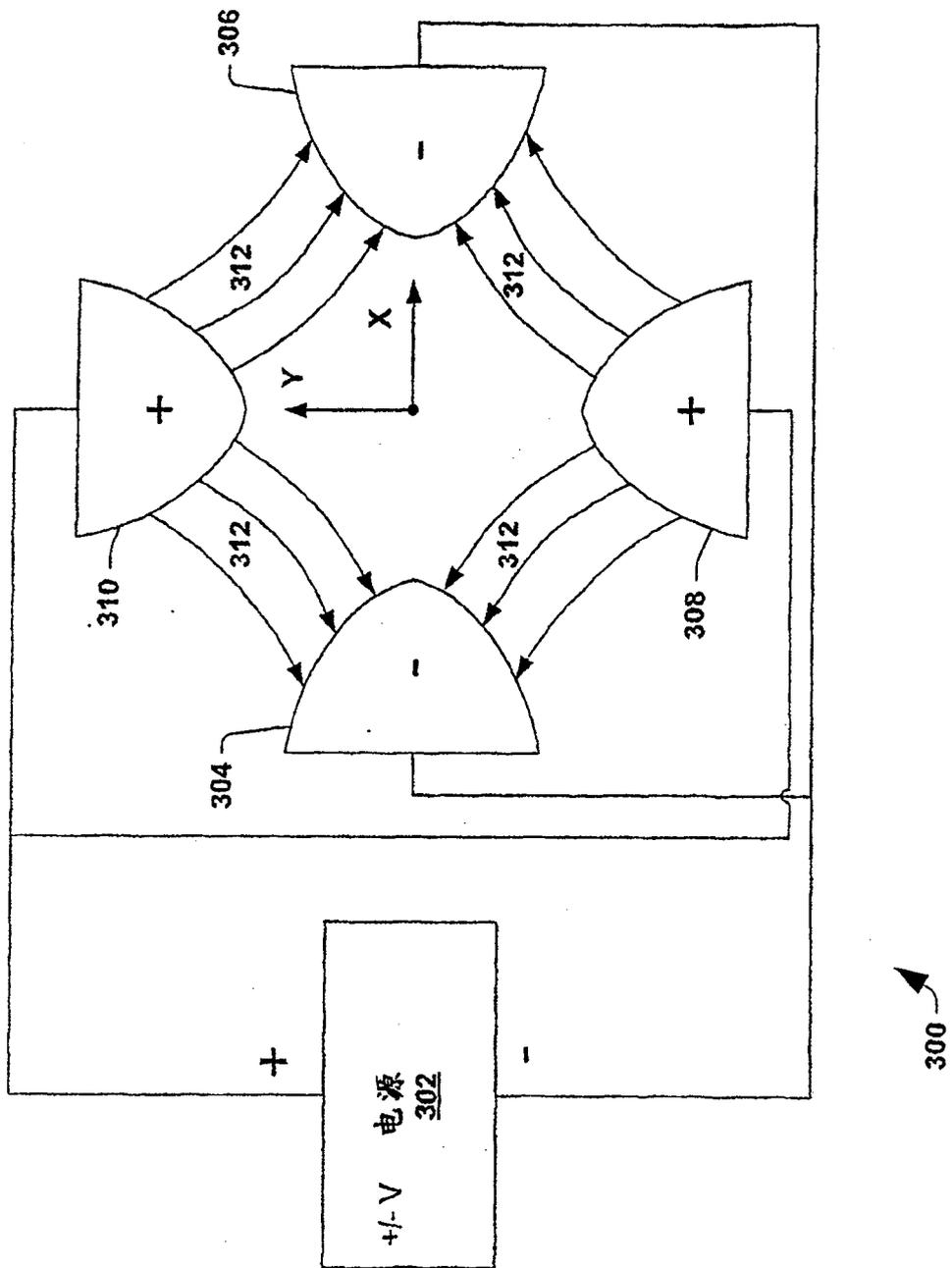


图 3 现有技术

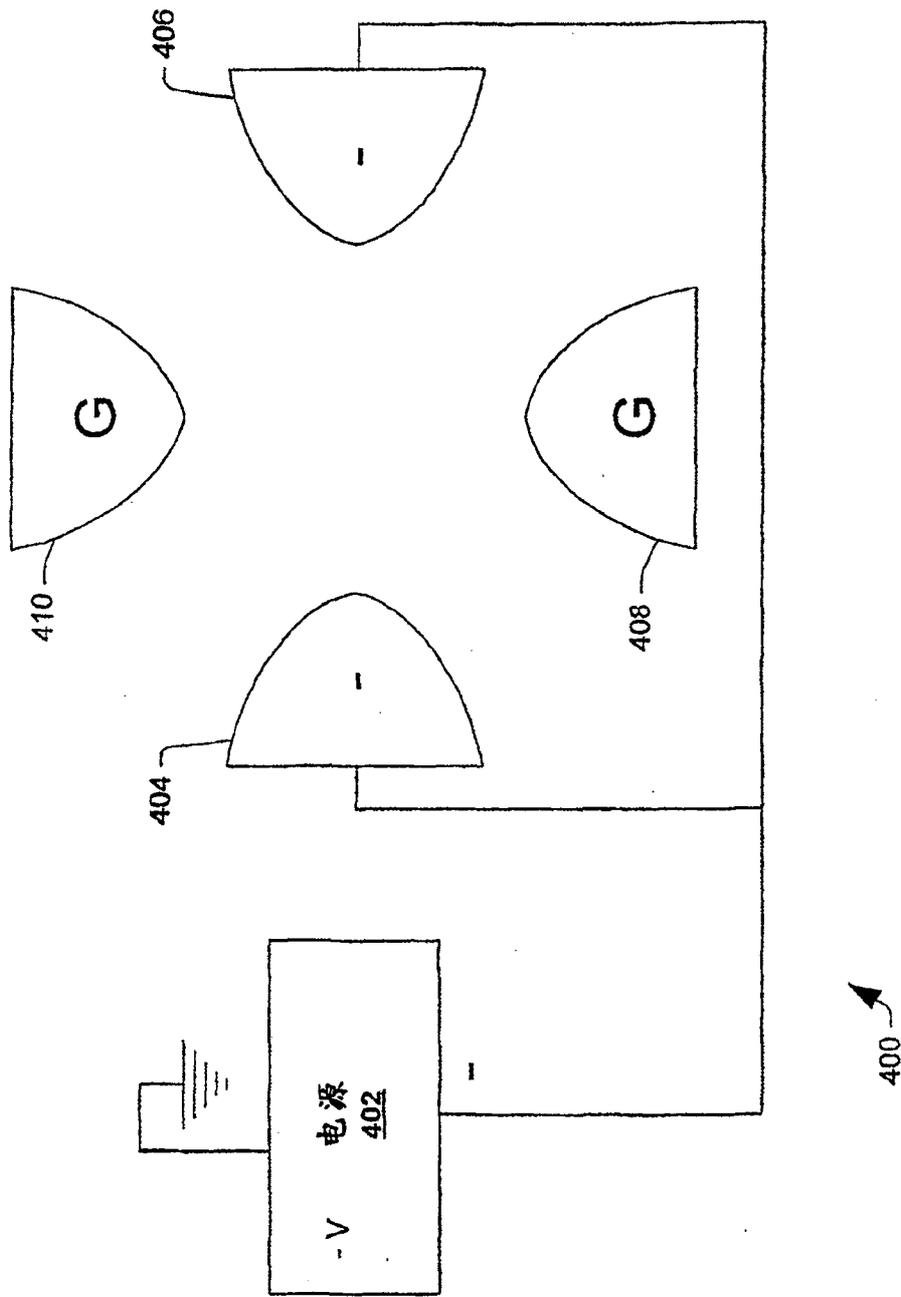


图 4

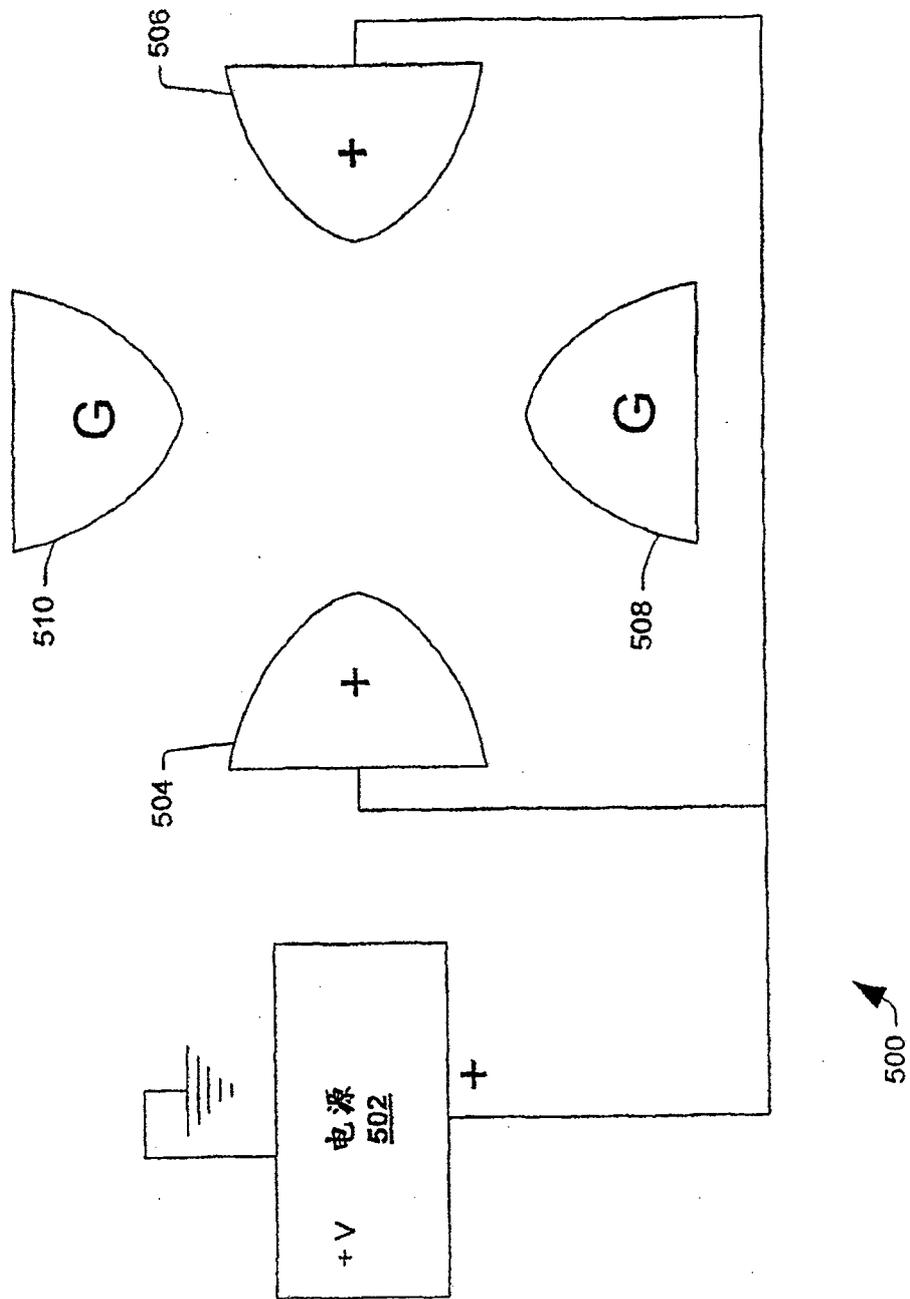


图 5

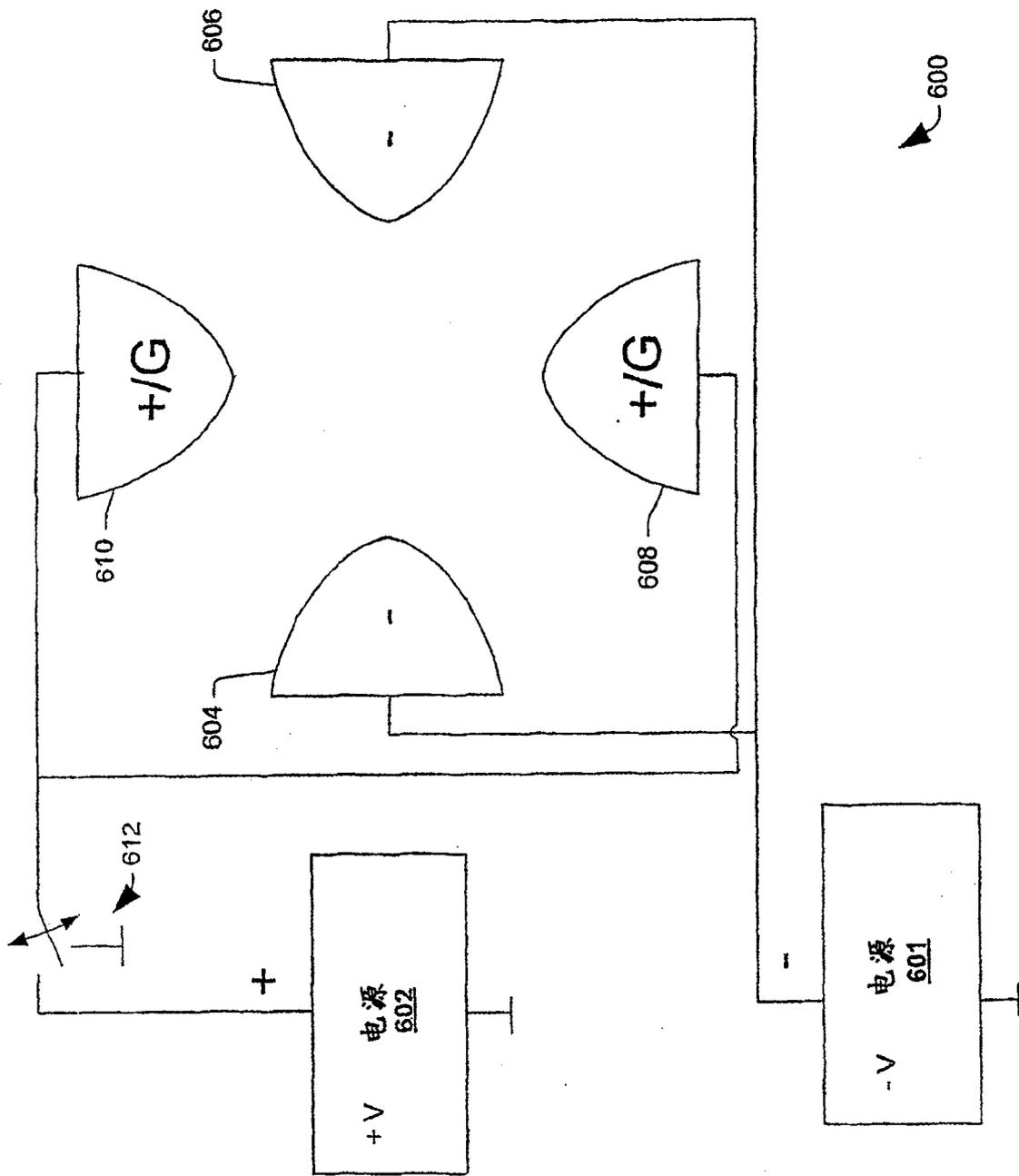


图 6



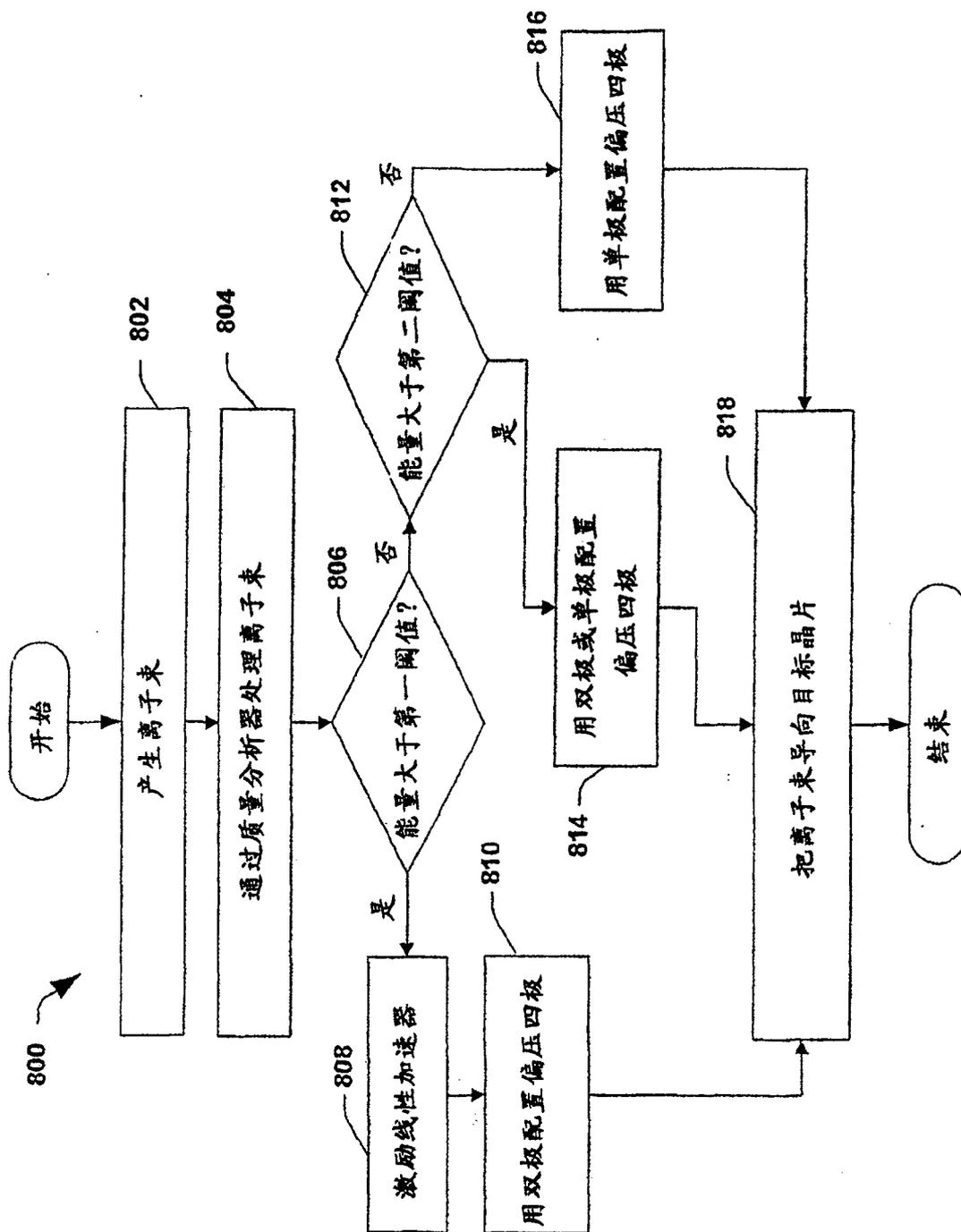


图 8