

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98115969.9

[43]公开日 1999年2月24日

[11]公开号 CN 1208954A

[22]申请日 98.7.9 [21]申请号 98115969.9

[30]优先权

[32]97.7.10 [33]US[31]891,415

[71]申请人 易通公司

地址 美国俄亥俄州

[72]发明人 M·C·格温

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 孟八一 杨厚昌

权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 将低剂量离子植入基质的方法

[57]摘要

本发明提供了一种离子植入系统,它采用一个离子源(12),用于将一种稀有稀释气体和一种选定的掺杂气体电离并植入一种基质(S)上。本发明的稀有稀释气体优选不会与所述掺杂气体或涂覆在所述离子源(12)的电离室(24)壁上的掺杂剂残留物反应。另外,该稀有稀释气体不会将能改变导电性的离子或杂质导入所述基质(S)上。同此,可以精确控制植入所述基质的掺杂离子的剂量,特别是用于低剂量场合。

权 利 要 求 书

1. 一种在离子源中电离选定的气体混合物的方法, 包括以下步骤:

5 将一种掺杂气体和与之混合的一种稀有稀释气体导入离子源 (12) 的电离室 (24) 中, 相对该选定气体而言, 所述稀有气体是惰性的, 和

电离所述掺杂气体和稀有稀释气体。

2. 如权利要求 1 的方法, 其中, 所述将稀有稀释气体导入的步骤包括将氦气导入电离室 (24) 的步骤。

10 3. 如权利要求 1 的方法, 还包括从所述电离室 (24) 中提取掺杂气体离子和稀释气体离子的步骤。

4. 一种将离子植入基质的方法, 包括以下步骤:

将一种掺杂气体和一种稀有稀释气体导入离子源 (12) 的电离室 (24) 中, 该稀有稀释气体相对所述掺杂气体而言是惰性的,

在所述电离室 (24) 中混合所述掺杂气体和所述稀有稀释气体,

15 在所述电离室 (24) 中电离所述选定的掺杂气体和所述稀有稀释气体, 形成掺杂剂离子和稀释剂离子, 和

将所述离子植入基质 (S) 。

5. 如权利要求 4 的方法, 其中, 所述导入稀有稀释气体的步骤包括将氦气导入电离室 (24) 的步骤。

20 6. 如权利要求 4 的方法, 其特征在于所述植入步骤还包括将低剂量的掺杂离子植入所述基质 (S) 的步骤。

7. 如权利要求 4 的方法, 还包括在所述植入步骤之前, 将所述基质放置在植入外壳 (14) 的植入室 (14A) 中。

25 8. 如权利要求 4 的方法, 还包括与该离子源使用史无关的操作所述离子源的步骤。

9. 如权利要求 4 的方法, 其中, 所述离子源 (12) 产生的束流包括所述掺杂离子和稀有稀释离子, 而且, 所述的植入步骤还包括以 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ - 大约 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 浓度范围植入掺杂离子。

10. 一种将低剂量离子植入基质的方法, 包括以下步骤:

30 将一种掺杂气体和一种稀有稀释气体导入离子源 (12) 的电离室 (24) , 以混合所述气体, 所述稀有稀释气体相对所述掺杂气体而言是惰性的,



电离所述掺杂气体和稀有稀释气体，分别由二者产生离子，并将低剂量离子植入所述基质（S）。

11. 如权利要求 10 的方法，其中，所述将一种稀有稀释气体导入的步骤还包括将氦气导入电离室（24）的步骤。

5 12. 如权利要求 10 的方法，其中，所述植入步骤还包括从所述离子源（12）排出离子的步骤，和将该离子射在基质（S）上的步骤。

13. 如权利要求 10 的方法，还包括在所述植入步骤之前，将基质（S）放入植入外壳（14）的植入室（14A）中。

10 14. 如权利要求 10 的方法，还包括与该离子源使用史无关的操作所述离子源（12）的步骤。

15 15. 如权利要求 10 的方法，其中，所述离子源能产生含有掺杂离子和稀有稀释离子的束流，而且，所述植入步骤还包括以 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ - 大约 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 浓度范围植入掺杂离子的步骤。

16. 一种用于将离子植入一种基质的离子植入系统，该系统包括：
15 一个具有电离室（24）的离子源（12），
一个与所述离子源（12）连接的植入外壳（14），及一个大小适于容纳基质（S）的植入室（14A），
装有稀有稀释气体和掺杂气体的一个或多个流体储存室（26，
28），

20 气体导入装置（30, 32A, 32B），用于将所述掺杂气体和所述稀有稀释气体导入电离室（24），该稀有稀释气体与掺杂气体在其中混合，
一个使处在所述电离室（24）中的选定掺杂气体和所述稀有气体电离成赋能离子的电极（20），和

25 用于将所述赋能离子植入位于所述植入室（14A）内并处于所述离子运行途径中的基质（S）上的装置。

17. 如权利要求 16 的系统，其中，所述稀有稀释气体包括氦气。

18. 如权利要求 16 的系统，其中，所述气体导入装置包括与所述离子源（12）和所述流体储存室（26 或 28）连接的流体导管（30, 32A, 32B），用于在它们之间输送气体。

30 19. 如权利要求 16 的系统，其中，所述电极（20）与所述离子源（12）和能源（22）连接，以便为该电极（20）供能。



20. 如权利要求 16 的系统，其中，所述用于植入的装置包括用于将低剂量的掺杂离子植入所述基质（S）的装置。

21. 如权利要求 20 的系统，其中，所述稀有稀释气体不会与掺杂气体反应，因而可将较低剂量的离子植入所述基质（S）上。

说明书

将低剂量离子植入基质的方法

5 本发明涉及用于产生离子，并将其植入基质的离子源和离子植入系统，更具体地讲，涉及有利于将低剂量离子植入基质的离子植入系统。

离子植入已成为一种标准的、商业上可以接受的技术，用于以受控制而又迅速的方式将能改变导电性的掺杂剂导入基质中，如将半导体晶片或薄膜沉积在玻璃基质上。传统的离子植入系统包括一个离子源，它能电离一种特定的掺杂元素，再加速形成预定能量的离子束。该离子束
10 指向所述基质的表面。通常，所述离子束的高能离子能渗入所述基质本体，并被嵌进基质材料的晶格中，以形成具有特定导电性的区域。这种离子植入方法通常是在高真空、气密性操作室中进行的，该操作室包括一个工件处理组件、一个工件支承组件、和离子源。这种高真空环境能避免离子束因与气体分子碰撞而分散，还能减少空气悬浮颗粒污染所述
15 基质的危险。

在所述离子源中，通过一个供能阴极将诸如磷或硼之类的掺杂气体和通常为氮气或氢气的稀释气体电离，以形成等离子体。该等离子体由合适的电极加速，通过所述离子源形成离子束，然后将其导入该离子植入系统的植入室中。离子束中的离子撞击所述基质，并植入其中。

20 传统离子源和植入系统的缺点是，所述掺杂气体通常以其残余物涂覆所述离子源的室壁。所述稀释气体在导入离子源等离子体室后能与残余物涂层反应，并产生杂质，提高了该稀释气体中掺杂气体的有效浓度。这种形式的掺杂气体不受节制地向等离子体中释放，使低剂量植入不能实现。避免将杂质导入植入室的方法之一，是在每次使用之后清除离子
25 源壁上的残余物。不过，该方法并不可行，因为它会导致该离子源使用时间明显缩短，并相应降低该离子植入系统的生产率。

尽管由掺杂剂残留物与稀释气体之间的反应所产生的杂质通常在高剂量应用中还能容忍，但将低剂量离子植入基质的离子源的需求正日益增加，在这种应用中，必须对离子束流和离子成分进行严格控制。所述
30 离子束中杂质的存在，使得对被植入所述基质中的离子剂量的控制变得很困难。

因此，本领域中一直存在对有利于将低剂量离子植入基质的离子源

和植入系统的需求。具体地讲，无论其以前的应用属何种类型的离子源（通常称作“离子源使用史”）都可以使用，而且无须经常清洗以除去残余物，这便是对现有技术的一大改进。

5 下面将结合某些优选实施方案对本发明进行说明。不过，应当明白的是，在不超出本发明构思和范围的前提下，可由本领域技术人员作出各种改变和改进。例如，可以使用本发明优选措施的各种系统结构元件组成不同系统，以便使用非活性的稀释气体。

10 本发明提供了一种离子植入系统，该系统使用能将一种稀有稀释气体和一种特定的掺杂气体电离，并将其植入基质中的一种离子源。本发明的稀有稀释气体优选不与掺杂气体反应，或不与涂覆在离子源的电离室壁上的残留掺杂物反应者，因此可将所述离子源用于精确、稳定低剂量的植入技术中。另外，所述稀有稀释气体不会将能改变导电性的离子或杂质导入基质 S 中。结果，可以对植入该基质的掺杂离子的剂量进行精确控制，特别是在低剂量应用中。

15 本发明通过导入一种掺杂气体和一种稀有稀释气体的方式实现了将离子源中选定的气体混合物电离的上述目的和其它目的，所述掺杂气体与稀有气体在离子源的电离室中混合，并将所述掺杂气体和稀有稀释气体电离，该电离气体形成赋能的掺杂离子和稀释离子。然后便可将所述离子植入基质中。

20 按照本发明一个方面，将所述稀有稀释离子和掺杂离子植入所述基质中。按照另一个方面，所述稀有稀释气体是氦气，而所述离子源的使用与该离子源使用史无关。

25 按照本发明又一个方面，将较低剂量的离子植入所述基质中。本文中，“低剂量”一词意在包括形成其掺杂离子浓度范围大约为 $1 \times 10^{11} \text{cm}^{-2}$ - 大约 $1 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 的离子束。

按照本发明再一个方面，所述离子源与植入室的植入外壳连接，所述植入室，大小能罩住所述基质，并通过由所述离子源释放离子并将该离子射在该基质上对该基质进行植入。

30 通过阅读以下的附图和说明书，可使本发明总的目的和更具体的目的在一定程度上变得更清楚和更明显。

附图的简单说明

通过阅读以下的说明书和附图可以理解本发明的上述目的和其它目

的、特征和优点，在这些附图中，不同视图中类似的编号表示相同的部件。这些附图说明了本发明的原理，虽不是原比例，但也表示出相对尺寸。

5 图 1 是按照本发明披露的技术采用一种稀有稀释气体的离子植入系统的方框示意图。

图 2 是将氦气用作图 1 所示离子植入系统的稀释气体而获得的结果以表格形式表示。

图 3 是图 2 所示结果的曲线图，磷化氢的百分比为横座标，而掺杂剂流为纵座标。

10 对所列实施方案的详细说明

所示的离子植入系统 10 采用一个离子源 12，它能电离一种特定的掺杂气体和稀释气体，如一种稀有气体，尤其是氦气。本发明的稀释气体优选不与所述掺杂气体反应者，或不与涂在所述离子源的电离室壁上的掺杂剂残余物反应者，从而可将该离子源用于精确、稳定的低剂量植

15 入。这是一个重要特征，因为先前所使用的离子源无论是用于高剂量还是低剂量植入，在用于低剂量植入场合之前通常要加以清洗。本发明提出将一种稀有气体用作稀释气体，从而免除了在用于低剂量植入环境之前清洗该离子源的必要性。

图 1 以框图形式表示一种离子植入系统 10，该系统包括一个离子源

20 12，和一个与该离子源相通的植入外壳 14，而且该系统通常将一种基质 S 安放在植入室 14A 中。所述离子源 12 通常能发射一种离子束，该离子束射在所述基质 S 上，以便使选定的离子植入所述基质。一般的离子植入系统在本领域中是公知的，完善的，并可通过商业途径自 Eaton Corporation (Cleveland, Ohio) 获得。所示的离子源可以是适用于将

25 选定离子植入基质的所有常见离子源。这种类型的离子源是完善的，并可自 Eaton Corporation (Cleveland, Ohio) 购买。

所示的离子源 12 可以包括标准成分，尤其是包括一个形成电离室 24 的标准外壳 18。离子源 12 还包括一个供能电极 20，如一个阴极，该电极可通过任何适当的电路连接，如以电引线 21 与能源 22 连接。电离

30 室 24 与一个掺杂气体储存室 26 连接，并通过任何适当的流体网络，如流体导管 30 和 32A - 32B 与一个稀释气体储存室连接。离子源、电极、能源和流体网络的上述结构在本领域中是公知的，可从商业途径获得，

而其连接和操作为本领域普通技术人员所熟知。例如，当启动时，由电源 22 给供能电极 20 提供能量。将选定的掺杂气体，如硼或亚磷充进掺杂气体储存室 26 中。通过流体导管 32A 和 30 将该气体导入电离室 24，并借助激发的供能电极使之电离，形成等离子体。可以设置流体调节器，
5 用于调节导入电离室的稀有稀释气体和掺杂气体的量。

以类似方法，将所述稀释气体导入所述电离室，例如，通过流体导管 32B 和 30 在导入所述掺杂气体之前、同时或同期、或之后将其导入。所述供能电极 20 也能电离稀释气体，形成等离子体的一部分。具体地讲，所述稀释气体和掺杂气体在电离室 24 中混合，并由所述供能电极 20 电
10 离，以形成掺杂离子和稀释离子。通过离子源外壳 18，存在于所述等离子体中的上述离子被加速，并在所述离子源的输出端将该离子排出，形成具有预定能量（如电流密度）的离子束。

将由离子源 12 所产生的离子束导入常规植入外壳 28 中，该外壳限定植入室 14A。将待植入的合适基质 S 放在室 14A 中，例如通过已知基质处理组件（未画出）放置，并位于从离子源 12 发射的离子束的通道上，如箭头 30 所示。构成离子束 30 一部分的高能离子打在基质 S 上，并穿
15 透其本体，从而把能改变其导电性的掺杂离子和稀释离子导入所述基质。

所述稀释气体与所述掺杂气体混合，在被离子源 12 电离后形成等
20 离子体。该等离子体中的电离稀释气体部分有助于保持离子源内的适当压力，以得到稳定的离子束，用于随后的植入。因此，由该离子源产生的等离子体中的稀释剂部分，可在离子源 12 内保持选定的压力，以便由此产生各种不同束流。本领域普通技术人员可以理解，所述掺杂气体和稀
释气体可以在电离室中混合，或在导入所述离子源之前混合，

25 常规离子植入系统的缺陷是，在电离过程中，诸如氢气等常规稀释气体会与诸如亚磷气体等掺杂气体反应，该反应发生在离子源内部，并能与在使用该离子源期间所产生，并涂覆在电离室 24 的壁 18A 上的任何残余物反应。涂覆在离子源壁的残余物，以及由氢气与亚磷气（通常用于植入的气体）反应所形成的一切反应产物构成杂质，这些杂质随后被植
30 入基质 S 中。对于高剂量植入物来说，导入所述基质的杂质通常在允许范围内。但是，对于低剂量植入物来说，精确性是最重要的，因此，任何杂质的产生都会大大影响植入基质 S 的离子的特定剂量。而且，离子

束中杂质的存在，会明显妨碍对植入所述基质的掺杂离子的剂量的精确控制。

5 在低剂量植入方法中，用于保证离子剂量精度的一种现有方法是，卸下所述离子源，清除一切涂在该离子源壁上的残留物，即消除其使用经历（离子源使用史）。尽管该方法清除了壁上残余物，并由此清除了因稀释气体和残余物的反应而产生的所有杂质，但它未能消除由掺杂气体与稀释气体之间的反应而产生的杂质。因此，这些杂质仍构成所述离子束的一部分，使得难于控制植入所述基质的杂质量。在低剂量植入过程中，这种控制尤其重要，因为相对高剂量植入物而言，所述杂质占总束流的较大百分比。

10 而且，卸下和清洗所述离子源是相当费时的，并需要把该离子源从离子植入系统中拆除，这会直接妨碍该系统总的生产率。这通常是不情愿的，因此可同时用于高剂量和低剂量植入方法的灵活的离子植入系统将是有利的。所示的植入系统 10 特别适用于将低剂量的掺杂离子植入基
15 质 S 中。所示的稀释气体储存室 28 是通过流体导管 32B 和 30 将诸如氦气等稀有气体，而不是将氢气等常规稀释剂导入所述植入室。相对掺杂气体而言，该稀有稀释气体是惰性的，因此，不会与该掺杂气体，或是可能涂覆在离子源 12 的电离室壁上的残余物发生明显的反应。另外，通过电离该稀有稀释气体和掺杂气体而形成从所述离子源中射出的离子
20 束，不会将能改变导电性的离子（或者说杂质）导入基质 S。因此，可对植入所述基质的掺杂离子的剂量进行精确控制，特别是在低剂量应用中。另一个优点是，该系统的使用者不必关心植入基质中的氦离子量，因为该离子不会改变基质的导电特性。

25 因此，所示本发明的离子植入系统 10 具有能克服上述现有植入系统缺陷的优点。很显然，使用诸如氦气等稀有稀释气体，可以提供一种能产生稳定的，高度精确的低剂量植入的植入系统。该系统使用一种既不会与诸如硼或亚磷气等掺杂气体反应，又不会与涂覆在离子源的室壁 18A 上的残留物反应的稀有稀释气体来达到上述目的。而且，由于该稀有稀释气体相对掺杂气体而言是惰性的，由该稀有稀释气体所产生的离子
30 植入不会改变基质的导电性，因此，不会产生影响该基质特定剂量的杂质。

图 2 表示采用了一种稀有稀释气体的离子植入系统 10 工作的表格

式图。该表显示，由能源 22 向供能电极 20 提供净的正向 RF 能，以瓦特计。在样品试验 1 - 9 中，流入电离室的氮气和磷化氢 (PH_3) 流是可变的，并以标准的每分钟立方厘米 (sccm) 表示。表中所列举的氮气和磷化氢流是以氮气单位表示的。还给出了从离子源 12 中发出的离子束 30 中的磷化氢的浓度，而且与导入电离室 24 的磷化氢的量成正比例改变。掺杂剂分数是掺杂离子，如亚磷离子占离子束的百分比。离子束流密度是在 80keV 下测定的，它直接随着由能源 22 供给电极 20 的净正向 RF 能而变化。掺杂剂流是掺杂剂分数乘束流之积，其结果也在该表中示出。

10 如试验 1 所示，掺杂气体储存室不将任何掺杂气体导入电离室，而稀有稀释气体储存室的氢气流量为 72.3 SCCM。所产生的 PH_3 浓度和掺杂剂分数为 0%。这一结果是很重要的，因为电离室 24 中仅有氮气的话，不会产生任何反应产物，因此，不会与涂在室 24 壁 18A 上的任何残余物相互反应。结果，离子源 12 不会产生任何会被植入基质中的显著量的杂质。进一步参见实验 1，所述束流密度为 252 微安/cm，而所产生的掺杂剂流为 0 微安/cm。

参见图 2 中的实验 3，净正向 RF 能为 1248.4 瓦特，氮气流量为 71.5 SCCM，而磷化氢流量为 0.7 SCCM。所述掺杂气体和稀有稀释气体流可导致电离室 24 的 PH_3 浓度为 0.98%。因此，以离子源产生的离子束 20 中的 PH_3 离子所占百分比表示的掺杂剂分数为 1.6%。其束流略低，因为由能源所提供的能量较少，但表示束流是否仅由掺杂离子构成的掺杂剂流是 200 微安（不过，此时的总离子束流实际上为 1.25 毫安）。这一实验表明，导入离子源 12 的电离室 24 中的掺杂气体产生了相应量掺杂离子。这些离子构成掺杂剂流的唯一组分，因为没有掺杂剂与稀有稀释 25 气体之间的反应，或稀有稀释气体与电离室残留物之间的反应所产生的其它杂质。

余下的实验 4 - 9 是将氮气量降低和磷化氢量提高导入电离室 24。因此，所产生的 PH_3 的浓度以接近的相应比例增加。这些实验还表明，没有掺杂剂与稀有稀释气体之间反应，或稀有稀释气体与电离室残留物 30 之间反应所产生的其它杂质。

如果用氢气代替所述稀有气体（氮气），所产生的 PH_3 浓度将明显不同于图 2 中所示的浓度，尤其是当离子源具有涂覆在电离室 24 的壁



18A 上的残留物时更是如此。更具体地讲，所得到的 PH_3 浓度将明显大于该表中所给出的浓度，因为氢气不仅会与室 24 的气态掺杂剂反应，还会与该室中的残留物反应。反应所产生的杂质构成由离子源 12 所产生的离子束的一部分。如上文所述，这些杂质会影响离子低剂量植入基质的应用。

5 图 3 是图 2 中所示掺杂剂流和所得 PH_3 浓度的关系图，其中，以百分比形式表达的 PH_3 稀释度以横座标示出，而掺杂剂流以纵座标示出。将相关的数据于所示的卡迪尔座标系中作图。从该曲线图可以清楚地看到，离子束中掺杂离子的浓度随着掺杂气体的浓度而增加，特别是当净
10 RF 能处于较窄的能量范围内时更是如此。

由此可以看出，本发明可有效实现上述目的，通过以上说明可以意识到这一点。由于在不超出本发明范围的前提下可以对上述结构进行某些改变，其用意是，以上说明书中所包含的或附图中所示出的一切内容均被理解为说明性的而没有限定的意义。

15 还应当理解，以下的权利要求书覆盖了本文所披露的本发明的所有一般的和特定的特征，而以语言形式所做的对本发明范围的陈述也落入其中。

在对本发明做过说明之后，我们要求保护的新的并希望由书面专利确保的内容是：

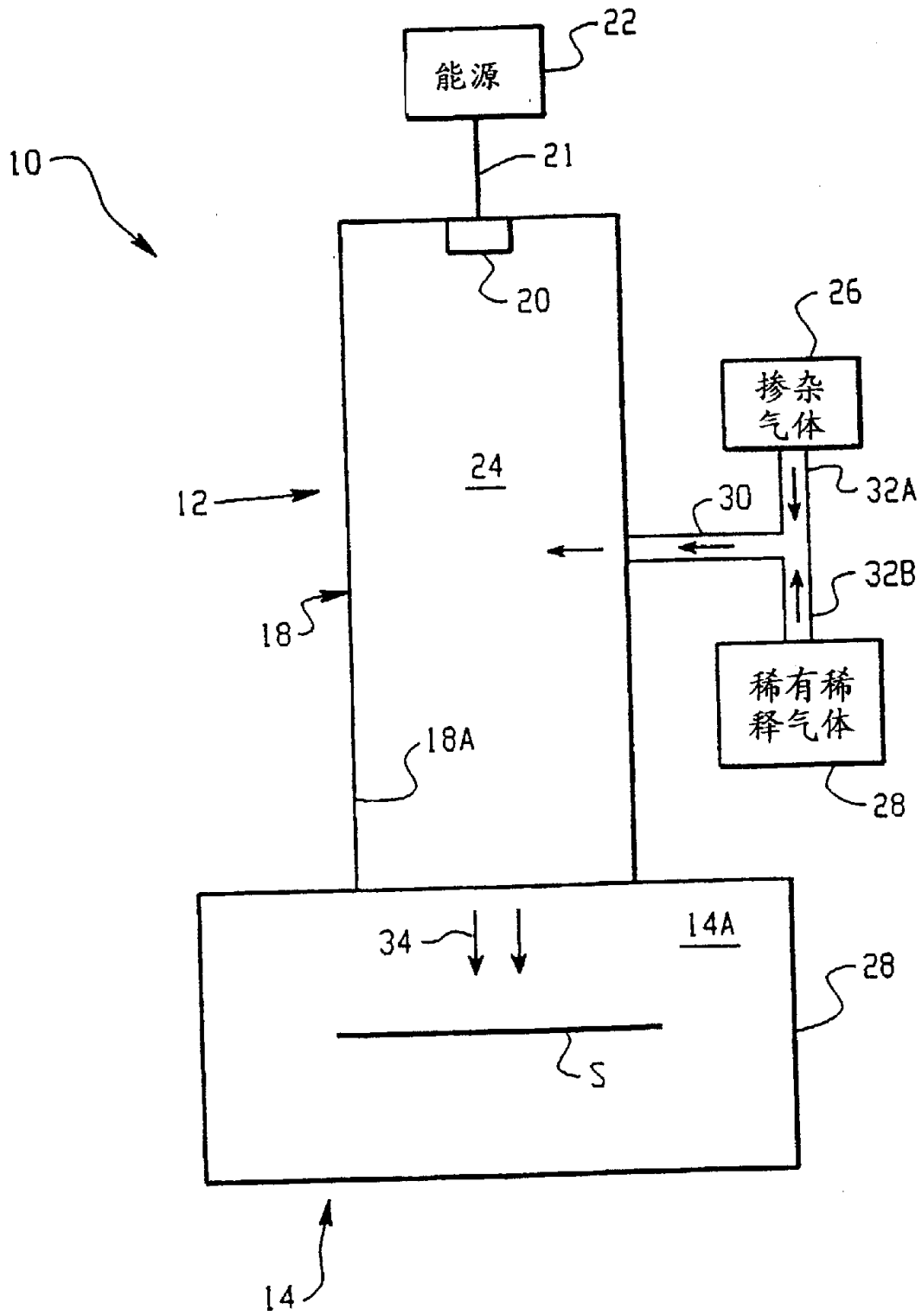


图 1

在稳定的预定能量下变化的PH ₃ 浓度-用氦气稀释									
净正向RF能(瓦特)	He ₃ 流量(sccm)	PH ₃ 流量(sccm)	所得到的PH ₃ 浓度(%)	掺杂剂分数(%)	在80keV下的线性束流密度(μ A/cm)	总束流(mA)	在80keV下的掺杂剂流(部分 μ A/cm)	P ₂ H _x /PH _x (%)	
1 1307.9	73.2	0.0	0.00	0.0	252	12.6	0.00	0.0	
2 1257.7	71.5	0.4	0.56	0.0			0.00	0.0	
3 1248.4	71.5	0.7	0.97	1.6	248	12.4	3.97	0.0	
4 1266.5	69.4	1.4	1.98	3.6	362	18.1	13.03	0.0	
5 1471.4	67.9	2.1	3.00	13.0	442	22.1	57.46	5.2	
6 1546.5	66.5	2.8	4.04	16.0	503	25.15	80.48	7.3	
7 空缺数据点	65.0	3.5	5.11	21.0	556	27.8	116.76	8.3	
8 1551.1	61.4	5.3	7.95	31.0	610	30.5	189.10	10.8	
9 1497.7	57.8	7.1	10.94	39.0	608	30.4	237.12	13.3	

图 2

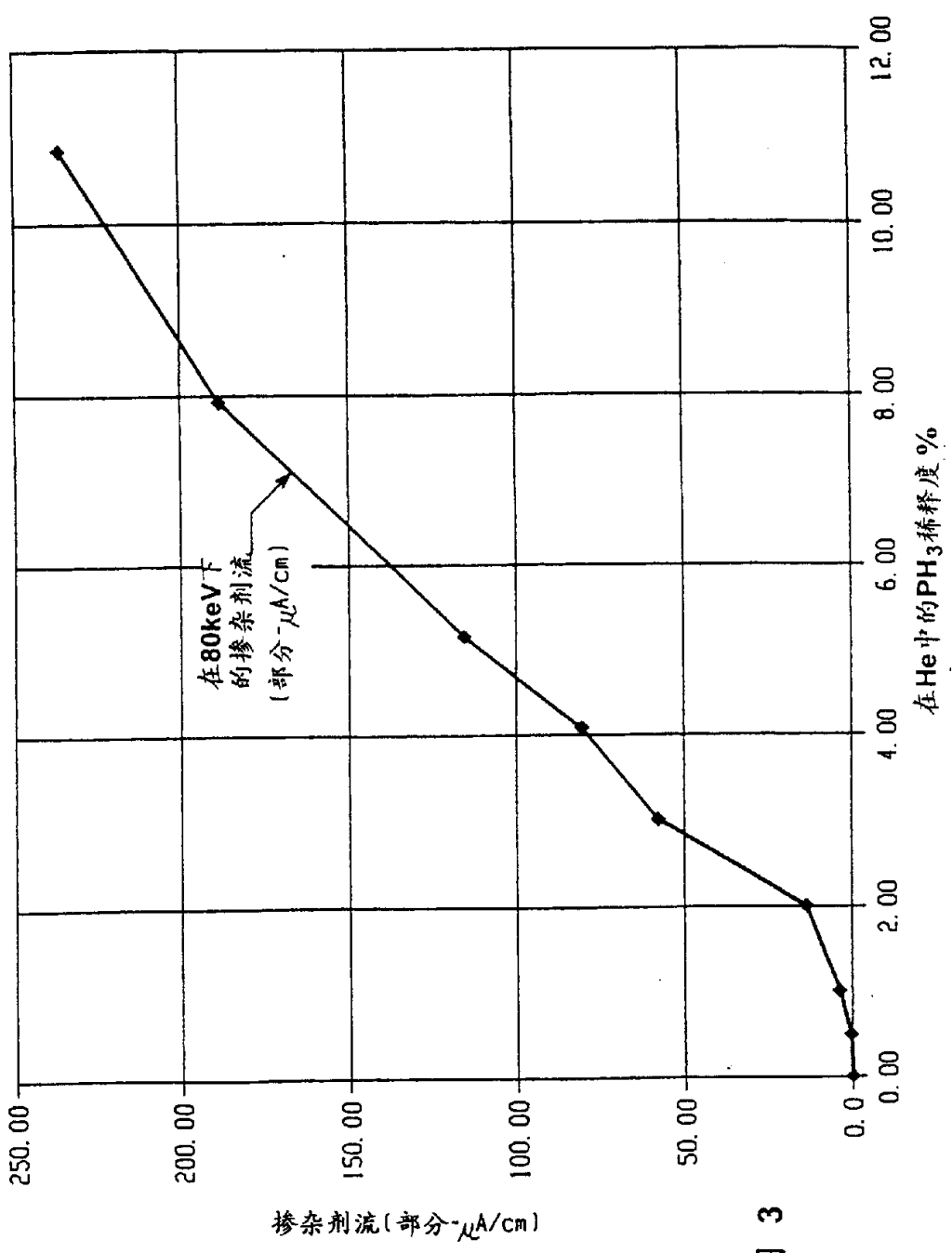


图 3