(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107578972 A
(43)申请公布日 2018.01.12

(21)申请号 201710706402.7

(22)申请日 2011.02.26

(30)优先权数据
61/308,428 2010.02.26 US
61/390,715 2010.10.07 US

(62)分案原申请数据
201180011189.9 2011.02.26

(71)申请人 恩特格里斯公司
地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 罗伯特·凯姆
约瑟夫·D·斯威尼
安东尼·M·阿维拉
理查德·S·雷

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任公司 11287
代理人 顾晨昕

(51)Int.Cl.
H01J 37/08(2006.01)
H01J 37/30(2006.01)
H01J 37/317(2006.01)
H01L 21/22(2006.01)
H01L 21/223(2006.01)
H01L 21/265(2006.01)
F17C 7/00(2006.01)

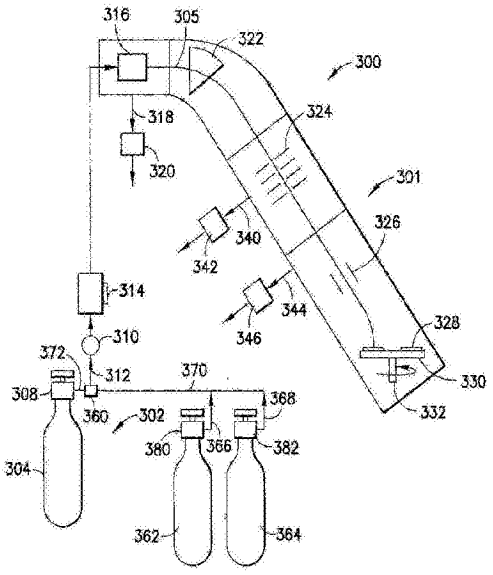
权利要求书1页 说明书17页 附图2页

(54)发明名称

用于提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的方法和设备

(57)摘要

本申请涉及用于提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的方法和设备，并提供一种离子注入系统和方法，其中，通过利用富含同位素的掺杂剂材料，来提高离子注入系统的离子源的性能和寿命，或通过利用具有可有效地提供这种提高的补充气体的掺杂剂材料来实现。



CN 107578972 A

1.一种用于离子注入的封装式气体混合物，其包含气体存储与分配容器，所述气体存储与分配容器包含气体混合物，所述气体混合物包含掺杂气体、稀释气体和任选的同质气体，其中所述掺杂气体包含为硼掺杂物料的掺杂物料，且所述稀释气体包含氢气，且其中所述掺杂气体和，当存在时，所述同质气体中的至少一者是以高于至少一种同位素的天然丰度水平富含同位素的，其中所述气体存储与分配容器构成单一的气体供应容器。

2.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述气体混合物包含同质气体。

3.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述掺杂气体选自由三氟化硼和乙硼烷所组成的群组。

4.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述掺杂气体包含非掺杂组分，所述非掺杂组分与所述掺杂物料配位或缔合，且所述非掺杂组分选自由氢化物、卤化物和有机组分所组成的群组。

5.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述稀释气体还包含至少一种选自由以下所组成的群组的气体：氩气、氟气、氮气、氦气、氨气和氙气。

6.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述掺杂气体包含三氟化硼。

7.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述掺杂气体包含乙硼烷。

8.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述气体混合物包含三氟化硼、氢气和氙气。

9.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述气体混合物由三氟化硼和氢气组成。

10.根据权利要求1所述的封装式气体混合物，其中所述气体混合物由三氟化硼、氢气和乙硼烷组成。

11.一种用于增强离子注入系统的操作的方法，其包含提供根据权利要求1所述的封装式气体混合物用于所述离子注入系统。

12.一种离子注入方法，其包含：

使气体混合物从根据权利要求1所述的封装式气体混合物流至离子源；

由在所述离子源的所述气体混合物产生离子掺杂物料；和

在基底中注入所述离子掺杂物料。

用于提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的方法和设备

[0001] 本申请是申请日为2011年2月26日，申请号为201180011189.9，发明名称为“用于提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的方法和设备”的申请的分案申请。

[0002] 对相关申请的引用

[0003] 根据美国法典第35条119款，本申请要求于2010年2月26日由Robert Kaim等人提交的名为“METHOD AND APPARATUS FOR ENHANCED LIFETIME AND PERFORMANCE OF ION SOURCE IN AN ION IMPLANTATION SYSTEM(用于提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的方法和设备)”的美国临时专利申请号61/308,428的优先权，以及于2010年10月7日由Robert Kaim等人提交的名为“METHOD AND APPARATUS FOR ENHANCED LIFETIME AND PERFORMANCE OF ION SOURCE IN AN ION IMPLANTATION SYSTEM(用于提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的方法和设备)”的美国临时专利申请号61/390,715的优先权。所述美国临时专利申请号61/308,428和61/390,715的公开内容为了所有目的而以其相应的全部内容结合于此以供参考。

技术领域

[0004] 本公开涉及利用掺杂剂和掺杂气体混合物来提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能的离子注入。

背景技术

[0005] 如在半导体制造中所实践的，离子注入涉及通过将这种物质的高能离子(energetic ion)撞击在基底上而将化学物质沉积在基底，例如微电子装置(器件)晶片中。为了产生离子注入物质，使掺杂气体经受电离，例如，该掺杂气体可以包括掺杂物质的卤化物或氢化物。用离子源执行此电离，以产生离子束。

[0006] 一旦在离子源产生，便通过萃取(抽取)、磁过滤、加速/减速、分析器磁处理、准直、扫描和磁校正来处理离子束，以产生撞击在基底上的最终离子束。

[0007] 已经开发了各种类型的离子源，包括感应加热的阴极离子源、弗里曼离子源、伯纳斯离子源，以及各种其他离子源，但是，不管使用何种特定类型的离子源，该离子源必须能够在延长的时间周期内连续操作，不会出现“小故障(瞬发性波动，glitching)”或其他将使得必须关闭、维护或维修离子源的事件(occurrence)。因此，在离子注入系统的有效且节省成本的操作方面，离子源寿命是该系统的关键特性。

[0008] 离子源故障可归因于各种原因，包括在对离子的热离子发射产生负面影响的阴极表面上堆积沉积物，导致离子源的电弧电流减小、性能变差且寿命缩短，以及由于在电弧室中产生游离氟而导致与诸如四氟化锗的掺杂气体的有害蚀刻反应，并且，阴极材料的剥离或溅射导致阴极的物理完整性受损，从而使离子源的性能变差并缩短其寿命。

[0009] 由于需要避免离子源故障，并需要将离子源的操作效率和寿命保持在较高水平，本领域不断地努力尝试以提高离子注入系统中的离子源的寿命和性能。

发明内容

[0010] 本公开涉及离子注入系统和方法，并涉及用于实现这样的系统和方法中的离子源的提高的寿命和性能的方法和设备。

[0011] 在一个方面中，本公开涉及一种离子注入方法，包括，使掺杂剂成分(掺杂剂组合物，dopant composition)流至离子源，以产生用于注入的离子掺杂物质，其中，从由以下物质组成的组中选择掺杂剂成分：

[0012] (i)富含同位素(同位素富集的，isotopically enriched)以高于至少一种质量70、72、73、74或76的锗同位素的天然丰度水平(等级)的锗化合物，其中，所述至少一种锗同位素的富含同位素的水平(富含同位素的等级，同位素富集水平，isotopically enriched level)比质量70的锗同位素大21.2％，比质量72的锗同位素大27.3％，比质量73的锗同位素大7.9％，比质量74的锗同位素大37.1％，比质量76的锗同位素大7.4％，限制条件是，当掺杂剂成分由以质量72的锗同位素富含同位素的四氟化锗组成时，所述富含同位素的水平比质量72的锗同位素大51.6％；以及

[0013] (ii)包括掺杂气体和补充气体的掺杂气体配制品，其中，补充气体包括稀释气体和同质气体(同种类气体，co-species gas)中的至少一种，并且其中，掺杂气体和，当存在时，同质气体，中的至少一种是富含同位素的(同位素富集的)。

[0014] 在另一方面中，本公开涉及一种在上述类型的离子注入方法中操作离子源的方法，包括：

[0015] 使包括在所述掺杂剂成分中的不同的掺杂剂材料(掺杂剂物质，dopant materials)连续地流至离子源；

[0016] 在使所述不同的掺杂剂材料(掺杂剂物质)连续地流至离子源的过程中，监测离子源的操作过程中的阴极偏压功率；并且

[0017] 响应于所监测的阴极偏压功率，调节至少一种所述连续供应的掺杂剂成分，以延长离子源、阴极和/或离子源的一个或多个其他元件的工作寿命。

[0018] 本公开的又一方面涉及一种提高离子源的性能和寿命的方法，该离子源被布置为产生离子掺杂物质(doping species)以由掺杂剂给料进行离子注入，包括，由结合本公开的离子注入方法的如上所述的掺杂剂成分产生所述离子掺杂物质。

[0019] 本公开在另一方面中涉及一种离子注入系统，包括离子源和被布置为对所述离子源供应掺杂剂成分的掺杂剂成分源，其中，所述掺杂剂成分源包括结合本公开的离子注入方法的如上所述的掺杂剂成分。

[0020] 本公开的另一方面涉及一种掺杂剂给料设备，包括具有内部体积的容器，以及该内部体积中的掺杂剂给料，其中，掺杂剂给料包括结合本公开的离子注入方法的如上所述的掺杂剂成分。

[0021] 本公开的又一方面涉及一种增加离子注入系统中的源寿命和涡轮泵寿命中的至少一个的方法，在该离子注入系统中，将锗离子注入在基底中，所述方法包括，在所述离子注入系统的电离室中使含锗的掺杂气体电离，其中，所述含锗的掺杂气体包括锗烷和氢气、氩气、氮气及氦气中的一种或多种的混合物，其中，所述掺杂气体可选地以至少一种同位素Ge物质富含同位素。

[0022] 本公开的再一方面涉及一种增加其中将四氟化锗引入所述离子源并使其在所述离子源中电离的离子注入系统中的离子源寿命的方法，所述方法包括，将具有所述四氟化锗的氨引入至离子源，并且其中，所述四氟化锗可选地以至少一种Ge同位素物质富含同位素。

[0023] 本公开的另一方面涉及一种包括掺杂气体和补充气体的掺杂气体成分，其中，补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且其中，掺杂气体和，当存在时，同质气体，中的至少一种是富含同位素的。

[0024] 在另一方面中，本公开涉及一种操作离子源的方法，包括：

[0025] 使不同的掺杂剂材料(掺杂剂物质)连续地流至离子源；

[0026] 在使所述不同的掺杂剂材料(掺杂剂物质)连续地流至离子源的过程中，监测离子源的操作过程中的阴极偏压功率；并且

[0027] 响应于所监测的阴极偏压功率，调节至少一种所述连续供应的掺杂剂成分，以延长离子源、阴极和/或离子源的一个或多个其他元件的工作寿命。

[0028] 本公开的再一方面涉及一种操作离子源的方法，包括：

[0029] 使掺杂剂材料(掺杂剂物质)流至离子源；

[0030] 在使所述掺杂剂物质流至离子源的过程中，监测离子源的操作过程中的阴极偏压功率；并且

[0031] 响应于所监测的阴极偏压功率，使清洁剂或沉积剂(沉淀剂，deposition agent)流至离子源，以相对于缺少所述使清洁剂或沉积剂(沉淀剂)流至其的相应离子源，延长离子源、阴极和/或离子源的一个或多个其他元件的工作寿命。

[0032] 从下面的说明书和所附权利要求书中，本公开的其他方面、特征和实施方式将是更完全显而易见的。

附图说明

[0033] 图1是根据本公开的一个方面的离子注入处理系统的示意图。

[0034] 图2是根据本公开的另一方面的离子注入处理系统的示意图。

具体实施方式

[0035] 本公开涉及利用富含同位素的(同位素富集的，isotopically enriched)掺杂剂和/或补充材料(掺杂剂和/或补充物质)来提高离子注入系统的离子源的寿命(使用寿命)和性能。

[0036] 如这里使用的，单数形式“一种”、“一个”和“该”包括复数对象，除非上下文明确表示不是这样。

[0037] 如相对于其特征、方面和实施方式在这里不同地阐述的，本公开可以特别是这样构成的实现方式：包括、包含或基本上包含一些或所有这样的特征、方面和实施方式，以及集合起来以构成本发明的各种其他实现方式的其元件(要素)和部件(组分)。在这里，参考本发明的各种特征和方面，在各种实施方式中阐述了本公开。本公开考虑了如在本公开的范围内的各种排列和组合的这样的特征、方面和实施方式。因此，可将本公开规定为，包括、包含或基本上包含这些特定特征、方面和实施方式的任何这种组合和排列，或其所选择的

一个或多个(一种或多种)。

[0038] 如可适用的,相对于这里阐述的其各种说明和例证,通过排除特定取代基(替代物)、同位素、部分、结构、成分、特征、步骤或条件的限制条件或限制规定,可进一步在特定实施方式中规定的本公开的化合物、成分(组合物)、特征、步骤和方法。

[0039] 相对于不使用这种富含同位素的掺杂剂和/或补充材料(掺杂剂和/或补充物质)的相应的离子注入系统和方法,由于使用这种富含同位素的掺杂剂和/或补充材料(掺杂剂和/或补充物质)的结果而使本公开的离子注入系统和方法实现提高的离子源寿命和性能。

[0040] 如这里使用的,术语"掺杂气体(dopant gas)"指的是包括掺杂剂物质(dopant species)的气相材料(气相物质),即,待注入在离子注入基底中的物质,与非掺杂剂成分(non-dopant component)配位(coordinated)或缔合(associated),如氢化物、卤化物、有机或其他部分。掺杂气体的实例包括四氟化锗、锗烷、三氟化硼、乙硼烷、四氟化硅、硅烷、磷化氢(膦)和砷化氢(胂)。

[0041] 如这里使用的,术语"补充气体(supplemental gas)"指的是稀释气体或同质气体(同种类气体,co-species gas)。

[0042] 稀释气体是不包含掺杂剂物质的气体,并且该气体与掺杂气体有效混合,以与处理不存在稀释气体的掺杂气体的相应离子源的寿命和性能相比,提高处理这种具有掺杂气体的含稀释气体的混合物的离子源的寿命和性能。稀释气体的例示性实例包括氢气、氩气、氟气和氙气。

[0043] 同质气体(同种类气体,co-species gas)是包含与掺杂气体相同的掺杂剂物质的气体,其中,这种相同的掺杂剂物质与非掺杂剂成分配位或缔合,该非掺杂剂成分与掺杂气体的非掺杂剂成分不同。

[0044] 例如,掺杂气体可以是四氟化锗,而同质气体可以是锗烷,GeH_4。

[0045] 本公开在一个方面中涉及一种离子注入方法,包括,使掺杂剂成分(掺杂剂组合物,dopant composition)流至离子源,以产生用于注入的离子掺杂物质,其中,从由以下物质组成的组中选择掺杂剂成分:

[0046] (i)富含同位素(同位素富集的,isotopically enriched)以高于至少一种质量70、72、73、74或76的锗同位素的天然丰度水平(等级)的锗化合物,其中,所述至少一种锗同位素的富含同位素的水平比质量70的锗同位素大21.2%,比质量72的锗同位素大27.3%,比质量73的锗同位素大7.9%,比质量74的锗同位素大37.1%,比质量76的锗同位素大7.4%,限制条件是,当掺杂剂成分由以质量72的锗同位素富含同位素的四氟化锗组成时,所述富含同位素的水平比质量72的锗同位素大51.6%;以及

[0047] (ii)包括掺杂气体和补充气体的掺杂气体配制品,其中,补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种,并且其中,掺杂气体和,当存在时,同质气体,中的至少一种是富含同位素的(同位素富集的)。

[0048] 在这种方法的各种实施方式中,可从由以下物质组成的组中选择掺杂剂成分:富含同位素以高于至少一种质量70、72、73、74或76的锗同位素的天然丰度水平的锗化合物。因此,掺杂剂成分可包括:富含同位素的比质量70的锗同位素大21.2%的锗化合物;富含同位素的比质量72的锗同位素大27.3%的锗化合物;富含同位素的比质量72的锗同位素大51.6%的锗化合物;富含同位素的比质量73的锗同位素大7.9%的锗化合物;富含同位素的

比质量74的锗同位素大37.1%的锗化合物;或富含同位素的比质量76的锗同位素大7.4%的锗化合物;

[0049] 在其他实施方式中,可以用包括四氟化锗和锗烷中的至少一种的锗化合物来实践该方法。例如,锗化合物可能包括四氟化锗,其中,四氟化锗中的锗可具有:大于21.2%的质量70的锗同位素的富含同位素的水平;大于27.3%的质量72的锗同位素的富含同位素的水平;大于51.6%的质量72的锗同位素的富含同位素的水平;大于7.9%的质量73的锗同位素的富含同位素的水平;大于37.1%的质量74的锗同位素的富含同位素的水平;或大于7.4%的质量76的锗同位素的富含同位素的水平。

[0050] 可这样执行本公开的再一实施方式,其中,掺杂剂成分包括锗烷,并且锗烷中的锗具有:大于21.2%的质量70的锗同位素的富含同位素的水平;大于51.6%的质量72的锗同位素的富含同位素的水平;大于7.9%的质量73的锗同位素的富含同位素的水平;大于37.1%的质量74的锗同位素的富含同位素的水平;或大于7.4%的质量76的锗同位素的富含同位素的水平。

[0051] 可在其他实施方式中执行以上宽泛地描述的离子注入方法,其中,从由包括掺杂气体和补充气体的掺杂气体配制品组成的组中选择掺杂剂成分,其中,补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种,并且其中,掺杂气体和,当存在时,同质气体,中的至少一种是富含同位素的。在各种实施方式中,可从由以下物质组成的组中选择这种掺杂气体和,当存在时,同质气体,中的至少一种(其是富含同位素的):富含同位素以高于至少一种质量70、72、73、74或76的锗同位素的天然丰度水平的锗化合物。这种富含同位素的锗化合物的示例性实例包括:富含同位素以比质量70的锗同位素大21.2%的锗化合物;富含同位素以比质量72的锗同位素大27.3%的锗化合物;富含同位素以比质量72的锗同位素大51.6%的锗化合物;富含同位素以比质量73的锗同位素大7.9%的锗化合物;富含同位素以比质量74的锗同位素大37.1%的锗化合物;富含同位素以比质量76的锗同位素大7.4%的锗化合物。

[0052] 在离子注入方法的各种实现方式中,掺杂剂成分可包括四氟化锗和锗烷中的至少一种。例如,掺杂剂成分可包括四氟化锗,其中,锗具有:大于21.2%的质量70的锗同位素的富含同位素的水平;大于27.3%的质量72的锗同位素的富含同位素的水平;大于51.6%的质量72的锗同位素的富含同位素的水平;大于7.9%的质量73的锗同位素的富含同位素的水平;大于37.1%的质量74的锗同位素的富含同位素的水平;或大于7.4%的质量76的锗同位素的富含同位素的水平。

[0053] 可替换地,掺杂剂成分可包括锗烷,其中,锗具有:大于21.2%的质量70的锗同位素的富含同位素的水平;大于27.3%的质量72的锗同位素的富含同位素的水平;大于7.9%的质量73的锗同位素的富含同位素的水平;大于37.1%的质量74的锗同位素的富含同位素的水平;或大于7.4%的质量76的锗同位素的富含同位素的水平。

[0054] 在该方法的其他实施方式中,补充气体可以包括稀释气体,例如,从由氩气、氢气、氟气和氙气组成的组中选择的至少一种气体物质。再一实施方式可以包括包含同质气体的补充气体。

[0055] 该方法的又一实施方式使用这样的掺杂剂成分,其包括四氟化锗、锗烷、三氟化硼、乙硼烷、四氟化硅和硅烷中的至少一种。

[0056] 该方法的再一实施方式使用从由四氟化锗、锗烷、三氟化硼、乙硼烷、四氟化硅和

硅烷组成的组中选择的掺杂气体，以及包括从由氩气、氢气、氟气和氙气组成的组中选择的至少一种稀释气体物质的稀释气体。

[0057] 该方法的其他实施方式中的掺杂剂成分包括从由以下物质组成的组中选择的掺杂气体配制品：

[0058] (i)具有氙气和氢气的富含同位素的四氟化锗；

[0059] (ii)具有锗烷的富含同位素的四氟化锗；

[0060] (iii)富含同位素的四氟化锗和富含同位素的锗烷；

[0061] (iv)具有氙气和氢气的富含同位素的三氟化硼；

[0062] (v)具有乙硼烷的富含同位素的三氟化硼；以及

[0063] (vii)富含同位素的三氟化硼和富含同位素的乙硼烷。

[0064] 在该方法的各种实施方式中，使掺杂气体和同质气体彼此混合地流至离子源，以产生用于注入的离子掺杂物质。这样执行该方法的其他实施方式，其中，使掺杂气体和同质气体连续地流至离子源，以产生用于注入的离子掺杂物质。

[0065] 在本公开的离子注入方法中，在一个实施方式中，可根据以下方法操作离子源：使包括在所述掺杂剂成分中的不同的掺杂剂材料(掺杂剂物质)连续地流至离子源；在使所述不同的掺杂剂材料(掺杂剂物质)连续地流至离子源的过程中，监测离子源的操作过程中的阴极偏压功率；并且，响应于所监测的阴极偏压功率，调节至少一种所述连续供应的掺杂剂成分，以延长离子源、阴极和/或离子源的一个或多个其他元件的工作寿命。

[0066] 在另一方面中，本公开涉及一种提高离子源的性能和寿命的方法，该离子源被布置为产生离子掺杂物质以从掺杂剂给料中进行离子注入，包括，如之前以不同方式描述的，从本公开的任何掺杂剂成分中产生这种离子掺杂物质。在这种方法的一个实施方式中，使掺杂气体和同质气体彼此混合地流至离子源，以产生用于注入的离子掺杂物质。在这种方法的另一实施方式中，使掺杂气体和同质气体连续地流至离子源，以产生用于注入的离子掺杂物质。

[0067] 本公开的另一方面涉及一种离子注入系统，包括离子源和被布置为对所述离子源供应掺杂剂成分的掺杂剂成分源，其中，所述掺杂剂成分源包括如这里以不同方式描述的任何掺杂剂成分。在这种离子注入系统中，掺杂剂成分可以包括掺杂气体和同质气体，并可以将掺杂剂成分源布置为，使掺杂气体和同质气体彼此混合地流至所述离子源，以对其供应掺杂剂成分。可替换地，可以将掺杂剂成分源布置为，使掺杂气体和同质气体连续地流至离子源，以对其供应掺杂剂成分。

[0068] 本公开的再一方面涉及一种掺杂剂给料设备，包括具有内部体积(内部容积)的容器，以及该内部体积(内部容积)中的掺杂剂给料，其中，掺杂剂给料包括如这里以不同方式描述的任何掺杂剂成分。

[0069] 本公开在另一方面中涉及一种增加离子注入系统中的源寿命和涡轮泵寿命中的至少一个的方法，在该离子注入系统中，将锗离子注入在基底中。该方法包括，在离子注入系统的电离室中使含锗的掺杂气体电离，其中，含锗的掺杂气体包括锗烷和氢气、氩气、氮气及氦气中的一种或多种的混合物，其中，掺杂气体可选地以至少一种同位素Ge物质富含同位素。

[0070] 例如，以混合物的总体积为基础，锗烷可以以从5至35体积百分比的范围中的浓度

存在于这种混合物中。

[0071] 本公开在另一方面中涉及一种增加离子注入系统中的离子源寿命的方法，其中，将四氟化锗引入离子源并使其在离子源中电离。该方法包括，将具有四氟化锗的氨引入至离子源，并且其中，四氟化锗可选地以至少一种Ge同位素物质富含同位素的。在这种方法中，可在供应容器中提供氨和四氟化锗的混合物，从供应容器分配该混合物，以将其引入至离子源。可替换地，在这种方法中，可在分开的供应容器中提供氨和四氟化锗，从该分开的供应容器分配氨和四氟化锗，以将其引入至离子源。作为再一实施方式，在将其引入至离子源之后，可将氨和四氟化锗在离子源中彼此混合。

[0072] 这种方法的另一变型包括将氙气引入至离子源。可以与氨和/或四氟化锗混合物(形式)引入氙气。

[0073] 在如上宽泛地描述的这种方法的另一实施方式中，四氟化锗可以以至少一种Ge同位素物质富含同位素，例如，至少一种Ge同位素物质包括从由^{70}Ge、^{72}Ge和^{74}Ge组成的组中选择的锗同位素。

[0074] 本公开的又一方面涉及一种包括掺杂气体和补充气体的掺杂气体成分，其中，补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且其中，掺杂气体和，当存在时，同质气体，中的至少一种是富含同位素的。可从由以下物质组成的组中选择该成分(其中，掺杂气体和，当存在时，同质气体，中的至少一种是富含同位素的)：富含同位素以高于至少一种质量70、72、73、74或76的锗同位素的天然丰度水平的锗化合物。

[0075] 这种化合物可以包括：富含同位素的比质量70的锗同位素大21.2％的锗化合物；富含同位素的比质量72的锗同位素大27.3％的锗化合物；富含同位素的比质量72的锗同位素大51.6％的锗化合物；富含同位素的比质量73的锗同位素大7.9％的锗化合物；富含同位素的比质量74的锗同位素大37.1％的锗化合物；或富含同位素的比质量76的锗同位素大7.4％的锗化合物。

[0076] 在另一实施方式中，掺杂剂成分包括四氟化锗和锗烷中的至少一种。

[0077] 当该成分包括四氟化锗时，四氟化锗中的锗可以具有：大于21.2％的质量70的锗同位素的富含同位素的水平；大于27.3％的质量72的锗同位素的富含同位素的水平；大于51.6％的质量72的锗同位素的富含同位素的水平；大于7.9％的质量73的锗同位素的富含同位素的水平；大于37.1％的质量74的锗同位素的富含同位素的水平；或大于7.4％的质量76的锗同位素的富含同位素的水平。

[0078] 当该成分包括锗烷时，锗烷中的锗可以具有：大于21.2％的质量70的锗同位素的富含同位素的水平；大于27.3％的质量72的锗同位素的富含同位素的水平；大于7.9％的质量73的锗同位素的富含同位素的水平；大于37.1％的质量74的锗同位素的富含同位素的水平；或大于7.4％的质量76的锗同位素的富含同位素的水平。

[0079] 在其他实施方式中，掺杂剂成分可以这样构成，以包括包含同质气体或可替换地稀释气体或可替换地同质气体和稀释气体的补充气体。稀释气体可包括，例如，从由氩气、氢气、氟气和氙气组成的组中选择的至少一种气体物质。

[0080] 在另一实施方式中，掺杂剂成分可包括四氟化锗、锗烷、三氟化硼、乙硼烷、四氟化硅和硅烷中的至少一种。另一掺杂剂成分可包括从由四氟化锗、锗烷、三氟化硼、乙硼烷、四氟化硅和硅烷组成的组中选择的掺杂气体，以及包括从由氩气、氢气、氟气和氙气组成的组

中选择的至少一种稀释气体物质的稀释气体。

[0081] 特定实施方式中的掺杂剂成分可能包括以下任何物质：

[0082] (i)具有氙气和氢气的富含同位素的四氟化锗；

[0083] (ii)具有锗烷的富含同位素的四氟化锗；

[0084] (iii)富含同位素的四氟化锗和富含同位素的锗烷；

[0085] (iv)具有氙气和氢气的富含同位素的三氟化硼；

[0086] (v)具有乙硼烷的富含同位素的三氟化硼；以及

[0087] (vii)富含同位素的三氟化硼和富含同位素的乙硼烷。

[0088] 与不使用富含同位素的掺杂气体和富含同位素的补充气体的相应方法的寿命和性能相比，本公开的掺杂剂成分可有效地提高注入方法的寿命和性能。

[0089] 如这里使用的，关于掺杂气体和/或同质气体的术语“富含同位素的(同位素富集的)”或“富含的(富集的)”是指这种(这些)气体中的掺杂物质与掺杂物质的天然存在的同位素分布不同。通过实例，在下表I中示出了四氟化锗掺杂气体中的锗浓度的天然丰度同位素分布，以及示例性的富含同位素的四氟化锗掺杂气体中的锗浓度的同位素分布。

[0090] 表I.天然的和富含同位素的四氟化锗中的同位素分布

[0091]

同位素	浓度（+/-1%）

[0092]

	天然的	富含的
70	21.2%	15.8%
72	27.3%	51.6%
73	7.9%	9.4%
74	37.1%	20.1%
76	7.4%	3.1%

[0093] 表I所示的信息表明，锗同位素以质量70、72、73、74和76出现，^{74}Ge是丰度最高的。

[0094] 本公开考虑了离子注入，其中在锗掺杂气体中，任何一种或多种锗的这样的稳定同位素是富集的，即，浓度增加至高于其天然丰度水平。因此，在一个实施方式中，掺杂气体可以包括四氟化锗、或锗烷，其中锗是富含同位素的，高于至少一种同位素的天然丰度水平。在另一实施方式中，本公开涉及锗掺杂气体，其中掺杂气体是四氟化锗，并且这种掺杂气体是富集的，高于质量70、72、73或74的锗同位素中的天然丰度水平，在各种实施方式中，限制条件是，当富含的高于天然丰度水平的锗同位素是^{72}Ge时，例如，在四氟化锗中，则富含的浓度大于51.6%，例如，在相应实施方式中，具有大于52%、55%、60%、70%、80%、90%、99%或99.99%的^{72}Ge的浓度。在其他实施方式中，掺杂剂成分中的锗化合物中的^{72}Ge的富集水平可以大于27.3%。

[0095] 通过特定实例，富含同位素的掺杂气体可包括从由以下物质组成的组中选择的掺杂剂：

[0096] (i)锗烷(GeH_4)，富含^{70}Ge的同位素，高于21.2%，例如，在各种相应的实施方式中，具有大于22%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、99%或99.99%的^{70}Ge的浓

度；

[0097] (ii)锗烷(GeH_4)，富含^{72}Ge的同位素，高于27.3％，例如，在各种相应的实施方式中，具有大于28％、30％、40％、50％、60％、70％、80％、90％、99％或99.99％的^{72}Ge的浓度；

[0098] (iii)锗烷(GeH_4)，富含^{74}Ge的同位素，高于37.1％，例如，在各种相应的实施方式中，具有大于38％、40％、50％、60％、70％、80％、90％、99％或99.99％的^{74}Ge的浓度；

[0099] (iv)四氟化锗(GeF_4)，富含^{70}Ge的同位素，高于21.2％，例如，在各种相应的实施方式中，具有大于22％、25％、30％、40％、50％、60％、70％、80％、90％、99％或99.99％的^{70}Ge的浓度；

[0100] (v)四氟化锗(GeF_4)，富含^{72}Ge的同位素，在一些实施方式中高于27.3％，在其他实施方式中高于51.6％，例如，在各种相应的实施方式中，具有大于52％、55％、60％、70％、80％、90％、99％或99.99％的^{72}Ge的浓度；以及

[0101] (i)四氟化锗(GeF_4)，富含^{74}Ge的同位素，高于37.1％，例如，在各种相应的实施方式中，具有大于38％、40％、50％、60％、70％、80％、90％、99％或99.99％的^{70}Ge的浓度。

[0102] 考虑使用含^{74}Ge的锗掺杂剂，用^{74}Ge作为注入的锗物质，或者其在掺杂剂成分中的存在带来这样的风险：当在也处理具有质量为75的砷的离子注入机中使用这种含^{74}Ge的掺杂剂时，由于会导致来自Ge注入中的砷残留物的补偿掺杂(反向掺杂，counter-doping)，所以会产生交叉污染。接着，这种补偿掺杂会使注入的微电子装置(器件)结构有缺陷或者甚至对其预期目的无用。因此，在相同离子注入机的其他使用中也注入砷的情况下，使用天然丰度锗掺杂气体会对离子注入机分解不希望的物质和产生期望同位素的高电流束的能力产生挑战，并可以降低涉及离子源和束线(beamline)的清洗操作的效率。

[0103] 除了与^{75}As的这种交叉污染以外，^{74}Ge在离子注入系统中的存在可能与具有不锈钢管道的BF_3或GeF_4的腐蚀副产物产生交叉污染，不锈钢管道将掺杂气体递送至电弧室，例如FeF。然而，交叉污染的这种问题在离子注入机系统中不存在，在该系统中，并不用砷作为掺杂剂，并且其中，与电弧室界面连接的掺杂气体输送管道使用石墨、钨和其他适当材料的成分，这些材料消除或最小化FeF的产生。在这种离子注入机系统中，可以使用没有这种交叉污染的缺点的含^{74}Ge的掺杂气体。

[0104] 在其中可使用没有不利影响的含^{74}Ge的掺杂气体的离子注入系统中，本公开在其一个方面中，考虑使用超过天然丰度的富含^{74}Ge的含锗的掺杂气体，利用这样事实的优势：^{74}Ge的天然丰度浓度比其他稳定的锗同位素(^{70}Ge、^{72}Ge和^{73}Ge)高，如以上表I所示。相对于天然丰度同位素成分中的其他稳定的同位素，这种更高浓度的^{74}Ge使得，与对其他富集至相应富集水平的具有更低的天然丰度浓度的锗同位素相比，对于^{74}Ge可更经济地实现高于天然丰度的富集水平。可替换地，从固定设备和工艺成本的观点看，与对于其他稳定的锗同位素(^{70}Ge、^{72}Ge和^{73}Ge)以相同成本可获得的、更高天然丰度浓度的^{74}Ge可有利地实现更高的富集含量。

[0105] 为了解决砷污染的锗注入问题，在进行砷掺杂的离子注入系统中，可有利地使用丰度更小的质量72的锗同位素。然而，与质量74的锗同位素的37.1％相比(参见上表I)，例如，四氟化锗中的质量72的锗同位素的天然存在的丰度是27.3％。因此，天然丰度锗的使用导致可用射束电流的减小，产量的潜在降低，以及注入成本的增加。

[0106] 因此，根据本公开，在四氟化锗或锗烷中使用富含同位素的质量72的锗可实现明

显的益处：在那些由于在掺杂剂成分中存在质量74的锗而容易受到交叉污染的系统中，增加可用射束电流，提高产量并降低注入成本。例如，质量72的锗同位素的例如富集至大于四氟化锗或锗烷中的27.3％的水平有利于相应地增加射束电流，进而有利于产生离子注入系统中的产量的相应增加。

[0107] 可用其他富含同位素的掺杂剂成分，如富含^{70}Ge的同位素的四氟化锗或锗烷，来实现增加射束电流、产量和整体性能的类似好处。

[0108] 因此，本公开宽泛地考虑富含同位素的掺杂气体、和/或富含同位素的同质气体，其中相对于这种掺杂气体和/或同质气体中的其天然存在，以使有利的同位素的浓度增加至这样的程度，以相对于不从天然丰度浓度水平调节的掺杂气体和/或同质气体的同位素的相应系统，提高离子注入系统中的离子源的性能和寿命。因此，将术语“富含同位素的(同位素富集的)”理解为，表示所考虑的特定同位素物质的相对于天然丰度水平的增加的浓度。

[0109] 在各种特定实施方式中，可以将有利/期望的同位素相对于天然丰度浓度在这种同位素的天然丰度浓度水平之上增加5％、10％、15％、20％、25％、30％、35％、40％、45％、50％、55％、60％或更大百分比的量。在其他特定实施方式中，可以将有利/期望的同位素从天然丰度浓度水平增加至更高的浓度水平，例如10％、20％、30％、40％、50％、60％、70％、80％、90％、99％、99.99％或更大百分比，取决于所涉及的特定同位素物质。

[0110] 如这里使用的，关于高于天然丰度浓度的同位素的增加的百分比，如在“相对于天然丰度浓度增加…的量”的短语中，词语“对于(by)”是指增加的百分比以特定元素或化合物中的特定同位素的天然丰度原子百分比为基础。因此，例如，短语“例如，对于GeF_4中的^{70}Ge，相对于天然丰度浓度，增加20％的量”意味着，对于GeF_4中的^{70}Ge，将富含同位素的GeF_4化合物中的21.2％原子百分比天然丰度增加21.2％×1.20＝25.4％的^{70}Ge。

[0111] 相反，关于高于天然丰度浓度的同位素的百分比，例如在“从天然丰度浓度水平增加至…的更高浓度水平”的短语中，词语“至(到，to)”意味着，富含同位素的元素或化合物中的原子百分比浓度是特定数值。因此，例如，短语“对于GeF_4中的^{70}Ge，从天然丰度浓度水平增加至40％的更高浓度水平”意味着，在富含同位素的GeF_4中^{70}Ge以40原子％的量存在。如果除了关于词语“对于(by)”或“至(到，to)”的措辞(例如上文所述)之外的另外规定，则将对于同位素浓度或水平的参考理解为，指的是具有特别确定的数值的富含同位素的元素或化合物的原子百分比浓度。

[0112] 在各种实施方式中，可以将有利的同位素增加至该成分中的全部同位素的主要部分，即，大于该成分中的50％的同位素浓度。例如，可以使特定实施方式中的四氟化锗和锗烷中的质量72的锗同位素富集至分别≥52％和＞27.3％。在其他特定实施方式中，可以使四氟化锗或锗烷中的质量70的锗同位素富集至＞21.2％。

[0113] 因此，有利地，可以使富含质量72的锗同位素的四氟化锗富集至从至少52％达到100％的水平，或富集至其他特定范围中的富集水平，例如从55％到100％，从60％到90％，从75％到95％，从80％到100％，或包括一个这种下限和另一个这种上限的这种范围的其他排列，在其中实现射束电流的期望水平的增加，产量的提高和/或注入操作的经济性的提高。有利地，可以使富含质量72的锗同位素的锗烷富集至从高于27.3％达到100％的水平，或富集至其他特定范围中的富集水平，例如从30％到100％，从35％到85％，从40％到60％，

从50％到99％，从75％到95％，或包括一个这种下限和另一个这种上限的这种范围的其他排列，在其中实现射束电流、产量和成本的上述工艺特性的预期改进。

[0114] 相应地，有利地，可以使富含质量70的锗同位素的四氟化锗富集至从大于21.2％到100％的水平，或富集至其他特定范围中的富集水平，例如从45％到100％，从50％到99％，从60％到85％，从75％到98％，或包括一个这种下限和另一个这种上限的这种范围的其他排列，实现射束电流、产量和成本的期望水平的增强。可以利用富含质量70的锗同位素的锗烷的相应使用，其中，使^{70}Ge富集至从大于21.2％到100％的水平，或富集至其他范围中的富集水平，例如从25％到100％，从30％到99％，从40％到95％，从50％到90％，从75％到95％，从80％到99％，或包括一个这种下限和另一个这种上限的这种范围的其他排列，如可以是适合于在其中使用富含同位素的掺杂气体的特定离子注入操作和设备。

[0115] 因此，本公开考虑，通过使用已将同位素富集至离子注入中迄今为止未知的水平的掺杂气体和/或补充气体，来实现离子注入系统中的离子源的寿命和性能的提高。可使掺杂气体的同位素富集至超过天然丰度，或者，可使同质气体(当存在时)的同位素富集至超过天然丰度，或者，可使掺杂气体和同质气体两者的同位素都富集至超过天然丰度。将超过天然丰度的同位素富集的所有组合(包括掺杂气体、同质气体和稀释气体)都认为在本公开的范围内。

[0116] 可以在本公开的实践中有用地用来提高离子源的寿命和性能的掺杂气体混合物的实例包括，但不限于，包括以下物质的掺杂气体成分：

[0117] (1)富含同位素的四氟化锗，与作为稀释气体的氙气和氢气组合；

[0118] (2)富含同位素的四氟化锗，与作为同质气体的锗烷组合；

[0119] (3)富含同位素的四氟化锗，与作为同质气体的富含同位素的锗烷组合；

[0120] (4)富含同位素的三氟化硼，与作为稀释气体的氙气和氢气组合；

[0121] (5)富含同位素的三氟化硼，与作为稀释气体的乙硼烷组合；或

[0122] (6)富含同位素的三氟化硼，与作为同质气体的富含同位素的乙硼烷组合。

[0123] 在一个特定实施方式中，掺杂气体混合物包括具有大于55％的浓度的原子质量72的锗，例如，大于60％、70％、80％或90％，以所存在的锗的全部同位素物质为基础，以提供较高水平的射束电流，提高产量和源寿命。

[0124] 在另一特定实施方式中，其中，掺杂气体混合物不包括四氟化锗，掺杂气体混合物包括具有大于25％的浓度的原子质量72的锗，例如，大于30％、40％、50％、60％、70％、80％或90％，以所存在的锗的全部同位素物质为基础，以提供较高水平的射束电流，提高产量和源寿命。

[0125] 在再一特定实施方式中，掺杂气体混合物包括具有大于25％的浓度的原子质量70的锗，例如，大于30％、40％、50％、60％、70％、80％或90％，以所存在的锗的全部同位素物质为基础，以提供较高水平的射束电流，并相应地增加产量和源寿命。

[0126] 在本公开的特定实施方式中，掺杂气体成分可包括含锗的掺杂气体，并可选地包括补充气体，其中补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且掺杂气体成分以至少一种Ge同位素物质而富含同位素。在特定实施方式中，这样的成分可以包括富含同位素的锗烷，或可替换地富含同位素的四氟化锗，或可替换地富含同位素的锗烷和四氟化锗两者，或可替换地锗烷和四氟化锗两者，其中这种含锗的组分中仅有一种是富含同位素的。

在其他实施方式中，当存在富含同位素形式的四氟化锗时，掺杂气体成分可以包括富含质量70、72、73、74或76的锗的同位素的四氟化锗。其他实施方式可以包括富含质量70、73或74的锗的同位素的四氟化锗。再一实施方式可以包括富含质量70、72或74的锗的同位素的四氟化锗。在一些实施方式中，当在四氟化锗中存在质量72的锗时，这种质量72的同位素的同位素富集可以大于51.6％，例如，在特定实现方式中，大于52％、55％、60％、65％、70％、75％、80％、85％、90％、95％、99％、99.9％或99.99％，并且，在本公开的宽泛范围内，考虑从任何这种数值到100％的同位素富集。

[0127] 在其他实施方式中，掺杂气体成分可以包括含锗的组分，例如锗烷和/或四氟化锗，与氩气、氦气、氢气、氮气、氨和氙气中的一种或多种混合，其中，可选地，使含锗的组分富含，例如，质量70、72、73、74或76的锗的同位素。在一个实施方式中，掺杂气体成分包括四氟化锗和氨，其中使四氟化锗富含，例如，质量70、72、73、74或76的锗的同位素，并且在另一实施方式中，其中使四氟化锗富含质量72的锗的同位素，这种质量72的同位素的同位素富集可以大于51.6％，例如，在特定实现方式中，大于52％、55％、60％、65％、70％、75％、80％、85％、90％、95％、99％、99.9％或99.99％，并且在本公开的宽泛范围内，考虑从任何这种数值到100％的同位素富集。

[0128] 在一个示例性实施方式中，本公开涉及一种离子注入方法，其中对离子源提供包括掺杂气体及可选的补充气体的掺杂气体混合物，以产生用于注入的离子掺杂物质，其中补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且其中掺杂气体和，当存在时，补充气体，中的至少一种包括富含同位素的组分。

[0129] 在另一实施方式中，本公开涉及提高被布置为由掺杂气体产生用于离子注入的离子掺杂物质的离子源的性能和寿命，包括使用包含掺杂气体及可选的补充气体的掺杂气体混合物，其中补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且其中掺杂气体和，当存在时，补充气体，中的至少一种包括富含同位素的组分。

[0130] 本发明的又一实施方式涉及一种离子注入系统，包括掺杂气体源和可选的补充气体源，其中将每个气体源布置为：将相应的掺杂气体和补充气体分配至系统中的适于混合掺杂气体与补充气体以形成掺杂气体混合物的混合位置(locus)；以及构成该混合位置或被布置为从该混合位置接收掺杂气体混合物的离子源；其中补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且其中掺杂气体和，当存在时，补充气体，中的至少一种包括富含同位素的组分。因此，掺杂气体混合物可包括掺杂气体和补充气体，其中，掺杂气体和补充气体两者都包括富含同位素的组分(例如，有利/期望的同位素)，或者掺杂气体和补充气体两者可都是富含不同同位素组分的同位素。

[0131] 本公开的另外的实施方式涉及在离子注入中使用同位素质量70的锗的掺杂气体和/或同质气体，其中掺杂气体和/或同质气体富含超过天然丰度水平的原子质量70的锗的同位素，例如，至少30％、35％、40％、45％、50％、55％、60％、65％、70％、75％、80％、85％、90％、95％、99％、99.5％、99.99％，或其他适合于使用的特定离子注入应用的水平。

[0132] 本公开的另外的实施方式涉及利用包括掺杂气体和同质气体的掺杂气体试剂，其中该气体可以具有如这里描述的成分，包括富含同位素的掺杂气体和/或同质气体组分。

[0133] 在又一实施方式中，将包括掺杂气体和同质气体的掺杂剂试剂设置在离子注入系统中，以使其流至离子源，从而对其供应，其中掺杂气体和同质气体彼此混合。

[0134] 在另一实施方式中，使掺杂气体和同质气体连续地流至离子源，以在其中电离。可以任何适当的方式进行这种连续操作，利用相应的掺杂气体和同质气体的基于相等时间的流动，或者可替换地，相应的基于时间的流动可以相对于彼此不同，或者可替换地，以其他方式调节(modulate)，从而提供期望特性的掺杂基底。

[0135] 根据本公开的基底(其是注入有离子物质的离子)可以是任何适当的类型。

[0136] 该基底可以是硅、碳化硅、氮化镓，或任何其他适当的基底成分(组成)。基底可以包括微电子装置(器件)基底，即，用来制备微电子结构的基底，该微电子结构用于制造微电子装置(器件)或装置(器件)前体元件。

[0137] 在其他实施方式中，对于诸如显示器和太阳能电池板的产品的制造商，可以对基底进行注入。应认识到，本公开可应用于任何适当特性的离子注入应用。

[0138] 在一个实施方式中，本公开涉及一种掺杂剂成分供应设备，其包括具有内部体积(容积)的容器和内部体积(容积)中的掺杂剂成分，其中掺杂剂成分可以是如上所述的任何适当的类型。可以将这种掺杂剂成分供应设备布置为，例如通过适当的包含适当仪器和控制元件的流路，与离子源接合，以实现掺杂剂成分适当地流至离子源。

[0139] 现在参考附图，图1是根据本公开的一个方面的离子注入处理系统的示意性代表图。

[0140] 离子注入处理系统300包括储存和分配容器302，其包含容纳掺杂气体的内部体积，供应该掺杂气体以对所图示的离子注入室301中的基底328进行离子注入掺杂。该储存和分配容器可以是包含吸着剂介质的类型，将掺杂气体物理地吸附在该吸着剂介质上以储存气体，在分配条件下，从吸着剂介质中解吸出气体，以从容器排出。吸着剂介质可以是固相碳吸附材料。可从ATMI,Inc.(丹伯里，康涅狄格，美国)商购这种类型的基于吸着剂的容器，其商标是SDS和SAGE。可替换地，该容器可以是内部压力调节类型的，在容器的内部体积中容纳一个或多个压力调节器。可从ATMI,Inc.(丹伯里，康涅狄格，美国)商购这种压力调节容器，商标是VAC。作为再一替代方式，该容器可以包含以固体形式的掺杂剂源材料，例如，通过容器和/或其内容物的加热，使该材料挥发，以产生作为蒸发或升华产物的掺杂气体。可从ATMI,Inc.(丹伯里，康涅狄格，美国)商购这种类型的固体输送容器。

[0141] 在图1中，储存和分配容器302包括圆柱形容器壁304，其包围容纳以吸附状态、自由气体状态或液化气体状态的掺杂气体的内部体积。

[0142] 储存和分配容器302包括经由分配管线372与混合室360(其是可选的)气流连通的阀头308，依次混合室360与排出管线312连接。可在管线312中设置压力传感器310，与质量流量控制器314一起；可将其他可选的监测和传感元件与管线接合，并与诸如执行机构、反馈和计算机控制系统、循环定时器等的控制装置连接(interface)。

[0143] 如果使用的话，还可将混合室360与气体供应管线370流体连通地连接，补充气体供应容器362和364与气体供应管线370接合，每个补充气体供应容器相对于彼此可以是相同或不同的类型，并且其相对于以上描述的容器302可以是相同或不同的类型。容器362可以包含例如稀释气体，而容器364可以包含例如同质气体，被布置为使得可制备掺杂气体混合物，包含与稀释气体和/或同质气体结合的掺杂气体。

[0144] 将补充容器362形成为具有主容器部分，将阀头380固定至该主容器部分，依次阀头380与补充容器供应管线366接合。以相似的方式，将补充容器364形成为具有主容器部

分，将阀头382固定至该主容器部分。将阀头382与补充容器供应管线368接合。通过这种布置，供应管线366和368将稀释气体和/或同质气体输送至混合室360，以提供包含稀释气体和/或同质气体的掺杂气体混合物，从而将其传递至离子注入机的离子源。为了这种目的，补充容器供应管线366和368，以及分配管线372，可以装配有适当的阀门、控制器和/或传感器，以手动地或自动地控制从容器分配的材料的流量或其他特性，并且可以任何适当的方式将这些阀门、控制器和/或传感器与相应的供应/分配管线接合或连接。

[0145] 接着，可将这些阀门与阀门执行机构接合，阀门执行机构与中央处理器(CPU)操作地连接。CPU可与上述控制器和/或传感器以信号连通的关系接合，并被可编程地布置为，相对于彼此控制从每个容器分配的流体的速度、状态和量，使得从管线312中的混合室360流出的掺杂气体混合物具有期望的成分、温度、压力和流速，以执行离子注入操作。

[0146] 在所图示的系统300中，离子注入室301包含从管线312接收的所分配的掺杂气体混合物的离子源316，并产生离子束305。离子束305通过质量分析器单元322，其选择所需离子并排出未选择的离子。

[0147] 所选择的离子通过加速电极阵列324，然后通过偏转电极326。将所产生的聚焦离子束撞击在基底元件328上，基底元件328设置于安装在心轴332上的可旋转支架330上。根据需要，用掺杂离子的离子束使基底掺杂，以形成掺杂结构。

[0148] 分别借助于泵320、342和346，将离子注入室301的相应部分通过管线318、340和344排出。

[0149] 图2是根据本公开的另一方面的离子注入处理系统的示意性代表图。相对于图1的相同元件和特征，用相应的数字表示图2的系统，但是图2的系统利用在流路布置中的相应的掺杂气体和补充气体容器，其中容器304、362和364中的每一个在其分配管线中都相应地具有分开的质量流量控制器314、400和402。通过此布置，用相关的分配管线中的专用(dedicated)质量流控制器调节来自每个相应容器的气体流量，以在操作中实现相应气体的所选择的流速或流速比率。可以将相应的质量流量控制器与中央处理器(CPU)操作地连接，通过该中央处理器(CPU)，可在操作中根据需要或期望调节相应的质量流量控制器，以实现该系统的最佳操作。

[0150] 在本公开的另一方面中，在第一种情况下，可以在包含一种或多种补充气体的混合物中供应掺杂气体，即，稀释气体和/或同质气体，其中将掺杂气体和补充气体的混合物容纳在一个供应容器中，可从该供应容器中分配气体混合物，并使其流至离子注入系统的离子源。例如，在图1的系统中，容器302可构成容纳掺杂气体和补充气体混合物的单一气体供应容器(没有补充容器362和364)。

[0151] 可以用这种方法提供锗烷作为包括氢气、惰性气体或其他稀释气体的混合物中的掺杂气体，作为可从单一供应容器提供的共同包装的(包装在一起的，co-packaged)混合物。与高压100％的锗烷相比，这是一种更安全的包装技术，并使得能够将锗烷用作四氟化锗的替代物，因为在一些离子注入应用中，四氟化锗会导致关于源寿命和涡轮泵寿命的问题，通过使用锗烷可避免这些问题。

[0152] 作为可有利地在本公开的宽泛实践中使用的锗烷气体混合物的例示性实例，如在单一供应容器中提供的，含锗烷的气体成分可包括从5到35体积％的锗烷，以该成分的总体积为基础，或其他适当的锗烷浓度，剩余的(余量)是氢气、氩气、氮气和氦气中的一种或多

种，其中，锗烷是天然丰度锗烷，或是富含^{70}Ge或^{72}Ge或其他锗同位素的锗烷，或者其中可选地使包含锗烷的掺杂气体混合物以其他方式富含至少一种Ge同位素物质。

[0153] 在另一方面中，本公开涉及用氨作为与四氟化锗共同流动(共流动，co-flow)的气体，以增加离子注入系统中的源寿命，在该离子注入系统中用四氟化锗作为掺杂气体，并且其中四氟化锗可选地可富含至少一种Ge同位素物质。当注入锗时，通过用氨作为与四氟化锗混合物(形式)的补充气体，氨(NH_3)的氮和氢组成将有效地从四氟化锗中除去(scavenge)氟。这种氟去除(fluorine scavenging)的结果是，GeF_4/NH_3混合物将至少部分地抑制离子源内的卤素循环，该卤素循环由于在弧焊缝上产生的钨须和/或沉积在阴极和/或对阴极上的钨而会导致源寿命缩短。

[0154] 可用任何各种布置方式来实现这种将氨用作与GeF_4共同流动的气体。在一个实施方式中，对氨和四氟化锗使用各自的气体供应容器，并且使来自相应的气体供应容器的气体共同流至离子源。可使该共同流动的气体在通过质量流量控制器之前混合，或在质量流量控制器和离子源之间混合，或在离子源内混合。

[0155] 可替换地，可提供单一供应容器，其包含氨和四氟化锗的混合物，以任何适当的相对比例。

[0156] 作为另一替代方式，在分开的供应容器中，可将氙气提供为补充气体。在从供应容器分配之后，可将氙气与氨和/或四氟化锗混合。在包含与氨和/或四氟化锗混合的氙气的气体容器中，也可将氙气提供为补充气体。通过氙气在阴极上的溅射作用，在引入离子源的气体中存在氙气可提高源寿命，以除去任何多余的沉积于这种阴极上的钨。

[0157] 在又一方面中，本公开涉及一种改进的离子注入方法，其包括，基本上由以下组成，或由以下组成：使一种或多种富含同位素的掺杂剂材料，如例如锗烷或四氟化锗，流入电离室中，以产生离子掺杂物质，将离子掺杂物质从电离室排出(抽取)，选择预定的离子掺杂物质并将所选择的/期望的离子掺杂物质注入微电子或半导体基底中。

[0158] 在各种实施方式中，相对于天然丰度浓度，可以将有利/期望的同位素增加5％、10％、15％、20％、25％、30％、35％、40％、45％、50％、55％、60％或更大百分比的量，高于这种同位素的天然丰度浓度水平，或者可将有利/期望的同位素从天然丰度浓度水平富集至更高的浓度水平，例如，10％、20％、30％、40％、50％、60％、70％、80％、90％或更大百分比，取决于所涉及的特定同位素物质的天然丰度水平。提供期望的锗同位素的富集，以提高这种同位素的丰度或浓度，并相应地提高离子束中的同位素的量。接着，与利用包含更低浓度/量的相同/期望的锗同位素的锗源的系统和/或方法相比，这会在产量方面产生相应的优势。

[0159] 在一个优选实施方式中，用以下气体作为掺杂剂材料：包含≥52％的原子质量72的锗同位素的四氟化锗气体、包含＞27.3％的原子质量72的锗同位素的锗烷气体，或这两种气体的混合物。在另一优选实施方式中，用以下气体作为掺杂剂材料：包含≥21.2％的原子质量70的锗同位素的四氟化锗气体、包含＞21.2％的原子质量70的锗同位素的锗烷气体，或这两种气体的混合物。

[0160] 在包括含锗的掺杂气体及可选的补充气体的掺杂气体组合物中，其中补充气体包括稀释气体和同质气体中的至少一种，并且使掺杂气体组合物富含同位素的至少一种Ge同位素物质，并且该组合物可以包括锗烷和四氟化锗中的至少一种，其中使任一种或两种这

样的成分富含同位素，例如，富含质量70、72、73、74或76的锗，或者可替代地富含质量70、72或74的锗。在这样的成分中，当存在四氟化锗且富含质量72的锗的同位素时，同位素富集水平可以大于51.6％。掺杂气体成分可以包括任何适当特性的补充气体。

[0161] 考虑这样的掺杂气体成分，其包括含锗的组分以及氩气、氦气、氢气、氮气、氨水和氙气中的一种或多种，其中，可选地，使含锗的组分富含同位素。在特定实施方式中，该含锗的组分可以包括锗烷和/或四氟化锗。在特定实施方式中，掺杂气体成分可以包括氨。在其他实施方式中，例如，该成分可以由四氟化锗和氨组成，其中使四氟化锗富含同位素。可替换地，该成分可以包括富含同位素的四氟化锗以及氨和氙气中的至少一种。

[0162] 本公开的另一方面涉及掺杂剂材料的连续流动，其中，在离子源的操作过程中监测阴极偏压功率，并且在用于在输送至离子源的相应各种掺杂剂化合物之间控制/选择/交替的反馈控制过程中利用所监测的阴极偏压功率，以便延长离子源或其元件的工作寿命，例如，通过在离子源的操作中保持预定的阴极偏压功率。可用这种方法来修复或补救(再调节，remediate)离子源的阴极，即，以实现阴极的再生长或蚀刻，如在离子源的操作中保持或以其他方式实现预定的阴极偏压功率所需要的。

[0163] 在这种监测和控制过程中，离子源可以是任何适当的类型，例如，间接热阴极(IHC)离子源。在这种方法中，有利地，将阴极偏压功率用作控制不同掺杂剂化合物的连续流动的反馈机构，以延长离子源/阴极的工作寿命。

[0164] 该不同的掺杂剂化合物可以是，并优选地是，用于相同掺杂剂物质的掺杂剂化合物，例如，用作用于掺杂剂物质锗的掺杂剂化合物的四氟化锗和锗烷。这种不同的掺杂剂源化合物可以包括至少一种富含同位素的，如这里以不同方式描述的。

[0165] 在一个实施方式中，操作离子注入系统(其在离子源的电弧室中包括阴极)以维持离子源的工作效率的此方法包括，使阴极与连续供应的掺杂剂成分接触，同时测量阴极偏压功率，并且响应于所测阴极偏压功率，调节至少一种所述连续供应的掺杂剂成分，以延长离子源、阴极和/或离子源的一个或多个其他元件的工作寿命。

[0166] 关于连续供应的掺杂剂成分，术语“调节(modulating)”意味着，响应于所测阴极偏压功率，控制，即选择性地改变，连续供应的掺杂剂成分的至少之一的顺序、持续时间、处理条件、或掺杂剂成分选择。因此，可以将掺杂剂成分每一种的供应周期相对于彼此改变，以维持设定点的阴极偏压功率值，或者可以以比另一种更高的电压条件供应一种掺杂剂成分，或者可以将反馈监测和控制系统布置为，以其他的方式在相应的掺杂剂成分之间控制/选择/交替。

[0167] 在另一实施方式中，可以用该方法使清洁剂或沉积剂(沉淀剂，deposition agent)相对于一种或多种掺杂剂成分同时或连续地流过离子源，其中用阴极偏压功率或离子源的其他功率利用变量来实现阴极的蚀刻，以从其中去除沉积物(沉淀物)，例如，如果所监测的功率使用增加至高于初始的或其他预定的或设定点的值或水平，通过使清洁剂流过并蚀刻离子源，和/或其中通过使沉积剂(沉淀剂，deposition agent)为此流过离子源，用阴极偏压功率或离子源的其他功率利用变量来实现阴极材料的再生长，如果所监测的功率使用减小至低于初始的或其他预定的或设定点的值。

[0168] 因此，将理解，容易通过许多种方式来实现和应用本公开的成分、过程、方法、设备和系统，以提供离子注入系统中的离子源的性能和寿命的相应改进。

[0169] 虽然已经在这里参考特定方面、特征和例示性实施方式阐述了本公开，但是，将理解，并不由此限制本公开的用途，而是基于这里的描述扩展至并包含许多其他变型、改变和替代实施方式，如本发明领域普通技术人员将理解的。相应地，目的是将所附的所要求保护的本发明宽泛地解释和说明为，在其实质和范围内，包括所有这种变型、改变和替代实施方式。

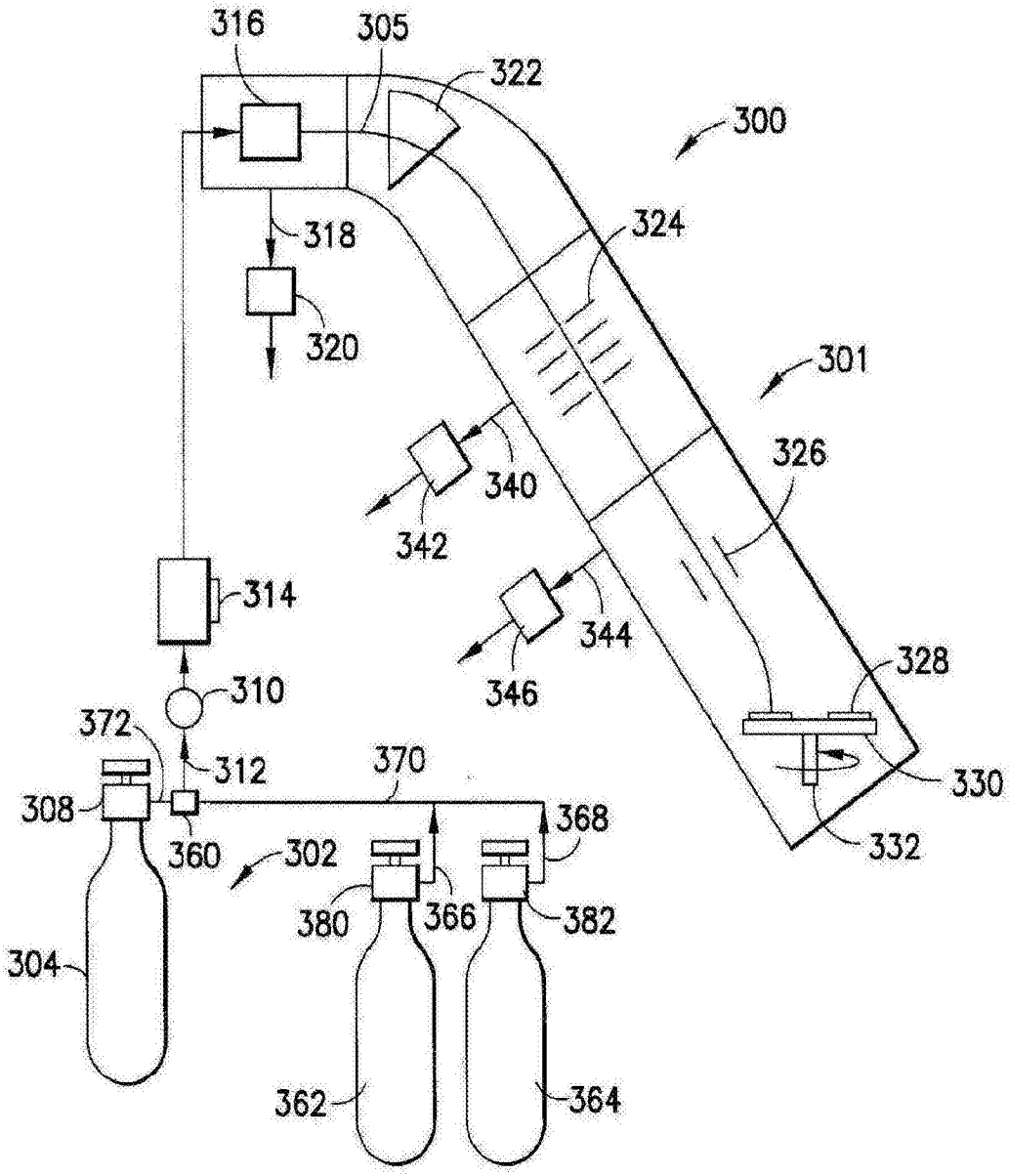

316
305
322
300
318
324
320
301
340
326
342
314
344
328
346
310
372
312
370
330
308
360
302
368
332
380
366
382
304
362
364

图1

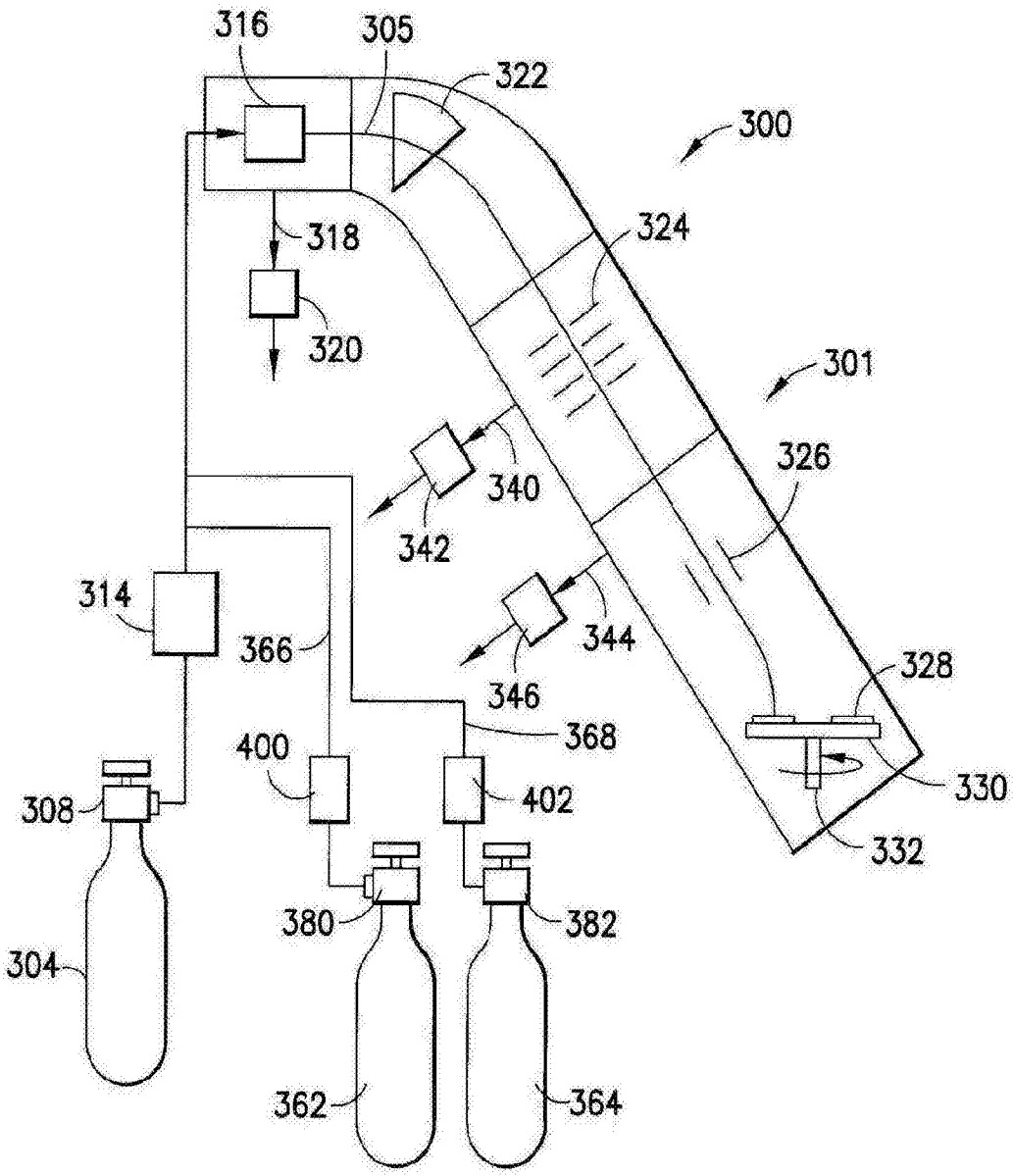

316
305
322
300
318
324
320
301
340
326
342
314
366
344
346
328
368
400
402
330
308
332
380
382
304
362
364

图2