(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5062458号
(P5062458)

(45)発行日　平成24年10月31日(2012.10.31)　(24)登録日　平成24年8月17日(2012.8.17)

(51)Int.Cl.		F I		
H01J 27/08	(2006.01)	H01J	27/08	
H01J 27/16	(2006.01)	H01J	27/16	
H01J 37/08	(2006.01)	H01J	37/08	
H01J 37/317	(2006.01)	H01J	37/317	Z

請求項の数 10　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2000-306128 (P2000-306128)
(22)出願日　平成12年10月5日 (2000.10.5)
(65)公開番号　特開2001-135253 (P2001-135253A)
(43)公開日　平成13年5月18日 (2001.5.18)
審査請求日　平成19年8月13日 (2007.8.13)
(31)優先権主張番号　416159
(32)優先日　平成11年10月11日 (1999.10.11)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(73)特許権者　500266634
アクセリス　テクノロジーズ　インコーポレーテッド
アメリカ合衆国　マサチューセッツ　０１９１５　ベバリー　チェリー　ヒル　ドライブ　１０８
(74)代理人　100068618
弁理士　萼　経夫
(74)代理人　100104145
弁理士　宮崎　嘉夫
(74)代理人　100109690
弁理士　小野塚　薫
(74)代理人　100093193
弁理士　中村　壽夫

最終頁に続く

(54)【発明の名称】イオナイザー

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

蒸発したイオン源材料が入口（119）から本体内に伸びる供給チューブ（62）内を通過するとき、前記蒸発したイオン源材料を加熱するための加熱機構（90）を有する本体（96）と、

前記本体内に配置され、前記イオン源材料が電子放出要素（110）によってイオン化されてプラズマを作り出すためのイオン室（108）と、

前記プラズマからなるイオンビームを引き出すための出口開口（126）と、

前記蒸発したイオン源材料のイオン化中に、前記イオン室（108）の壁面（128）の温度を低下させる冷却機構（100、104）とを含み、

前記加熱機構（90）は、前記本体内を通り前記イオン室（108）に終端する前記供給チューブ（62）の回りに加熱媒体（70）を通す通路を形成する環状シースによって形成されていることを特徴とするイオン注入装置用のイオナイザー。

【請求項２】

前記蒸発したイオン源材料は、蒸発したデカボランであることを特徴とする請求項１記載のイオナイザー。

【請求項３】

前記本体（96）は、ほぼ円筒形状で、アルミニウムから作られていることを特徴とする請求項２記載のイオナイザー。

【請求項４】

前記冷却機構は、冷却媒体が循環する１つまたはそれ以上の通路（100、104）からなることを特徴とする請求項２記載のイオナイザー。
【請求項５】
前記冷却機構は、イオン室（108）の壁面を３５０℃以下に維持して、蒸発したデカボラン分子の解離を防止することを特徴とする請求項２記載のイオナイザー。
【請求項６】
前記出口開口（126）は、平方センチ当り１ミリアンペア（ｍＡ／ｃｍ^2）以下のビーム電流密度で、１００～５００μアンペアの集束したイオンビーム電流を与えるように寸法づけられていることを特徴とする請求項２記載のイオナイザー。
【請求項７】
前記プラズマは、前記イオン室内で１０^{10}／ｃｍ^{3}のオーダの密度を有することを特徴とする請求項２記載のイオナイザー。
【請求項８】
前記電子放出要素（110）は、プラズマを作り出すために前記イオン室（108）内に蒸発したデカボランに衝突する第２群の電子を放出するエンドキャップ（118）に向って加速する第１群の電子を放出するフィラメント（114）を含み、さらに、前記電子放出要素に向かって戻る第２群の電子の一部を反射させるためのリペラー（112）を含むことを特徴とする請求項２記載のイオナイザー。
【請求項９】
前記リペラー（112）は、水冷されていることを特徴とする請求項８記載のイオナイザー。
【請求項１０】
エンドキャップ（118）とイオン室の壁面（128）との間のアーク放電は、約５ワットの出力でかつ約５０ミリアンペア（ｍＡ）の電流レベルで作動していることを特徴とする請求項８記載のイオナイザー。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、一般的にイオン注入装置のためのイオン源に関し、特に、デカボラン(decaborane)をイオン化するイオン源に関する。
【０００２】
【従来の技術】
イオン注入は、集積回路やフラットパネルディスプレイ等の製品を大規模生産する際に、シリコンウェハまたはガラス基板等の加工物(workpiece) に不純物を注入するために産業界において標準的に受け入れられた技術になってきた。従来のイオン注入装置は、所望のドーパント元素をイオン化して、それを加速して規定エネルギのイオンビームを形成できるようにするイオン源を含む。このビームは加工物の表面に向けられ、加工物にドーパント元素を注入する。
【０００３】
一般的に、イオンビームの活性化イオンが加工物の表面に貫入して、その物質の結晶格子に埋め込まれることによって、所望の導電率を有する領域を形成する。このイオン注入処理は、一般的に、ガス分子との衝突によるイオンビームの拡散を防止すると共に、空気中浮遊粒子によって加工物が汚染される危険性を最小限に抑える高真空処理室内で実施される。
【０００４】
イオン線量及びイオンエネルギーは、注入工程を定めるために用いられる２つの重要な変数である。イオン線量は、与えられた半導体材料に対して注入されたイオンの濃度に関係する。
【０００５】
一般的に、高電流注入装置（イオンビーム電流が約１０ミリアンペア（ｍＡ）以上）は高

いイオン線量の注入装置であり、中電流注入装置（イオンビーム電流が約１ｍＡまで可能）は、低いイオン線量のために使用される。

【０００６】

イオンエネルギーは、半導体素子における接合部深さを制御するために使用される。イオンビームを作り上げるイオンのエネルギーレベルは、注入されたイオンの深さの度合いを決定する。半導体素子におけるレトログレード・ウエル(retrograde wells)を形成するために用いられる高いエネルギープロセスでは、数１００万電子ボルト（ＭｅＶ）に達する注入を必要とし、また薄い接合部(shallowjunctions)を形成するために１０００電子ボルト（１ＫｅＶ）以下のエネルギーが必要とされる。

【０００７】

半導体素子が益々小さくなる傾向が続くと、高電流・低エネルギーを供給するできるイオン源を備えたイオン注入装置が要求される。高ビーム電流は、必要なドーズ量レベルを供給するとともに、低エネルギーレベルによって薄い注入を可能にする。相補形金属酸化膜半導体（ＣＭＯＳ）デバイスにおけるソース／ドレイン接合部は、このような高電流、低エネルギー利用を必要とする。

【０００８】

図１には、固体状態からイオン化を行う原子を得るための一般的なイオン源１０が示されている。このイオン源は、一対の蒸発器１２，１４と、イオン室１６を有している。蒸発器の各々は、るつぼ１８を備え、このるつぼ内に固体要素または化合物が置かれ、加熱コイル２０により熱せられ、固体源材料を蒸発させてガス状態にする。加熱コイルの導入部２２は、電流を加熱コイル２０に導き、サーモカップル２４が温度フィードバック機構を与える。また、空冷導管２６と水冷導管２８が設けられている。

【０００９】

ガス化したイオン源材料は、グラファイト製のノズル保持器３２によって、るつぼ１８に固定されているノズル３０を通り、蒸発器の入口３４を介してイオン室１６内に入る。これとは別に、圧縮ガスが、ガスライン３８を介してガス入口３６によってイオン室に直接供給することができる。いずれの場合も、ガス状および／または蒸発したイオン源材料は、熱電子放射するために加熱されるアーク室のフィラメント４０によりイオン化される。

【００１０】

通常のイオン源は、圧縮されたガス源から直接、または蒸発させる固体から間接的に得られるイオン化可能なドーパントガスを用いる。代表的なイオン源要素は、ボロン（Ｂ）、リン（Ｐ）、ガリウム（Ｇａ）、インジウム（Ｉｎ）、アンチモン（Ｓｂ）、ひ素（Ａｓ）である。これらのイオン源要素の多くは、ボロンを除いて固体状態で供給され、ボロンは、例えば、三フッ化ボロン（BF_3）として一般的にガス状態で与えられる。

【００１１】

三フッ化ボロンを注入する場合、個々に荷電したボロン（Ｂ＋）イオンを含むプラズマが作り出される。ボロンの十分に高いドーズ量を作り出しそして基板に注入することは、ビームのエネルギーレベルがファクターとならない場合においては通常問題とはならない。しかし、低エネルギーの利用では、ボロンイオンのビームは、ビーム発散(beam blow up)として知られる状態を発生し、イオンビーム内の同類の荷電イオンが相互に反発する傾向を呈する。

【００１２】

このような相互反発によって、イオンビームは、搬送中その直径を拡大し、ビームラインの多数の開口によってビームがぼやけて集束しなくなる。これは、ビームエネルギーが弱まるにつれて、ビームの伝達が減少する。

【００１３】

デカボラン（$B_{10}H_{14}$）は、ボロン注入用の供給材料としては優れたものであり、蒸発及びイオン化させるときにデカボラン分子は、１０のボロン原子から構成されるイオン分子を与えることができる。このようなイオン源は、薄い接合部を作るのに用いられる高ドーズ量／低エネルギーイオン注入工程に特に最適なものであり、その理由は、デカボラン分

子のイオンビームは、単体のボロンイオンビームを用いる場合より、単位電流当たり１０倍のボロンドーズ量を注入することができるからである。

【００１４】

さらに、デカボラン分子は、加工物表面で元のビームエネルギーの約１／１０に相当する個別のボロン原子に分割するので、このビームは、ドーズ量が等価な単体のボロンイオンビームのエネルギーの１０倍ほど搬送可能である。この特徴により、イオンビーム分子が、低エネルギーのイオンビーム搬送により運ばれる伝達損失を避けることができる。

【００１５】

しかし、今日までデカボランによるイオン源材料は、ボロンをイオン注入する製造工程の利用において、十分なイオンビーム電流を発生させることができなかった。公知のホットーカソードイオン源は、デカボランのイオン化に不適当であり、その理由は、カソードに発生した熱とアークにより壁面および構成部品を５００℃以上に過熱し、デカボラン分子の解離が、ボラン・フラグメントおよび要素のボロン内で生じるためである。公知のプラズマーベースのイオン源は、プラズマ自体がデカボラン分子を解離し、$B_{10}H_X^+$の所望の親イオンの分割を生じさせるので、デカボランのイオン化に適していなかった。従って、公知のデカボランのイオン源において、イオン室の圧力は、非常に低く保たれ局部プラズマの維持を妨げるものであった。さらに、このようなイオン源から形成されるイオンビーム電流は、生産ラインで使用するにはあまりに低いものである。

【００１６】

【発明が解決しようとする課題】

したがって、従来のイオン源の欠点を解消するために、本発明の目的は、デカボランを十分に正確かつ制御可能にイオン化し、生産工程で使用できるイオンビーム電流を生じさせるためのイオン注入装置のイオン源およびイオナイザーを提供することである。

【００１７】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は各請求項に記載の構成を有する。本発明のイオン源は、蒸発すべきイオン源材料を受入れかつイオン源材料を蒸発するためのキャビティを有する蒸発器と；この蒸発器から離れて配置されており、かつ蒸発したイオン源材料を受入れるための入口を有する本体、前記蒸発したイオン源材料がエネルギー放出要素によってイオン化されてプラズマを作り出すためのイオン室、前記プラズマからなるイオンビームを引き出す出口開口、および前記蒸発したイオン源材料のイオン化中に前記イオン室の壁面の温度を低下させるための冷却機構を有しているイオナイザーと；前記蒸発器を前記イオン室に連結するための供給チューブと；前記蒸発器と供給チューブの少なくとも一部分を加熱するための加熱媒体と；を含んでいることを特徴としている。

【００１８】

蒸発器は、デカボラン等の固体イオン源材料を受入れ、これを昇華させる(蒸発する）ための昇華器(sublimator)を有する。加熱機構は、昇華器を加熱するために設けられ、また、蒸発したデカボランを適当な温度に維持するために、昇華器とイオナイザーを連結する供給チューブが設けられている。

【００１９】

また、本発明のイオン注入装置用のイオナイザーは、蒸発したイオン源材料が入口から本体内に伸びる供給チューブ内を通過するとき、蒸発したイオン源材料を加熱するための加熱機構を有する本体と、前記本体内に配置され、前記イオン源材料が電子放出要素によってイオン化されてプラズマを作り出すためのイオン室と、プラズマからなるイオンビームを引き出すための出口開口と、蒸発したイオン源材料のイオン化中に、イオン室の壁面の温度を低下させる冷却機構とを含み、

前記加熱機構は、前記本体内を通り前記イオン室に終端する前記供給チューブの回りに加熱媒体を通す通路を形成する環状シースによって形成されていることを特徴としている。

【００２０】

冷却機構は、蒸発したデカボランのイオン化中、イオン室の壁面の温度（例えば、３５０℃以下）を低下させ、蒸発したデカボラン分子が原子ボロンイオン内に解離するのを防止する。さらに、エネルギー放出要素が十分に低い出力レベルで作動し、イオン室内のプラズマ密度をできるだけ少なくし、蒸発したデカボラン分子がプラズマ自体によりさらに解離しないようにする。

【００２１】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図２ないし図４において、最初に図２に示すイオン源５０は、本発明に従って構成されかつ示された蒸発器５１とイオナイザー５３を含んでいる。この蒸発器５１は、非反応性の、熱伝導性を有する昇華器またはるつぼ５２、加熱媒体の貯蔵部５４、加熱媒体用ポンプ５５、温度コントローラ５６、質量流量コントローラ６０を含んでいる。

【００２２】

るつぼ５２は、イオナイザー５３から遠くに離れて配置され、水晶またはステンレススチールで作られた供給チューブ６２が接続されている。この第１実施形態において、供給チューブ６２は、その長さのほぼ全体に渡り外側に単一の室を有する環状シース９０によって囲まれている。

【００２３】

るつぼ５２は、イオン源材料６８を含むキャビティ６６を含む容器６４を備える。この容器は、デカボラン等の十分な量のイオン源材料を保有することができる、好ましくは、ステンレススチール、グラファイト、水晶、窒化ボロンから作られている。

【００２４】

本発明は、デカボランに関してのみ記載されているけれども、本発明の原理では、例えば、塩化インジウム（$InCl_3$）等の他の固体分子のイオン源材料を用いることができると考える。この塩化インジウムは、低い融点（２０～２５０℃の範囲の昇華温度）と大きな蒸気圧（即ち、10^{-2}～10^{3} トルの範囲）を有することを特徴とする。

【００２５】

デカボランは、貯蔵部５４内に含まれる加熱媒体７０を用いて容器６４の壁を加熱することにより、昇華工程を介して蒸発する。ワイヤメッシュ７１により、蒸発しないデカボランが、るつぼ５２から排出されるのを防止する。完全に蒸発したデカボランは、供給チューブ６２を介してるつぼ５２を出て、蒸気の流れを制御する質量流量コントローラ６０に入る。そして、従来公知のように、イオナイザー５３に供給される、蒸発したデカボランの量を測定する。

【００２６】

別の第２実施形態では、毛細管チューブおよびシース９０の形式で設けられる供給チューブ６２が、同軸で二重室になったシースになっており、内側シース９Ａとその回りを囲む外側シース９０Ｂとを有する（図３参照）。加熱媒体は、内側シース９０Ａ（毛細管チューブ６２に隣接して配置された）に供給され、外側シース９０Ｂ（内側シース９０Ａから半径方向外側に配置された）から排出される。

【００２７】

この第２実施形態において、質量流量コントローラ６０は、供給チューブとイオン室間に配置された加熱型シャットオフ弁（図示略）に置き換えられ、質量流量は、貯蔵部５４の温度を直接変化させることによって増減する。代わりに、分離した加熱源が、シャットオフ弁のために設けることもできる。毛細管チューブの回りに同軸シースを配置することによって、毛細管チューブの内径部分を囲む絶縁シースが設けられ、その結果、より均一な温度を維持する利点がある。

【００２８】

イオナイザー５３は、図４に詳細に説明されている。このイオナイザー５３は、ほぼ円筒形状の本体９６と、ほぼ環状ベースまたは取り付けフランジ９８とを含み、これらは、好ましい形態では、アルミニウムから作られている。アルミニウムは、重大な汚染問題を生

じない。本体９６は、以下で説明するように水冷を容易にするように、好ましくは、アルミニウムを機械加工した単一部品で構成されている。さらに、アルミニウムは、熱導電性が良い。

【００２９】

アルミニウム製の本体９６は、入口１０２に供給される入口用冷却通路１００と、出口１０６を介して本体９６に通じる出口用冷却通路１０４とにより冷却される。冷却媒体は、水または高熱量を有する他の適当な流体が可能である。入口および出口用の冷却通路は、イオナイザー本体９６を冷却するために、そこに水が流れる連続した通路を与える。図４において、通路の断片的な部分のみが想像線で示されているが、この通路は、本体全体が効果的に冷却されるように、公知の形状で本体の外周およびその近傍に延びている。本体９６を冷却することによって、イオナイザー５３のイオン室１０８は、十分に低い(３５０℃以下）の温度に維持することができ、イオン化したデカボラン分子の解離を防止する。

【００３０】

イオナイザー本体９６の領域内に供給チューブ６２が環状シース９０により取り囲まれ、この供給チューブは、イオン室１０８に終端している。イオン室内には、ホットーカソード（電子放出要素）１１０と反カソード、即ち、レペラー１１２が設けられている。ホットーカソード１１０は、シリンダ１１６によって取り囲まれかつエンドキャップ１１８で覆われた加熱フィラメント１１４を含む。好ましい形態では、フィラメントとエンドキャップは、タングステンで作られ、かつシリンダは、モリブデンで作られている。加熱フィラメント１１４は、アルミニウム本体９６から電気的に絶縁され、かつ貫通する出力フィードスルー１２０、１２２を介して励起される。レペラー１１２は、このレペラーを冷却されたイオン室１０８に物理的に結合する熱伝導性の電気絶縁材料(例えば、サファイア）を介して、本体９６から電気的に絶縁されている。

【００３１】

作動において、蒸発した材料は、イオナイザーの入口１１９で供給チューブ６２を介してイオン室内に放出される。タングステンフィラメント１１４がフィードスルー１２０、１２２間の電位差を利用して電気的に励起するとき、このフィラメントは、エンドキャップ１１８に向かって加速されて衝突する電子を放出する。エンドキャップ１１８が電子の衝撃によって十分に加熱されると、今度は、電子をイオン室１０８に進入させ、蒸気化したガス分子に衝突させて、イオン室内にイオンを作り出す。

【００３２】

これにより、低密度のイオンプラズマが作り出され、そこからイオンビームがイオン源の開口(出口開口）１２６を介してイオン室から引き出される。イオン室１０８内のプラズマの低密度は、イオン源（５０ミリアンペア（ｍＡ）で約５ワット）に維持された比較的低いアーク放電出力によって部分的に与えられる。エンドキャップ１１８は、低密度プラズマとの接触からフィラメントをシールドし、これにより、フィラメントの寿命を伸ばす。図４には、間接的に加熱されたカソード装置は、他の通常のイオン源装置、例えば、フリーマン形式またはベルナス形式のイオン源に置き換えることができる。

【００３３】

カソード１１０によって発生した電子は、イオン室内のデカボラン分子に衝突しないで、カソードに向って戻る電子を偏向させるレペラー１１２に向って移動するデカボランイオンを作り出す。レペラーは、好ましくは、モリブデンで作られ、カソードと同様に、イオナイザー本体９６から電気的に絶縁されている。デカボラン分子の解離がレペラー（すなわち、高熱伝導性を有する電気絶縁体を用いて本体９６に物理的に結合される）によって最小になるならば、レペラーを水冷することができる。

【００３４】

イオン室１０８の壁面１２８は、局部的にアース電位に位置されている。エンドキャップ１１８を含むカソード１１０は、壁面１２８の電位より低い約５０～１５０ボルトの電位に維持される。フィラメント１１４は、エンドキャップ１１８の電位よりも低い約２００

～６００ボルトに維持される。フィラメント１１４とエンドキャップ１１８の間の大きな電位差は、フィラメントから放出した電子に高エネルギーを与え、エンドキャップを十分に加熱し、熱イオン放出的に電子をイオン室内に放出させる。

【００３５】

これに対して、図４において示されたカソード／レペラーの組合せの代わりに、アンテナ等のＲＦエキサイター[exciter]（図示略）を励起することもでき、これにより、ＲＦ信号を放射させて、イオン室１０８内に蒸発したデカボラン分子をイオン化することによってプラズマを作り出すこともできる。このようなＲＦアンテナを用いた場合の出力は、４０ｗ～５０ｗのオーダーとなる。イオン室１０８内に配置された磁気フィルタ(図示略)がプラズマをろ過し、イオン源の開口１２６の外側に配置された引き出し電極（図示略）がイオン室から従来のようにプラズマを引き出す。これに対して、マイクロ波エネルギーをマイクロ波発生源からイオン室１０８に向けることにより、蒸発したデカボラン分子をイオン化してプラズマを作り出すこともできる。

【００３６】

本発明のイオン源５０は、るつぼ５２の動作温度とともに蒸発したデカボランをイオン室に導く供給チューブの動作温度を制御するための制御機構を備える。加熱媒体７０は、抵抗体または同様の加熱要素８０によって貯蔵部５４内で加熱され、さらに熱交換器によって冷却される。温度制御手段は、温度コントローラ５６からなり、このコントローラは、入力温度が貯蔵部５４からフィードバックする入力温度をサーモカップル９２を介して得て、さらに、以下で説明するように、制御信号が加熱要素８０に出力され、その結果、貯蔵部内の加熱媒体７０を適当な温度に加熱する。蒸発器５１とイオナイザー５３の供給チューブの両方を加熱するための作動温度制御機構は、図２および図４に示すように単一の回路によって設けることができる。これとは別に、個別の温度制御回路を蒸発器５１およびイオナイザー５３のために設けることもできる。

【００３７】

加熱媒体７０は、高い熱容量を与える鉱油または他の適当な媒体（例えば、水）からなる。この鉱油は、加熱要素８０によって２０℃～２５０℃の温度範囲に加熱され、ポンプ５５によってシース９０を通って、るつぼ５２および供給チューブ６２の回りを循環する。ポンプ５５は、入口８２と出口８４を備え、また貯蔵部５４も、同様に入口８６と出口８８を備えている。るつぼ５２および供給チューブ６２の回りの加熱媒体の流れパターンは、図２において、単方向の時計回りであるが、るつぼ５２および供給チューブ６２の回りに加熱媒体が好適に循環すればどのようなパターンでもよい。

【００３８】

図２に戻って、るつぼのキャビティ６６は、圧力が加えられており、その結果、るつぼ５２から供給チューブ６２を介してイオン室１０８に蒸発した（昇華した）デカボランの材料移送を容易にする。キャビティ６６内の圧力が上昇すると、それに応じて材料移送率が増加する。真空に近い圧力（約１ミリトル）でイオン室を動作させると、るつぼ６２からイオン室１０８への供給チューブの全長に沿って圧力勾配が発生する。るつぼの圧力は、一般的に、１トル程度である。

【００３９】

イオン室１０８から遠くに離れたるつぼ５２を配置することによって、るつぼのキャビティ６６内の材料は、熱的に隔離され、これによってイオン室１０８における温度により影響されない温度的に安定な環境を与える。このように、るつぼのキャビティ６６の温度は、デカボランを昇華させる工程において、イオン室１０８の動作温度に無関係に、正確な温度範囲（１℃以内）に制御することができる。また、蒸発したデカボランの温度を、加熱された供給チューブ６２を介してイオン室１０８へ移送する間、一定に維持することによって、このデカボランの蒸気ガスが圧縮されたりまたは熱的に分解されることがない。

【００４０】

温度コントローラ５６は、加熱媒体７０のための加熱要素８０の動作を制御することによって、るつぼ５２と供給チューブ６２の温度を制御する。サーモカップル９２は、貯蔵部

７０の温度を感知し、温度フィードバック信号９３を温度コントローラ５６に送る。温度コントローラ５６は、既知の方法で入力フィードバック信号に応答し、貯蔵部の加熱要素８０に制御信号９４を出力する。こうして、均一な温度が全ての表面に与えられ、固体状態のデカボランと蒸発したデカボランが、イオン室内に所定位置に露出する。

【００４１】

本システム（ポンプ５５を介する）における加熱媒体の循環および加熱媒体（加熱要素を介する）の温度を制御することにより、イオン源５０は、２０℃～２５０℃（±１℃）の動作温度に制御することができる。正確な温度制御は、イオン室に最も近い供給チューブの端部と比較して、るつぼの位置において、るつぼの圧力と、るつぼからの蒸気ガスの流れ速度を制御することがより重要である。

【００４２】

本発明のイオン源を用いるプラズマ密度が低く（１０^{10}／$ｃｍ^{3}$）押さえられて、デカボラン分子の解離を防止するので、引き出された全イオンビーム電流は、従来型のイオン源開口を用いるとき低くなるであろう。比較し得るビーム電流密度を考慮すると、本発明のイオナイザー５３における開口１２６は、適切なイオンビーム電流出力を確定するのに十分大きな寸法に作られている。１平方センチ（$ｃｍ^{2}$）の開口（0.22ｃｍ×4.5ｃｍ）は、加工物に対して平方センチ当り約１００μアンペア（μＡ／$ｃｍ^{2}$）のビーム電流密度を可能にする(例えば、１μＡ）。イオン源から引き出されたビーム電流の１ｍＡ／$ｃｍ^{2}$より少ないかまたは等しいビーム電流密度が可能である(例えば、１ｍＡ）。（加工物に供給される実際の集束したビーム電流は、引き出された全ビーム電流のほんのわずかな値に過ぎない。）寸法が約５$ｃｍ^{2}$の開口は、イオン注入装置において、加工物に対して約５００μＡの$Ｂ_{10}Ｈ_{X}^{+}$ビーム電流を形成することが可能である。超低エネルギー（ＵＬＥ）のイオン注入装置では、１３$ｃｍ^{2}$までのより大きな開口寸法も可能となる。

【００４３】

イオン注入装置において、図２のイオン源５０の実施形態を用いて、全体の全分子（１０ボロン原子）が加工物に注入される。この分子は、各ボロン原子のエネルギー１０が、ボロン原子の集合体（$Ｂ_{10}Ｈ_{14}$の場合）におけるエネルギーの約１／１０となるように、加工物の表面で分割される。

【００４４】

こうして、このイオンビームは、所望のボロン注入エネルギーを１０倍移送することができ、かなり大きなビーム伝達損失を生じることなく非常に薄い注入を行うことができる。さらに、一定のビーム電流で、単位電流毎に加工物に１０倍のドーズ量を供給できる。最後に、単位ドーズ量あたりの電荷は、単一原子のビームによる注入の場合の１／１０となるので、加工物への荷電の問題も、与えられたドーズ量に対して厳格に検討する必要がない。

【００４５】

以上、本発明における改良されたイオン源の好ましい実施形態について記載してきた。しかし、上述したこれらの記載は、単に例示のためになされたものであり、本発明は、ここに記載した実施形態に限定されるものではなく、種々の変更及び修正を含み、添付された特許請求の範囲またはその技術的思想から逸脱しない上述の記載を含むものとする。

【図面の簡単な説明】

【図１】イオン注入装置用の従来のイオン源の部分断面を含む透視図である。

【図２】本発明の原理に従って構成されたイオン注入装置のイオン源の第１実施形態を示す一部断面概略図である。

【図３】図２の線３－３に沿って見たイオン源の別の実施形態における接続チューブの断面図である。

【図４】図４は、図２に示すイオン源のイオナイザー部分の部分断面図である。

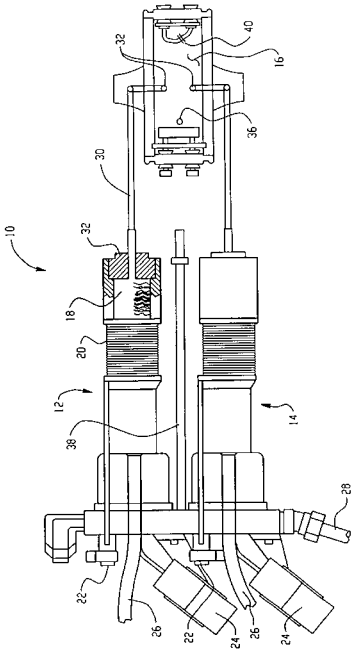
【符号の説明】

５０　イオン源

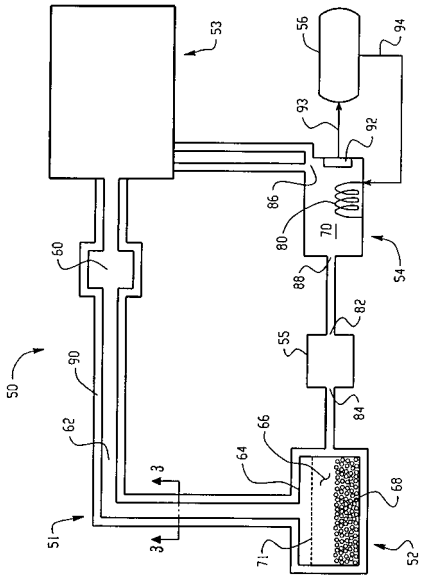
５１　蒸発器

５２　るつぼ
５３　イオナイザー
５６　温度コントローラ
６２　供給チューブ
６６　キャビティ
６８　イオン源材料
７０　加熱媒体
９６　本体
１００　入口用冷却通路
１０４　出口用冷却通路
１０８　イオン室
１１０　ホットカソード
１１９　入口
１２６　出口開口
１２８　壁面

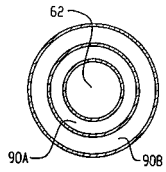
【図１】



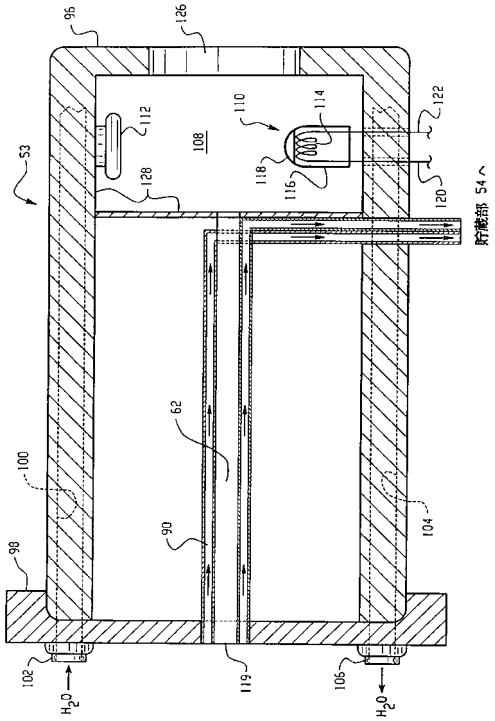
【図２】



【図３】


62
90A
90B

【図４】


96
126
112
110
114
122
108
53
118
116
128
120
54へ
62
100
104
90
98
102
H_2O
119
106
H_2O

フロントページの続き

(72)発明者 トーマス ネイル ホースキー
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０１７１９ ボックスボロー デポット ロード ８１６
(72)発明者 アレキサンダー スチュアート ペレル
アメリカ合衆国 マサチューセッツ ０１９２３ ダンバース ロカスト ストリート ５００
(72)発明者 ウイリアム キース ロイツイデス
アメリカ合衆国 ニューハンプシャー ０３０４９ ホリス ペパーレル ロード １１３

審査官 佐藤 仁美

(56)参考文献 特開平０９－２４５９９７（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０３７００８９２（ＵＳ，Ａ）
特開２０００－０３０６２０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１７３４８６（ＪＰ，Ａ）
TAKEUCHI D ET AL, Shallow junction formation by polyatomic cluster ion implantation, NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - B: BEAM INTERACTIONS WITH MATERIALS AND ATOMS, NL, NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY, １９９７年, vol. 121, no. 1, 1997, pages 345-348

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H01J 27/00-27/26、37/04、37/06-37/08、
37/248、37/30-37/36