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

特許第4416061号
(P4416061)

(45)発行日　平成22年2月17日(2010.2.17)　(24)登録日　平成21年12月4日(2009.12.4)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/265	(2006.01)	H01L	21/265	603C
C23C 14/48	(2006.01)	H01L	21/265	F
H01J 37/317	(2006.01)	C23C	14/48	Z
H01L 21/268	(2006.01)	H01J	37/317	Z
		H01L	21/268	G

請求項の数 5　(全 18 頁)

(21)出願番号　特願2000-31356(P2000-31356)
(22)出願日　平成12年2月9日(2000.2.9)
(62)分割の表示　特願平9-140918の分割
原出願日　平成9年5月15日(1997.5.15)
(65)公開番号　特開2000-235959(P2000-235959A)
(43)公開日　平成12年8月29日(2000.8.29)
審査請求日　平成15年4月2日(2003.4.2)
審判番号　不服2006-22737(P2006-22737/J1)
審判請求日　平成18年10月6日(2006.10.6)
(31)優先権主張番号　特願平8-146634
(32)優先日　平成8年5月15日(1996.5.15)
(33)優先権主張国　日本国(JP)
(31)優先権主張番号　特願平8-281874
(32)優先日　平成8年10月3日(1996.10.3)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(74)代理人　100116159
弁理士　玉城　信一
(72)発明者　山崎　舜平
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　浜谷　敏次
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　田中　幸一郎
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ドーピング処理方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
プラズマを発生させるためのプラズマ空間と、
前記プラズマ空間で発生させたプラズマから断面が線状または長方形のイオン流を引き出すための引き出し電極と、
前記引き出し電極から引き出された前記イオン流を断面の短尺方向に集束し、長尺方向に集束しない、イオン流を集束する装置と、
前記イオン流を集束する装置の下流側に配置され、前記集束されたイオン流の断面の長尺方向に磁場を印加することにより、前記集束されたイオン流を断面の短尺方向に曲げる第１の磁場を印加する装置と、
前記第１の磁場を印加する装置の下流側に配置され、前記第１の磁場により曲げられたイオン流の断面の短尺方向の一部を遮断するスリットと、
前記スリットの下流側に配置され、前記スリットを通過したイオン流に、前記第１の磁場で受ける力と向きが逆で大きさが等しい力を与える第２の磁場を印加する装置とを有し、
前記イオン流を集束する装置は、多段で、集束させる方向には下流ほど電極径を小さくし集束させる方向に垂直な方向には径を変えない加速電極からなることを特徴とするドーピング装置。
【請求項２】
請求項１において、

前記引き出し電極は１つの線状又は長方形の空洞部を有することを特徴とするドーピング装置。
【請求項３】
請求項２において、前記引き出し電極の空洞部の短尺方向の長さは１～１５ｃｍ、長尺方向の長さは５０～１７０ｃｍであることを特徴とするドーピング装置。
【請求項４】
請求項１乃至３のいずれか一項において、
前記加速電極で加速されたイオン流の断面は、線状又は長方形であることを特徴とするドーピング装置。
【請求項５】
請求項１乃至４のいずれか一項において、
前記加速電極で加速されたイオン流の断面の長尺方向と直角方向に基板を移動する手段を有することを特徴とするドーピング装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、半導体集積回路等を作製する際に使用されるドーピング装置およびドーピング処理方法に関するものである。特に本発明は大面積基板を処理する目的に好ましい構成を有するイオンドーピング装置およびドーピング処理方法に関する。例えば、一部もしくは全部が非晶質成分からなる半導体材料、あるいは、実質的に真性な多結晶の半導体材料に対して、イオンビームを照射することによって、該半導体材料に不純物を付与するものである。
【０００２】
【従来の技術】
半導体集積回路等の作製において、半導体中にＮ型やＰ型の不純物領域を形成する場合に、Ｎ型やＰ型の導電型を呈せしめる不純物（Ｎ型不純物／Ｐ型不純物）イオンを高い電圧で加速して、照射・注入する方法が知られている。特に、イオンの質量と電荷比を分離する方法はイオン注入法と呼ばれ、半導体集積回路を作製する際に、広く用いられている。
【０００３】
それ以外にも、Ｎ／Ｐ型不純物を有するプラズマを発生させ、このプラズマ中のイオンを高い電圧によって加速し、イオン流として半導体中に注入する方法が知られている。この方法は、イオンドーピング法もしくはプラズマドーピング法と呼ばれる。
【０００４】
イオンドーピング法によるドーピング装置の構造は、イオン注入法によるドーピング装置に比較して簡単である。例えば、Ｐ型不純物として硼素を注入する場合には、硼素化合物であるジボラン（B_2H_6）等の気体において、ＲＦ放電その他の方法によって、プラズマを発生させ、これに高い電圧をかけて、硼素を有するイオンを引き出して、半導体中に照射する。プラズマを発生させるために気相放電をおこなうので、ドーピング装置内の真空度は比較的高い。
【０００５】
現在、比較的大面積の基板に対して均一に不純物を添加するにはイオンドーピング装置が使用されることが多い。イオンドーピング装置は質量分離をおこなわず、大面積のイオンビームが比較的容易に得られるためである。一方、イオン注入装置は質量分離をおこなう必要があるため、ビームの一様性を保ったまま、ビーム面積を大きくすることは難しい。よって、イオン注入装置は、大面積基板には不適当である。
【０００６】
近年、半導体素子プロセスの低温化に関して盛んに研究が進められている。その大きな理由は、安価なガラス等の絶縁基板上に半導体素子を形成する必要が生じたからである。その他にも素子の微小化や素子の多層化に伴う要請もある。
【０００７】

ガラス等の絶縁基板は、従来高温プロセスで使われている石英基板と比較して加工性に富み、大面積化が容易で、なおかつ、安価である等、様々なメリットがある。しかしながら、基板の大面積化に伴い、従来の高温プロセスとは性質の異なる装置を開発しなければならないなど、技術的に越えなければならない困難が多々生じて来ていることも事実である。

【０００８】

大面積基板を処理する必要のあるアクティブマトリクス型液晶ディスプレー等の作製においては、イオン注入法は、この点で不利であり、その欠点を補うという目的で、イオンドーピング法について研究開発がおこなわれている。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】

従来のイオンドーピング装置の概要を図１および図２に示す。図１は主としてイオン源およびイオンの加速装置の概要を示す。また、図２はイオンドーピング装置全体の構造を示す。まず、図１にしたがって説明する。イオンはプラズマ空間４において発生する。

【００１０】

すなわち、電極３と網状電極６との間に高周波電源１およびマッチングボックス２によって高周波電力を印加することで、減圧されたプラズマ空間４にプラズマを生じさせる。プラズマを発生させる初期には水素等を雰囲気に導入し、プラズマが安定した後には、ドーピングガスであるジボランやホスフィン（PH_3）を導入する。

【００１１】

電極３とチャンバーの外壁（網状電極６と同電位）は絶縁体５によって絶縁される。このようにして発生したプラズマからイオン流が取り出されるが、それには、引き出し電極１０および引き出し電源８が用いられる。このようにして引き出されたイオン流は抑制電極１１および抑制電源９によって形状を整えられた後、加速電極１２および加速電源７によって必要とするエネルギーまで加速される。

【００１２】

次に図２（Ａ）について説明する。イオンドーピング装置は大きく分けて、イオン源・加速装置１３、ドーピング室１５、電源装置１４、ガスボックス１９、排気装置２０よりなる。図２では、イオン源・加速装置は、図１のものを横に置いてある。すなわち、図２では、イオン流は左から右に流れる（図１では上から下に流れる）。電源装置１４は主としてイオンの発生・加速に用いられる電源を集約したもので、図１の高周波電源１、マッチングボックス２、加速電源７、引き出し電源８、抑制電源９を含む。

【００１３】

ドーピング室１５には基板ホルダー１７が設けられ、被ドーピング材１６がその上に設置される。基板ホルダーは一般にイオン流と平行な軸にそって回転できるように設計される。イオン源・加速装置１３とドーピング室１５は排気装置２０によって排気される。もちろん、イオン源・加速装置１３とドーピング室１５とが独立の排気装置によって排気されてもよい。

【００１４】

ガスボックス１９からはガスライン１８を経由して、ドーピング室１５にドーピングガスが送られる。図２の装置ではイオン源・加速装置１３と被ドーピング材１６の間にガス供給口が設けられているが、イオン源のプラズマ空間４の近傍に設けることも可能である。ドーピングガスは水素等で希釈して用いられるのが一般的である。

【００１５】

従来のイオンドーピング装置では、処理できる基板（被ドーピング材）の面積はイオン源１３におけるプラズマ空間４の断面積と等しいかそれ以下であった。これはドーピングの均一性によって要求された条件である。図２（Ｂ）は、イオン流に垂直な断面の様子を示す。すなわち、イオン源・加速装置１３はL_1およびL_2という大きさであるが、ドーピング室１５および被ドーピング材１７はその中におさまる程度の大きさである。そして、L_1とL_2は同程度の大きさである。

【００１６】
したがって、基板がより大きくなるとプラズマ空間４はさらに大きくなることが要求される。しかも、プラズマは２次元的に均一であることが要求される。しかしながら、プラズマ空間は無限に大きくすることは困難である。なぜなら、プラズマの発生が均一でなくなるからである。これは主として分子の平均自由工程がプラズマ空間の断面に比較して十分に小さくなるためである。このため、プラズマ空間の１辺の長さをを０．６ｍ以上とすることは困難である。
【００１７】
【課題を解決するための手段】
本発明においては、イオン流の断面を線状もしくは長方形とし、かつ、ドーピング中に被ドーピング材を、イオン流の長尺方向に垂直（すなわち、短尺方向）に移動させることを特徴とする。かくすることにより、プラズマは長尺方向の均一性が要求されるのみとなり、大面積の基板の処理が可能となる。プラズマの長尺方向の均一性のみが問題となり、２次元的な均一性が問題とならないのは、被ドーピング材の任意の部分に着目すると、イオン照射が走査によりおこなわれるためである。
【００１８】
本発明では、原理的には基板の１辺の長さはプラズマの長さによって制約されるものの、他の１辺の長さにはドーピング室の大きさ以外の制約要因がない。放電空間の幅が十分に狭ければ、長尺方向の均一性が２ｍ程度保たれたプラズマは容易に発生できる。もちろん、そのときのイオンビームの幅はセンチメートルオーダーでもよい。
【００１９】
したがって、このような線状イオンドーピング装置は、大面積基板、あるいは、多数の基板を同時に処理するのに適している。例えば、最大２ｍ×ｘｍの基板に比較的用意にドーピングをおこなうことができる。ｘはドーピング装置の大きさにより決定される。
【００２０】
【発明の実施の形態】
図３（Ａ）に本発明の実施形態の概念を示す。本発明のイオンドーピング装置も従来と同様、イオン源・加速装置１３、ドーピング室１５、電源装置１４、ガスボックス１９、排気装置２０よりなる。しかしながら、従来のものとは異なって、イオン源・加速装置１３では、断面が線状もしくは長方形となるイオン流を発生する。さらに、基板ホルダー１７がドーピング中に移動するような機構を備えている。イオン流の長尺方向は図の紙面に垂直な方向である。
【００２１】
本発明のイオンドーピング装置では、処理できる基板（被ドーピング材）の形状はイオン源１３におけるプラズマ空間４の断面の形状とは関係がない。ただし、基板の短い方の１辺の長さはプラズマ空間４の長尺方向の長さと等しいかそれ以下であることが要求される。基板の他の１辺の大きさについては、ドーピング室の大きさ以外には制約要因がない。
【００２２】
図３（Ｂ）は、イオン流に垂直な断面の様子を示す。すなわち、イオン源・加速装置１３（$L_1 \times L_2$）の形状は、ドーピング室１５および被ドーピング材１７の形状に制約されない。イオン流の断面の形状が線状もしくは長方形であるので$L_1 < L_2$（＝イオン流の断面の長尺方向の長さ）である。
【００２３】
イオン流が長尺方向に均一であるのみで、短尺方向の均一性を問われないということは、短尺方向にイオン強度、イオン種の分布があっても差し支えないということであり、このことはイオン流から特定の軽イオン（例えば、H^+、H_2^+等）を除去する上で有効である。イオンの分離には磁気的な作用をイオン流に及ぼす必要があったが、その際には、必ず、必要な重いイオンの分布にも影響を与えた。
【００２４】
従来のイオンドーピング装置では２次元での均一性が要求されたので、実質的にイオンを

分離することは不可能である。しかしながら、本発明では実施例２に示すように簡単に分離することが可能である。

【００２５】

また、イオン流が長尺方向に均一であるのみで、短尺方向の均一性を問われないということは、イオン流を加速・減速する電極の構造にも有利である。従来のイオンドーピング装置では電極には網状もしくは多孔のものが用いられたが、このような電極では、一部のイオンが電極本体に衝突するので、そのことによる電極の劣化、あるいは電極構成物質の飛散・スパッタリングが問題となる。

【００２６】

これに対し、本発明では、実施例１に示すように、簡単な形状の電極で、かつ、イオン流から離れた位置に設けられるため、上記の問題は解決される。

【００２７】

なお、従来の半導体製造技術では、イオン注入技術が知られているが、その際にはイオン流を電磁的に偏向させて、固定した基板に走査するという技術が知られている。しかしながら、そのような方法は、本発明のようにさまざまな質量／電荷比を有するイオンを同時にドーピングする場合には適切でなく、本発明のようにイオン流は固定とし、基板を移動させる方が好ましい。

【００２８】

なぜならば、電磁的なイオン流の偏向技術では、重いイオンに比較して、軽いイオンの方がはるかに偏向されやすく、したがって、均一に走査することができないからである。わずかに質量数は１つ異なるだけでも、分布が生じるので、本発明の目的とするイオンドーピング技術に適用することは好ましくない。このような電磁的な偏向技術の用いることができるのは、単一イオン種のみをドーピングする場合に限られる。

【００２９】

本発明のイオンドーピング装置には、従来のイオン技術において公知であるイオン集束装置やイオン質量分離装置を付加してもよい。

【００３０】

さらに、本発明のような線状イオンドーピング技術において、イオンの質量分離が容易であるという特徴は、その後のアニール処理においても有利となる場合がある。一般にイオンドーピングをおこなうと、イオンの被照射物への入射に伴う被照射物の原子格子の損傷や結晶格子の非晶質化等が生じる。また、ドーパントは、ただ半導体材料に打ち込むだけではキャリアとして働かない。これらの不都合を解消するためのいくつかの工程が、ドーピング後に必要である。

【００３１】

上記工程で、最も一般的な方法は熱アニールあるいは光アニールである。これらのアニールによりドーパントを半導体材料格子に結合させることができる。ただし、光アニールの場合には、その光が前記格子損傷箇所等に届かなければならない。

【００３２】

また、前記アニールで解消仕切れない準位（不結合手）を消すための、水素を添加する工程もかなり一般的に行われている。該工程を以下水素化と呼ぶ。水素は３５０℃程度の温度で容易に半導体材料内に進入し、上記準位を消す働きをする。

【００３３】

いずれにせよ、これらのドーピング後の工程を設けることは、工程数を増やし、コストやスループットの面でよくない。熱アニールと水素化をドーピング時に同時にやってしまうことにより、あるいは、それらの工程の一部をドーピング時におこなうことにより、アニール工程・水素化工程の省略もしくは処理時間の短縮、ないしは処理温度等の低減等を図ることができる。

【００３４】

水素とドーパントを同時に半導体材料に添加することは比較的容易である。すなわち、水素で希釈したドーパントを水素ごとイオン化して、ドーピングをすればよい。例えば、水

素で希釈した、フォスフィン（PH_3）を用いて図１や図２に示すドーピング装置でイオンの注入をおこなえば、燐を含むイオン（例えば、PH_3^+ や PH_2^+ 等）と同時に水素イオン（例えば、H_2^+ や H^+）も注入される。

【００３５】

しかしながら、水素は、燐・硼素等のドーパントを含むイオンに対してあまりにも軽く、加速されやすいため基板奥深くまで入ってしまう。一方、ドーパントを含むイオンは比較的浅い部分にとどまるので、該水素がドーパント起因の欠陥を修復するには、熱アニール等で水素を移動させなければならない。

【００３６】

ところで、線状イオンビームを用いると、上述のように、質量分離器をイオン流の途中において所望のイオンのみ基板に照射することが可能となる。この思想をより発展させると、以下のような新規なドーピング方法も可能となる。すなわち、異なる質量のイオンを分離したのち、それぞれを異なる電圧で加速し、これらのビームを半導体材料に照射することにより、これらのイオンをほぼ同じ深さに打ち込むというドーピング方法である。

【００３７】

例えば、水素を主成分とするイオン（軽イオン）と、ドーパントを含むイオン（重イオン）に分離し、後者のみを加速することにより、前者と後者の侵入深さをほぼ同じとすることにより、前者の存在によって、ドーパントに対するアニール工程や水素化工程の一部もしくは全部を同時におこなうことが可能となる。

【００３８】

すなわち、水素イオンビームの半導体材料への入射速度を、ドーパントを含むイオンビームの半導体材料への入射速度に近づけることにより、半導体膜中での水素の分布とドーパントの分布が近づく。このとき、イオンの入射エネルギー（衝突により熱エネルギーに転化する）と、水素の供給により、ドーパントが直ちに活性化される。この効果により、後のドーパント活性化工程が不要となる。

【００３９】

侵入深さを調整するためにはそれぞれのイオンビームの入射角を変えてもよい。すなわち、入射角が小さいと侵入深さも小さくなる。入射角の変更には磁気的・電気的効果を用いればよい。あまりに入射角が小さいと、基板にイオンが入らず反射してしまう。入射角は４０°以上あればまず問題はない。

【００４０】

上記の目的には、質量分離装置は、イオンビーム発生装置と加速装置の間に設けられるとよい。また、質量分離のためには、イオンビームの長尺方向に平行な磁場を該イオンビームに印加する装置を用いればよい。

半導体材料に対しては、先にドーパントを含むイオンが注入された後に、水素を主成分とするイオンが注入されるようにしてもよいし、その逆となるようにしてもよい。

【００４１】

本発明のイオンドーピング装置と線状レーザー光を利用するレーザーアニール装置を同一チャンバー内に設けることも有効である。すなわち、本発明が線状イオン流により基板を走査しつつドーピングする工程を特色とすることと、他の発明である線状レーザー光を用いたレーザーアニール法が、同様な機構を必要とすること、および、両装置を用いる工程が連続することに着目すれば、両者を別個の装置とするより、同一の装置に組み込むことは非常に効果的である。

【００４２】

例えば、特開平７－２８３１５１号には、多チャンバー真空処理装置において、イオンドーピングチャンバーとレーザーアニールチャンバーとを有するものが開示されている。従来のイオンドーピング装置は面状の断面を有するイオン流の一括照射を基本とし、場合によっては、基板を回転させる必要があったので、イオンドーピングチャンバーとレーザーアニールチャンバーとを一体化させるという思想はなかった。

【００４３】

しかしながら、本発明のように、イオンドーピング装置も線状レーザーアニール装置と同様な搬送機構によって基板を移動しつつドーピングをおこなうという場合には、イオンドーピングチャンバーとレーザーアニールチャンバーを別に設ける必要はなく、むしろ、一体化した方が量産性の面で有利である。すなわち、イオン流の断面の長手方向とレーザー光の断面の長手方向とを平行に配置し、この間を基板を、上記方向に垂直に移動させればよい。かくすることによりイオンドーピング工程とレーザーアニール工程を連続的におこなえる。

【００４４】

線状イオン処理装置に線状レーザーアニール装置を組み合わせることは、２つの工程を同時におこなうことによる工程数の短縮の効果に加えて、基板の汚染の可能性を低減する効果をも有する。

【００４５】

さらに、本発明のイオンドーピング装置を用いると以下のような特色を有するドーピング処理をおこなうことが可能となる。すなわち、本発明によるドーピング処理方法の第１は、線状のイオンビームを発生する過程と、該イオンビームを質量分離し、少なくとも２つのイオンビームに分離する過程と、前記イオンビームをそれぞれ異なる電圧で加速する過程と、前記イオンビームをそれぞれ異なる角度で基板に照射する過程とを有する。

【００４６】

本発明によるドーピング処理方法の第２は、線状のイオンビームを発生する過程と、該イオンビームを少なくとも２種類のイオンビームに質量分離する過程と、前記イオンビームの一つを他の一つとは異なる加速電圧で加速する過程と、前記線状に加工されたイオンビームの線方向と概略直角方向に基板を移動させつつ、前記イオンビームの少なくとも二つを照射することを特徴とする。

【００４７】

本発明によるドーピング処理方法の第３は、水素を含む線状のイオンビームを発生する過程と、該イオンビームを水素を主成分とするものと、そうでないものとに質量分離する過程と、前記イオンビームのうち、水素を主成分とするイオンビームおよびそうでないものに、それぞれのイオンビームの基板への侵入深さが概略等しくなるようなエネルギー、入射角度等を付与する過程と、前記線状に加工されたイオンビームの線方向と概略直角方向に基板を移動させつつ、前記イオンビームを照射することを特徴とする。

以下に実施例を示し、より詳細に本発明を説明する。

【００４８】

【実施例】

〔実施例１〕　図４に本実施例を示す。図４（Ａ）は本実施例のイオン源・加速装置の構成の概略を示し、図４（Ｂ）は本実施例のイオン源・加速装置の電極の概略の形状を示す。まず、図４（Ａ）にしたがって説明する。

【００４９】

長方形状の断面を有するプラズマ空間２４では、プラズマ発生電極２３、２６に高周波電源２１より高周波電力を印加して、プラズマが発生する。このプラズマは引き出し電極３０および引き出し電源２８によって引き出され、さらに抑制電極３１、抑制電源２９によって形状・分布を整えた後、加速電極３２、加速電源２７によって、必要とするエネルギーまで加速される。なお、プラズマの長尺方向の均一性が十分であれば、抑制電極３１は設けなくてもよい。

【００５０】

プラズマ発生電極２３、２６、引き出し電極３０、抑制電極３１、加速電極３２の形状は、図４（Ｂ）に示される。すなわち、引き出し電極３０、抑制電極３１、加速電極３２は空洞型であり、イオン流はその中央部を流れる。したがって、イオンが電極と衝突することがない。

【００５１】

本実施例ではプラズマ発生用電極２３と２６の間隔を１～１０ｃｍ、長さを５０～１５０

ｃｍ、引き出し電極３０、抑制電極３１、加速電極３２の空洞部の断面の短尺方向の長さを１～１５ｃｍ、長尺方向の長さを５０～１７０ｃｍとするとよい。

【００５２】

なお、イオンドーピング装置全体の構成は図３で示されたものと同様にするとよい。

本実施例では、イオンの質量分離がおこなわれずに導入されるので、例えば、ドーピングガスとして、水素で希釈したホスフィンを用いた場合には、重いイオン（PH_3^+、PH_2^+等）も軽いイオン（例えば、H^+、H_2^+等）も同じ面密度で導入される。同様なことは硼素やアンチモンの注入においても生じる。

【００５３】

このことは、再結晶化の際に低温で結晶化するという利点がある。すなわち、材料中のＳｉ－Ｈ結合同士が、水素分子を離脱するような縮合過程を経て、Ｓｉ－Ｓｉ結合を形成するためである。この点で、積極的に水素分子の注入を防止するという実施例２もしくは３と異なる。

【００５４】

ただし、本実施例では、イオンの質量や半径によって進入深さが異なるという面に注意しなければならない。一般に軽い水素系イオンははるかに深い部分に集中する。この点を改善する実施例は後述する。（実施例５～７）

【００５５】

〔実施例２〕　本実施例は、実施例１で示したイオンドーピング装置のイオン源・イオン加速装置において、質量分離装置を設けた例を示す。本実施例を図５を用いて説明する。図５（Ａ）は本実施例のイオン源・加速装置の構成の概略を示す。まず、図５（Ａ）にしたがって説明する。長方形状の断面を有するプラズマ空間２４では、プラズマ発生電極２３、２６に高周波電源２１より高周波電力を印加して、プラズマが発生する。

【００５６】

このプラズマは引き出し電極３０および引き出し電源２８によって引き出され、加速電源２７によって加速される。次に、イオン流は互いに逆方向の磁場３４、３５および、その間のスリット３６を通過する。磁場３４によって、イオンは横向きの力を受け、このため、軽いイオン（例えば、H^+、H_2^+等、図の点線）は重いイオン（例えば、BH_3^+、BH_2^+、PH_3^+、PH_2^+等、図の細線）より左側に曲げられ、スリット３６を通過することができない。すなわち、スリット３６は質量分離用に設けられたものである。

【００５７】

図５（Ｂ）には、スリットに進入する前のイオンの分布の概念図を示す。縦軸はイオン密度（イオン強度）であり、横軸はイオン流の断面の短尺方向である。イオンはプラズマの分布を反映し、ガウス分布に近い形状であるが、磁場３４によって、軽いイオンが左に移動する。図５（Ｃ）には、スリットを通過した後のイオンの分布を示す。スリット３６によって、イオン流のうち、左側の軽いイオンのピークが削られる。この結果、イオン流の質量分離をおこなうことができる。

【００５８】

なお、スリット３６を通過したイオン流も、その短尺方向の分布は磁場３４の影響を強く受けており、プラズマ空間での分布とは異なるが、上述したように、イオン流を移動してドーピングするために何ら問題はない。

【００５９】

スリット３６を通過したイオン流は、磁場３４とは逆向きの磁場３５によって、右向きの力を受け、軌道が修正される。イオンが磁場３４で受ける力と磁場３５で受ける力は、向きが逆で大きさが等しいので、結局、イオン流は以前の流れと並行になる。

【００６０】

その後、抑制電極３１、抑制電源２９によって形状・分布を整えた後、加速電極３２、加速電源３３によって、必要とするエネルギーまで加速される。なお、プラズマの長尺方向の均一性が十分であれば、抑制電極３１は設けなくてもよい。また、本実施例のような磁場を印加する装置およびスリットは抑制電極と加速電極の間でも、また、加速電極と被ド

ーピング材の間に置かれてもよい。

【００６１】

本実施例のように、軽い水素系イオンを除去する場合には、実施例１で述べたような再結晶化における水素離脱縮合反応が起こりにくい。この問題を解決するには、目的とする不純物のドーピング工程の前もしくは後に、同程度の深さになるような水素のみのドーピングをおこなえばよい。

【００６２】

〔実施例３〕　本実施例は、簡易型の質量分析装置を有するイオンドーピング装置のイオン源・イオン加速装置において、イオン流の集束装置を設けた例を示す。本実施例を図６を用いて説明する。図６（Ａ）は本実施例のイオン源・加速装置の構成の概略を示す。まず、図６（Ａ）および同図（Ｂ）にしたがって説明する。なお、図６（Ａ）は、イオン流の断面の長手方向より見た図を、また、図６（Ｂ）は、イオン流の断面の長手方向に垂直な面より見た図を示す。

【００６３】

本実施例のイオン源は、実施例１や同２とは異なり、誘導励起型のプラズマ発生方法を採用する。その目的のためにガスライン５８の一部に石英管を使用し、その周囲を誘導コイル４３を巻きつける。コイル４３は高周波電源４１に接続される。なお、コイルの一端は接地される。実施例１や同２ではイオンの下流で接地した。これに対し、本実施例ではイオン流の上流で接地する。

【００６４】

このようにすることのメリットは、特に細管での誘導励起のような場合にはガスライン５８を接地準位近辺で使用できることである。ガスラインを実施例１や同２のようにイオンの中流に設ける場合には、ガスラインの電位はそれほど問題ならないが、本実施例のような装置においてイオンの下流を接地した場合には、ガスライン近辺は１００ｋＶにも達する高電位となり、ガス配管やガズボンベに導電性の材料を使用するので、ガスボックス等までも厳重に絶縁する必要がある。

【００６５】

本実施例のようにイオンの上流を接地することにより、逆に下流が（負の）高電位となるが、下流にある物体は外部と連絡するものが少ないので、絶縁は大して問題とならない。

【００６６】

誘導コイル４３によって生じたプラズマは加速室４４に導入される。加速室への導入口は図６（Ｂ）に示すように、特徴的な形状を有せしめる。ここで、細管から大容量の反応室にガスが導入されることにより、プラズマおよびドーピングガスの圧力・密度は急激に低下する。

【００６７】

このことは本実施例のようにイオン流を集束する場合には好ましい。一般に、誘導コイル部分のガスライン５８の圧力は加速室４４の圧力の１／５～１／１００となるようにすればよい。プラズマを生じさせるには10^{-4}Ｔｏｒｒ以上の圧力が必要である。

【００６８】

しかしながら、圧力の高い空間では気体分子やイオンの平均自由行程が小さくなり、イオンを高エネルギーに加速する上で不利である。また、本実施例のようにイオン流を集束する場合には、イオンの衝突による散乱により、集束度が低下する。

【００６９】

本実施例のように、加速室４４の圧力を、プラズマ源（誘導コイル４３の近傍）より大幅に低下させると上記の問題は解決できる。なお、イオン流の集束効果を有効にするためには、集束装置から被ドーピング物までの距離が、平均自由行程以下であるような圧力とすることが好ましい。

【００７０】

このようにして加速室に導入されたプラズマは引き出し電極５０（および引き出し電源４８）によって引き出され、加速電極５２（および加速電源４７）によって加速される。こ

の引き出し電極５０と加速電極５２の間にはイオン流の集束用のコイル５１を設ける。コイル５１は通常のソレノイドとは異なった形状とする。

【００７１】

すなわち、イオン流を集束させる方向には、下流になるほど径を小さくする。一方、それに垂直な方向では径を変化させない。かくすることにより、イオン流を１方向に集束させることができる。コイル５１は同様な形状を有する中空の永久磁石によっても代替できる。

【００７２】

以上は、原理的にはｚピンチ法と称されるプラズマ閉じ込めもしくはプラズマ集束技術であるが、それ以外にも、イオン流の自身の発生する磁場によって集束させる自己集束法を用いることもできる。その際には、多段の加速電極を設け、下流ほど電極径を小さくすればよい。また、自己集束法を用いるには、イオン流とは逆向きに電子流を流すと、電流量が増加し、かつ、イオン間の反発が電子により遮蔽される（シールド効果）ので、より集束する上で効果的である。

【００７３】

次に、イオン流は互いに逆向きの磁場５４、５５および、その間のスリット５６を通過する。磁場５４により、イオンは左向きの力を受ける。このため、軽いイオン（図の点線）は重いイオン（図の細線）より左側に曲げられ、スリット５６を通過することができない。このことは実施例２と同じであるが、本実施例ではイオン流の集束をおこなうため、より顕著な効果が得られる。

【００７４】

図６（Ｃ）には、加速電極５２を通過したイオンの分布の概念図を示す。縦軸はイオン密度（イオン強度）であり、横軸はイオン流の断面の短尺方向である。イオンはプラズマの分布を反映し、ガウス分布に近い形状であるが、軽いイオンの方が重いイオンよりもより強く集束され、中央に集まる。

【００７５】

このような分布のイオン流が磁場５４を通過すると、実施例２と同様に軽いイオンが左に移動する。図６（Ｄ）は、スリットに進入する前のイオンの分布の概念図を示す。図６（Ｅ）には、スリットを通過した後のイオンの分布を示す。スリット５６によって、イオン流のうち、左側の軽いイオンのピークが削られる。この結果、イオン流の質量分離をおこなうことができる。本実施例で特徴的なことは、軽いイオンはより集積度が高いため、このスリットによる分離の効果が顕著に現れる。

【００７６】

スリット５６を通過したイオン流は、磁場５５によって右向きの力を受け、軌道が修正される。イオンが磁場５４で受ける力と磁場５５で受ける力は、向きが逆で大きさが等しいので、結局、イオン流は以前の流れと並行になる。

このようにして、線状の断面を有するイオン流を得ることができる。

【００７７】

〔実施例４〕　本実施例は、本発明のイオンドーピング装置と線状レーザー光を利用するレーザーアニール装置を同一チャンバー内に設けた装置に関する。すなわち、本発明が線状イオン流により基板を走査しつつドーピングする工程を特色とすることと、他の発明である線状レーザー光を用いたレーザーアニール法が、同様な機構を必要とすることに着目したものである。

【００７８】

例えば、特開平７－２８３１５１には、多チャンバー真空処理装置において、イオンドーピングチャンバーとレーザーアニールチャンバーとを有するものが開示されている。従来のイオンドーピング装置は面状の断面を有するイオン流の一括照射を基本とし、場合によっては、基板を回転させる必要があっったので、イオンドーピングチャンバーとレーザーアニールチャンバーとを一体化させるという思想はなかった。

【００７９】

しかしながら、本発明のように、イオンドーピング装置も線状レーザーアニール装置と同様な搬送機構によって基板を移動しつつドーピングをおこなうという場合には、イオンドーピングチャンバーとレーザーアニールチャンバーを別に設ける必要はなく、むしろ、一体化した方が量産性の面で有利である。すなわち、イオン流の断面の長手方向とレーザー光の断面の長手方向とを平行に配置し、この間を基板を、上記方向に垂直に移動させればよい。かくすることによりイオンドーピング工程とレーザーアニール工程を連続的におこなえる。

【００８０】

本実施例を図７を用いて説明する。図７（Ａ）は本実施例の装置の断面の概念図であり、また、図７（Ｂ）は本実施例の装置を上（イオン流の導入方向もしくはレーザー光の導入方向）より見た概念図である。

【００８１】

本発明のイオンドーピング兼レーザーアニール装置は、他の実施例のイオンドーピング装置と同様、イオン源・加速装置６３、ドーピング室６５、電源装置６４、ガスボックス６９、排気装置７０よりなる。しかしながら、それに加えて、レーザー装置６１、光学系６２を有する。また、予備室６８も有する。もちろん、ドーピング室６５にはレーザー光を導入するための窓７３を設ける。レーザー光導入用の窓７３はイオン流導入のための窓７２と平行に設けられる。

【００８２】

基板６６は基板ホルダー６７に保持され、基板ホルダー６７は搬送機構７１によって、ドーピング室６５を少なくとも１方向に移動する。基板ホルダー６７にはヒーター等を設けてもよい。イオン流の長尺方向は図の紙面に垂直な方向である。

【００８３】

〔実施例５〕　本実施例では、イオン形成手段をもつ装置と、イオンを加速する手段をもつ装置に関しては、図４に示す装置と同様な構成のものを用いる。図８には本実施例で使用するイオンドーピング装置の概念図を示す。ドーパントガスは高周波電源８１より高周波電力の印加されたプラズマ発生電極８２、８３によりイオン化される。このイオンは引き出し電極８４により引き出される。

【００８４】

さらに、本実施例のドーピング装置は、イオンビームに磁場を加える手段８５を備えている。その結果、軽イオン（水素を主成分とするイオン）は大きく偏向する。一方、重イオン（ドーパントを含むイオン）の偏向はわずかである。本実施例の装置では、重イオンの通過路には抑制電極８６、加速電極８７を設け、該イオンビームが選択的に加速され、基板に照射される。しかしながら、軽イオンに関しては、通路に加速電極が設けられていないので、引き出し電極８４により加速されたエネルギーのまま図示しないステージ上の基板８８に照射される。

【００８５】

本実施例では、イオンビームは滝のようにカーテン状をなして、基板８８に照射される。基板全体にまんべんなくドーパントがゆき渡るように、基板８８を走査させながら、ドーピングを行う。ドーズ量は基板の走査速度と、イオン電流値で制御する。このときの走査の方向はドーパントにより形成される該カーテン面に対して概略垂直とする。

【００８６】

本装置が形成するイオンの滝は幅２ｍである。本装置はリンまたはボロンをドーパントとして、半導体材料に添加する目的で使用する。上記イオンにはPH_y^+または$B2H_x^+$イオンの他に多量のH_2^+イオンが含まれている。本実施例では濃度５％程度に水素で希釈した半導体用PH_3もしくはB_2H_6ガスを使用した。

【００８７】

このイオン流に垂直かつイオンのカーテン面を含む方向に磁場を形成することにより、該イオン流に対して垂直方向の力を該イオン流に加える。これは、ローレンツ力と呼ばれるものである。運動方程式 Ｍａ＝ｑｖ Ｂから、イオンの上記磁場 Ｂに起因する加速度 ａはイ

オン質量 Mに反比例し、イオンの電荷 qに比例することが容易に判る。なお、磁場入射前のイオン流の方向の、磁場入射後のイオン速度成分 vはイオンの質量 Mに依存する。

【００８８】

本実施例の場合は、加速されるイオンの大多数が電荷１のものなので、前述の加速度はイオンの質量のみに依存すると考えて良い。本実施例に使用するガスに含まれるイオン、H_2^+ イオンの分子量は２、PH_y^+ イオンの分子量は３４程度、$B_2H_x^+$ イオンの分子量は２４～２６程度、である。また、上記速度成分 vの質量依存を考慮に入れると、H_2^+ イオンは、ドーパントを含むイオンと比較して１０～１００倍の加速度を、該イオン流の垂直方向にうけることがわかる。よって、磁場をイオン流に加えることでイオン流の質量分離ができる。

【００８９】

ドーパントを含むイオン流の向きを殆ど変えることなく、H_2^+ イオンの流れのみを適当に変えるには、引き出し電圧を１～１０ｋＶ 程度とし、図８に示した磁場の方向に０．１から１０テスラ程度、好ましくは０．５から２テスラ程度の磁場を加えるとよかった。

【００９０】

磁場を形成する場所は引出電極の直後とする。イオンの運動エネルギーがまだ小さいうちにイオンを曲げれば、少ないエネルギーでイオンを大きく曲げることが可能だからである。引き出し電極８４直後で曲げられたH_2^+ イオンは抑制電極８６、加速電極８７の中を通過することなくステージ上の基板８８に達する。この様にすると、基板入射時のH_2^+ イオンの速度を抑えることができる。

【００９１】

基板に達したときのH_2^+ イオンの入射角は５０°程度であった。前記角度は、イオンが基板内に入るのに充分な角度であった。一方、ドーパントを含むイオン流は上記磁場の影響を殆ど受けることなく、抑制電極、加速電極の中を通過後、基板に照射された。入射角はほぼ９０°であった。

【００９２】

上記のイオン加速方法により、H_2^+ イオンの速度を極力抑え、かつ、ドーパントを所望の深さに打ち込むことが可能となった。等電界中では、イオンは軽ければ軽いほど、電荷が高ければ高いほど加速されやすい。よって、イオン流を質量分離しなければ、イオンは軽イオンほど高速で基板に打ち込まれる。すなわち、軽イオンほど基板深く打ち込まれてしまう。

【００９３】

ところが、本実施例の方法をとると、本実施例では軽イオンに該当するH_2^+ イオンの基板入射時の速度と、重イオンに該当するドーパントを含むイオンの基板入射時の速度とを、同程度もしくは軽イオンの速度を重イオンのものよりも遅くできた。

【００９４】

この様な速度コントロールすることにより、H_2^+ イオンとドーパントを含むイオンの基板中での深さ方向の分布を似通わせることができる。この結果、H_2^+ イオンのもつ運動エネルギーの解放による熱を、より直接的にドーパントに作用させることができるようになった。該熱は、ドーパントを含むイオンの打ち込みにより形成された格子欠陥の修復と、ドーパントの活性化に使われた。さらに、該熱と多量の水素が、格子の不結合手の終端に使われた。

【００９５】

一般的に言って、ドーピングによるダメージは半導体材料の特性を著しくおとしめるものであるから、何らかの補修を加えなければならない。従来は、熱を加えたり、光を照射するといったアニール手段で上記ダメージの回復を図っていた。あるいは、格子欠陥部分を終端する目的で水素を該ダメージ部分に添加しアニールにより水素を格子欠陥に結合させる手段も効果的であった。

【００９６】

ところで、先に述べた通り、質量分離を行わずに全てのイオンを垂直に入射させると、重

イオンの入射速度Ｖαと軽イオンの入射速度Ｖβには、Ｖα＜＜Ｖβという関係があるので、比較的軽い水素イオンは半導体膜深くに分布する（図１０（Ｂ））のに対し、比較的重いイオンは該膜の浅い部分に分布する（図１０（Ａ））。

【００９７】

すなわち、前者の中心深さd_2と後者の中心深さd_1の間には、$d_1 << d_2$という関係が生じる。よって、水素イオンの分布とドーパントによる格子欠陥の分布にずれが生じ、該水素イオンが該欠陥修復に効率よく使用されない。

【００９８】

ところが、本実施例に示した方法でイオンの質量分離を行い、入射速度を概略等しくすると、該水素イオンの侵入深さ（図１０（Ｄ））とドーパントの分布（図１０（Ｃ））が近づきあるいは一致し、その結果著しく上記ダメージの修復効果が向上した。前記修復効果は、該水素イオンの格子欠陥の終端効果と、該水素イオンとドーパントを含むイオンとが膜中で運動エネルギーを失うことにより生じる熱アニール効果である。

【００９９】

本効果は従来行われてきたドーピング後の処理（前段に述べたもの）と同程度のものであった。該効果は、プラズマ中の水素イオンの濃度が高ければ高いほど上がるが、スループットを考慮すると該水素イオンのプラズマ中の濃度は５０～９０％が適当であった。

【０１００】

イオンを照射しながら基板を走査させるとき、本実施例では、最初にH_2^+イオンが基板に打ち込まれてから、PH_y^+または$B_2H_x^+$イオン等のドーパントを含むイオンが打ち込まれるように、基板走査の方向を決定した。H_2^+イオンは半導体膜を構成する主な原子と比較して小さくかつ軽いので半導体材料の格子をあまり壊すことなく、基板に打ち込まれ、該H_2^+イオンが失う運動エネルギーにより基板温度が上昇する。

【０１０１】

その後、重いドーパントを含むイオンが打ち込まれる。このときにできる格子欠陥の修復とドーパントの活性化に上昇した基板温度と水素が使われる。かくして、ドーピングと同時にアニールおよび水素化をおこなうことができた。

【０１０２】

〔実施例６〕　本実施例では、実施例５と全く同様の装置を用い、基板の走査方向のみ変更した。すなわち、イオンを照射しながら基板を走査させるとき、まず、PH_y^+または$B_2H_x^+$イオン等のドーパントを含むイオンが基板に打ち込まれてから、H_2^+イオンが打ち込まれるように、基板を走査した。

【０１０３】

重いドーパントを含むイオンは半導体膜を構成する主な原子と比較して同程度に重いので、半導体の特性を著しくおとしめるほどの影響を半導体材料の格子に与える。その後H_2^+イオンが基板に打ち込まれ、該H_2^+イオンが失う運動エネルギーにより基板温度が上昇する。このときの温度と水素の供給により、格子欠陥を修復し、ドーパントを活性化させる。

【０１０４】

本実施例は実施例５とほぼ同程度の格子欠陥修復とドーパントの活性化の効果があった。本実施例は、水素イオンとドーパントを含むイオンとの基板に打ち込まれる順序が、本発明の諸効果に影響しないことを示すものである。

【０１０５】

〔実施例７〕　図９に本実施例で使用するイオンドーピング装置の概念図を示す。実施例５、６で述べたドーピング装置と異なる点は、イオン流に磁場を加えている領域にさらなる電場を与える手段を有している点である。前記手段も実施例１、２の装置と同様に、該イオン流の質量分離を可能とする。異なる点は、理想的には全くドーパントを含むイオンの流れを曲げることなく質量分離ができる点である。本質量分離器はＥ×Ｂ分離器と呼ばれる。

【０１０６】

ドーパントガスは高周波電源９１より高周波電力の印加されたプラズマ発生電極９２、９３によりイオン化される。このイオンは引き出し電極９４により引き出される。

【０１０７】

さらに、イオンビームに磁場を加える手段９５および電極９６により、イオンは質量分離され、軽イオン（水素を主成分とするイオン）は大きく偏向する。一方、重イオン（ドーパントを含むイオン）の偏向はわずかである。本実施例の装置では、重イオンの通過路には抑制電極９７、加速電極９８を設け、該イオンビームが選択的に加速され、基板に照射される。しかしながら、軽イオンに関しては、通路に加速電極が設けられていないので、引き出し電極９４により加速されたエネルギーのまま図示しないステージ上の基板９９に照射される。

【０１０８】

本実施例でも、イオンは、滝のようにカーテン状をなして基板９９に照射される。基板全体にまんべんなくドーパントが行き渡るように、基板を走査させながら、ドーピングを行う。ドーズ量は基板の走査速度と、イオン電流値で制御する。このときの走査の方向はドーパントにより形成される該カーテン面に対して概略垂直とする。

【０１０９】

本装置が形成するイオンの滝は幅２ｍである。本装置はリンまたはボロンをドーパントとして、半導体材料に添加する目的で使用する。上記イオンにはPH_y^+または$B_2H_x^+$イオンの他に多量のH_2^+イオンが含まれている。本実施例では濃度５％程度に水素で希釈した半導体用PH_3もしくはB_2H_6ガスを使用した。

【０１１０】

このイオン流に垂直かつイオンのカーテン面を含む方向に磁場を形成することにより、該イオン流に対して垂直方向の力を該イオン流に加える。これはローレンツ力と呼ばれるものである。運動方程式 $F = qvB - qE$ から、イオン流が受ける横向きの力 F がわかる。イオン流を曲げないためには Fを０とすればよい。

【０１１１】

なお、磁場入射前のイオン流の方向の、磁場入射後のイオン速度成分v はイオンの質量 M に依存するので、ドーパントを含むイオンの速度v を前述の運動方程式に代入し、力 Fが０となるように磁場Ｂと電場Ｅを調節すればよい。このとき、水素イオンは、ドーパントを含むイオンの速度v とは異なる速度を持っているので、０でない力 Fを受ける。よって、本装置により、質量分離ができることが判る。

【０１１２】

H_2^+イオンの流れを適当に変えるには、引き出し電圧を１～１０ｋＶ 程度とし、図９に示した磁場の方向に０．１から１０テスラ程度、好ましくは０．５から２テスラ程度の磁場を加えるとよかった。

【０１１３】

磁場を形成する場所は引出電極９４の直後とする。イオンの運動エネルギーがまだ小さいうちにイオンを曲げれば、少ないエネルギーでイオンを大きく曲げることが可能だからである。引き出し電極９４直後で曲げられたH_2^+イオンは抑制電極９７、加速電極９８の中を通過することなくステージ上の基板に達する。この様にすると、基板入射時のH_2^+イオンの速度を抑えることができる。

【０１１４】

基板に達したときのH_2^+イオンの入射角は４５°程度であった。前記角度は、イオンが基板内に入るのに充分な角度であった。一方、ドーパントを含むイオン流は上記Ｅ×Ｂ分離器の影響を殆ど受けることなく、抑制電極９７、加速電極９８の中を通過後、基板に照射された。

【０１１５】

上記のイオン加速方法は実施例５、６で示した方法と同様の効果をもたらした。本実施例の実施例５、６に勝る点は、ドーパントを含むイオンがほぼまっすぐに基板に到達するため引き出し電極９４、抑制電極９７、加速電極９８を小さくすることができることである

。しかし、Ｅ×Ｂ分離器は構造がやや複雑であるため設計保守の面で実施例５、６のほうが優れている。なお、本実施例は実施例５、６で示したような基板の走査方向によらず、効果的であった。

【０１１６】

【発明の効果】

本発明によって、大面積の処理が可能なイオンドーピング装置が得られる。また、アニール工程・水素化工程を必要としない、もしくは、それらの工程の処理時間を短縮し、あるいは、処理温度を低減することも可能となる。本発明によってもたらされる効果は上述の通りである。このように本発明は工業上、有益なものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】　従来のイオンドーピング装置のイオン源・加速装置の概略を示す図。

【図２】　従来のイオンドーピング装置の構成の概略を示す図。

【図３】　本発明のイオンドーピング装置の構成の概略を示す図。

【図４】　実施例１のイオンドーピング装置のイオン源・加速装置の概略と電極の形状の概略を示す図。

【図５】　実施例２のイオンドーピング装置のイオン源・加速装置の概略と動作原理等を示す図。

【図６】　実施例３のイオンドーピング装置のイオン源・加速装置の概略と動作原理等を示す図。

【図７】　実施例４のイオンドーピング装置の構成の概略を示す図。

【図８】　実施例５および６のイオンドーピング装置のイオン源・加速装置の概略を示す図。

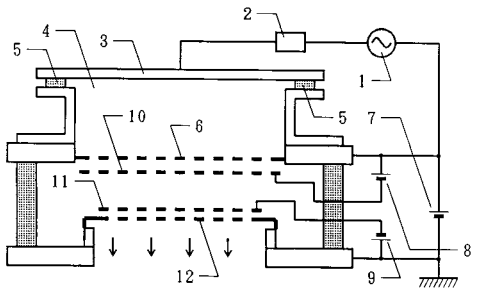
【図９】　実施例７のイオンドーピング装置のイオン源・加速装置の概略を示す図。

【図１０】　イオンの入射速度と侵入深さの関係を示す図。

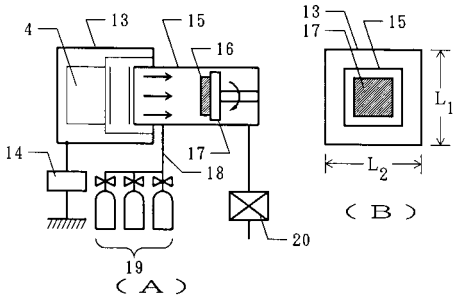
【符号の説明】

１、２１	高周波電源
２	マッチングボックス
３、２３	プラズマ発生用電極
４、２４	プラズマ空間
５	絶縁体
６、２６	プラズマ発生用電極
７、２７、３３	加速電源
８、２８	引き出し電源
９、２９	抑制電源
１０、３０	引き出し電極
１１、３１	抑制電極
１２、３２	加速電極
１３	イオン源・加速装置
１４	電源装置
１５	ドーピング室
１６	被ドーピング材
１７	基板ホルダー
１８	ガスライン
１９	ガスボックス
２０	排気装置
３４、３５	磁場
３６	スリット

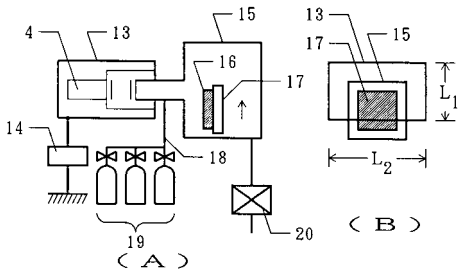
【図１】



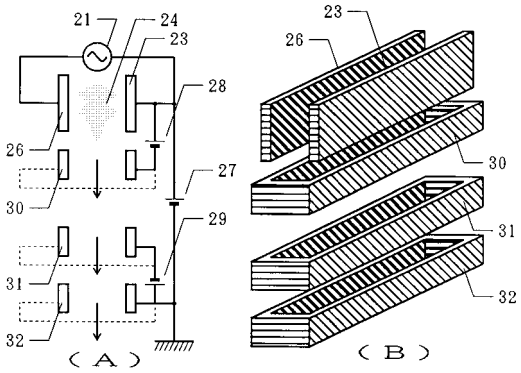
【図２】



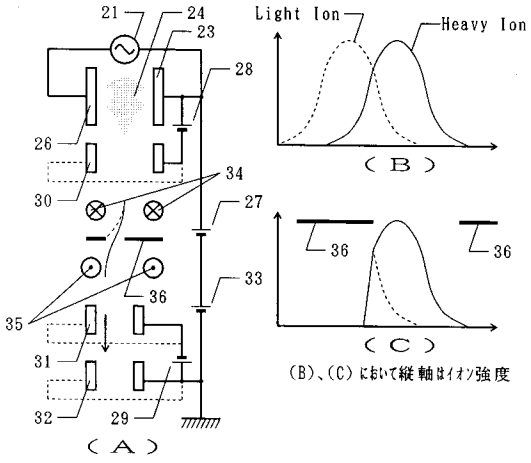
【図３】



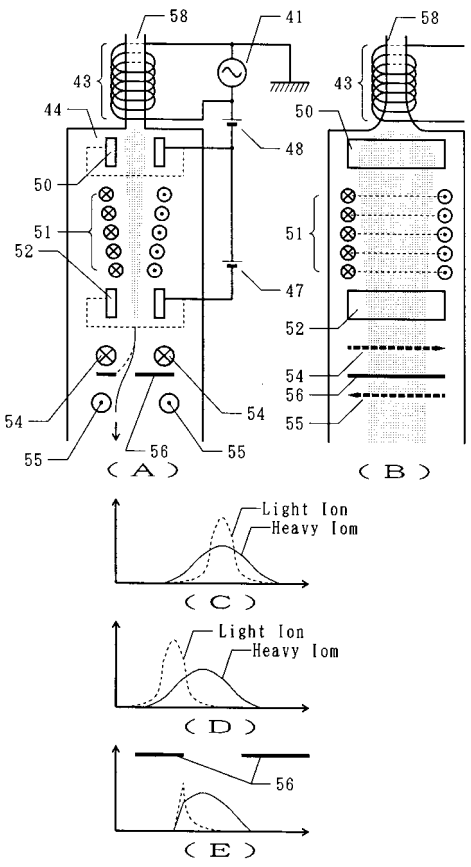
【図４】



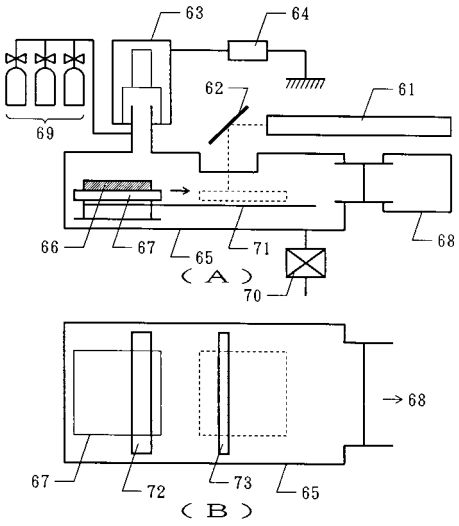
【図５】



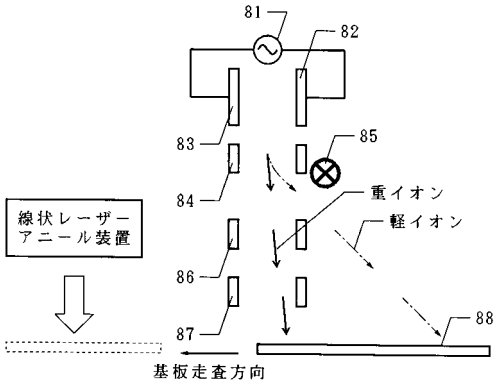
【図６】



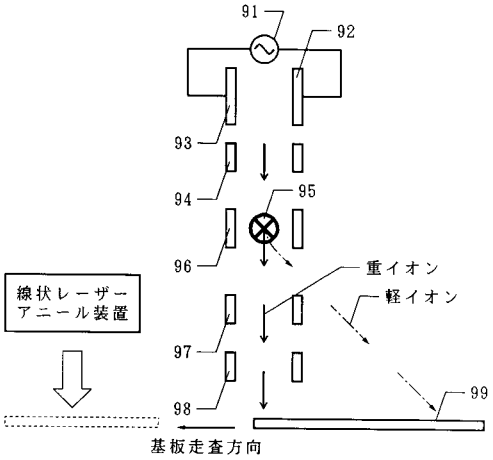
【図７】


63
64
62
61
69
66
67
65
71
68
（Ａ）
70
68
67
72
73
65
（Ｂ）

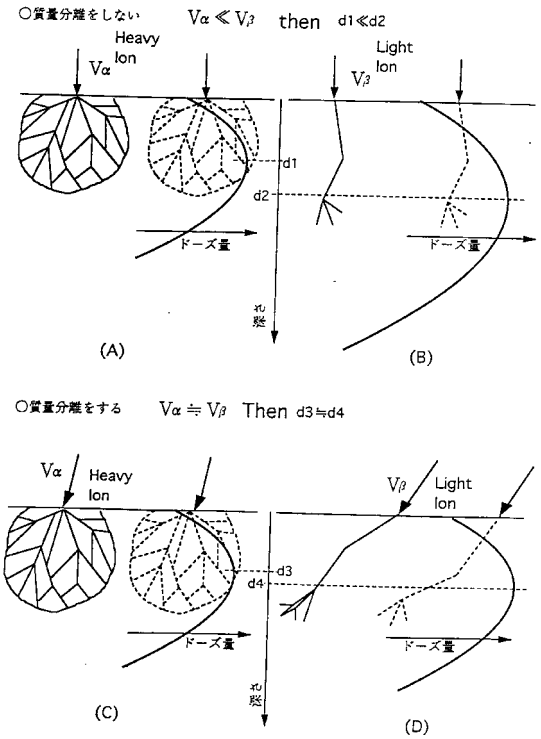
【図８】


81
82
83
85
84
重イオン
軽イオン
線状レーザー
アニール装置
86
87
88
基板走査方向

【図９】


91
92
93
94
95
96
重イオン
軽イオン
線状レーザー
アニール装置
97
98
99
基板走査方向

【図１０】


○質量分離をしない
Vα ≪ Vβ
then
d1≪d2
Heavy
Ion
Vα
Light
Ion
Vβ
d1
d2
ドーズ量
ドーズ量
(A)
(B)
○質量分離をする
Vα ≒ Vβ
Then
d3≒d4
Vα
Heavy
Ion
Vβ
Light
Ion
d3
d4
ドーズ量
ドーズ量
(C)
(D)

フロントページの続き

合議体
審判長　相田　義明
審判官　近藤　幸浩
審判官　廣瀬　文雄

(56)参考文献　特表昭６３－１５７８６８（ＪＰ，Ａ）
特表昭６２－８２６３９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－６７４４５（ＪＰ，Ａ）
実開平０７－７０６０（ＪＰ，Ｕ）