

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4977686号  
(P4977686)

(45) 発行日 平成24年7月18日(2012.7.18)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/318 (2006.01)	HO 1 L 21/318 B
HO 1 L 21/31 (2006.01)	HO 1 L 21/31 B
HO 1 L 29/78 (2006.01)	HO 1 L 29/78 3 O 1 N
HO 1 L 21/336 (2006.01)	C 2 3 C 16/56
C 2 3 C 16/56 (2006.01)	C 2 3 C 16/42

請求項の数 22 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-504043 (P2008-504043)	(73) 特許権者 000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(86) (22) 出願日 平成18年2月16日(2006.2.16)	
(65) 公表番号 特表2008-535244 (P2008-535244A)	(74) 代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43) 公表日 平成20年8月28日(2008.8.28)	
(86) 国際出願番号 PCT/US2006/005419	(72) 発明者 井下田 真信 アメリカ合衆国, ニューヨーク州 125 24, フィッシュキル, ジェファーソン・ブ ールヴァード 313
(87) 国際公開番号 W02006/104582	
(87) 国際公開日 平成18年10月5日(2006.10.5)	(72) 発明者 ワイダ, コリー アメリカ合衆国, ニューヨーク州 121 53, サンド・レイク, タボートン・ロー ド 479
審査請求日 平成21年2月16日(2009.2.16)	
(31) 優先権主張番号 11/091,756	
(32) 優先日 平成17年3月29日(2005.3.29)	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	
前置審査	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 平行電磁放射線を用いて薄膜内の引張応力を増大させる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

窒化膜の引張応力を増大させる方法であって：

少なくとも1つのドーフト領域を含む基板を設ける設置工程であり、該基板は更に、該基板上に形成されたゲートスタックと、該ゲートスタック上に形成された、水素を含有するSiN膜とを含む、設置工程；及び

水素含有率を非等方的に低下させて前記SiN膜の引張応力を増大させるように、平行にされた電磁放射線に前記SiN膜を曝す曝露工程；

を有し、

前記平行にされた電磁放射線に前記SiN膜を曝す曝露工程は、125nmと275nmとの間の波長に相当する周波数に曝すことを含む、

方法。

【請求項2】

前記電磁放射線は157nm、172nm、193nm、222nm、若しくは248nmの波長、又はこれらの2つ以上の組み合わせを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記電磁放射線の強度は10mW/cm<sup>2</sup>と1000mW/cm<sup>2</sup>との間である、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記電磁放射線の強度は50mW/cm<sup>2</sup>と500mW/cm<sup>2</sup>との間である、請求項

1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記設置工程は、1 GPa と 1.5 GPa との間の引張応力を有する SiN 膜を設けることを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記曝露工程は、1.5 GPa より大きい引張応力を有する SiN 膜を形成することを有する、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記曝露工程は、1.5 GPa と 3 GPa との間の引張応力を有する SiN 膜を形成することを有する、請求項 5 に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記電磁放射線は前記基板の表面に垂直な方向で平行にされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記基板は更に、該基板に形成された少なくとも 1 つのドーフト領域及びゲートスタックを含むデバイスを含むことを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記電磁放射線は前記基板の表面に垂直な方向で平行にされる、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記曝露工程の前、最中若しくは後、又はこれらの 2 つ以上の組み合わせにおいて、前記 SiN 膜をアニールするアニール工程；

を更に有する請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 12】

前記設置工程は、原子百分率で 10% と 50% との水素を含有する SiN 膜を設けることを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記設置工程は、原子百分率で 20% と 40% との水素を含有する SiN 膜を設けることを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記基板は 200 と 1000 との間の温度範囲内に維持される、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 15】

前記基板は 400 と 700 との間の温度範囲内に維持される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 16】

前記 SiN 膜が所定の厚さになるまで前記設置工程と前記曝露工程とを繰り返す反復段階を更に有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

前記反復段階後の前記 SiN 膜の厚さは 100 と 1 μm との間である、請求項 16 に記載の方法。

40

【請求項 18】

前記曝露工程は  $10^{-5}$  Torr と 3000 mTorr との間の圧力で行われる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 19】

半導体デバイスを製造する方法であって：

少なくとも 1 つのドーフト領域を含む基板を設ける設置工程であり、該基板は更に、該基板上に形成されたゲートスタックと、該ゲートスタック上に形成された、水素を含有する SiN 膜とを含む、設置工程；及び

水素含有率を非等方的に低下させて前記ゲートスタック上の前記 SiN 膜の引張応力を

50

増大させるように、平行にされた電磁放射線に前記 SiN 膜を曝す曝露工程；

を有し、

前記平行にされた電磁放射線に前記 SiN 膜を曝す曝露工程は、125 nm と 275 nm との間の波長に相当する周波数に曝すことを含む、

方法。

【請求項 20】

前記曝露工程前の前記 SiN 膜は 1 GPa と 1.5 GPa との間の引張応力を有する、 請求項 19 に記載の方法。

【請求項 21】

前記曝露工程後の前記 SiN 膜は 1.5 GPa より大きい引張応力を有する、 請求項 20 に記載の方法。

10

【請求項 22】

前記曝露工程後の前記 SiN 膜は 1.5 GPa と 3 GPa との間の引張応力を有する、 請求項 20 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は半導体処理に関し、より具体的には、薄膜内の引張応力を増大させる方法及びシステムに関する。

【背景技術】

20

【0002】

窒化シリコン (SiN) 膜は半導体デバイス及び超大規模集積回路にて幅広く使用されている。例えば、SiN 膜は、多くの用途の中でもとりわけ、ドーパントの拡散障壁、微細な造形物のエッチングにおけるエッチング停止膜、及び製造されたデバイスの封止のための最後の保護膜として、半導体デバイスにて幅広く使用されている。

【0003】

SiN 膜は、多様な処理システム及び処理ガスを用いて、低圧又は大気圧にて堆積されることが可能である。これらの処理システムは、例えば、熱的化学気相堆積 (TCVD)、プラズマ化学気相堆積 (PECVD) 又はリモート PECVD を行うことができる。ここで、リモート PECVD においては、処理される基板はプラズマに直接的に接触するようには置かれず、とりわけ、プラズマ放電の下流に置かれる。デバイス品質の SiN 膜は、シラン (SiH<sub>4</sub>) とアンモニア (NH<sub>3</sub>) 若しくは窒素 (N<sub>2</sub>) とを用いる PECVD、又はジクロロシラン (SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>) と NH<sub>3</sub> とを用いる熱的 CVD により堆積されている。

30

【0004】

堆積された SiN 膜はしばしば応力を受けている。この応力は圧縮応力又は引張応力の何れともなり得るものであり、堆積法、ガス混合、堆積速度、基板温度、SiN 膜の水素含有率、イオン衝撃、又はその他のプロセスパラメータに応じて変わり得る。SiN 膜では約 1 GPa を超える引張応力が観測されている。PECVD 法においては、膜の密度を高め、より大きい圧縮応力を生じさせるために、SiN 膜のイオン衝撃が使用され得る。SiN 保護膜の大きい引張応力は、この SiN 保護膜と下地の基板との間に大きい応力を生じさせ得る。一例において、ゲートスタックを含む n 型金属酸化物半導体 (NMOS) デバイスを大きい引張応力の SiN 膜を用いて覆うことは、NMOS 構造内に引張チャネル歪みを生じさせ、それにより電子移動度及びデバイスのスピードが高められることが示された。また、引張応力の増大に応じて電子衝撃及び / 又はアニール中に SiN 膜内の結合水素の量が減少することが観測された。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、大きい引張応力を有する SiN 膜を形成する方法及びシステムを提供するこ

50

とを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

大きい引張応力を有するSiN膜を形成するための方法及びシステムが提供される。

【0007】

窒化膜の引張応力を増大させる方法は、水素を含有するSiN膜が上に形成された基板を設ける設置工程、及び水素含有率を非等方的に低下させて前記SiN膜の引張応力を増大させるように、平行にされた電磁放射線に前記SiN膜を曝す曝露工程を有する。

【0008】

処理システムは、処理チャンバー、前記チャンバー内に配置された基板ホルダー、及び前記基板ホルダー上の基板を非等方的に照射するように、平行にされた電磁放射線を前記チャンバー内に生成する電磁放射線源を有する。

【0009】

半導体デバイスは、基板、及び前記基板上に配置されたSiN膜を有する。配置されるSiN膜は水素を含有する。そして、SiN膜は、水素含有率を非等方的に低下させてSiN膜の引張応力を増大させるように、平行にされた電磁放射線に曝される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下の記載においては、本発明の完全な理解を助けるため、また、限定目的ではなく説明目的で、プラズマ処理システムの具体的な幾何学構成や様々な構成要素の記載などの具体的な詳細事項が説明される。しかしながら、本発明はこれら具体的な詳細事項を逸脱する他の実施形態において実施されてもよいことは理解されるべきである。

【0011】

図面を参照するに、図1は、本発明の一実施形態に従ったSiN膜を含むMOSデバイスの断面図を概略的に示している。デバイス100は基板112を含んでおり、基板112はドープ領域113及び114（例えば、ソース及びドレイン）、ゲートスタック120、スペーサ121、及びSiN保護膜122を有している。基板112は、例えば、Si、Ge、Si/Ge、又はGaAsを含み得る。基板（ウェハ）112は如何なる大きさであってもよく、例えば、200mm基板、300mm基板、又は更に大きい基板であってもよい。

【0012】

ゲートスタック120はチャンネル領域115上に誘電体層116を含んでいる。誘電体層116は、例えば、酸化膜（例えば、 $SiO_2$ ）、窒化膜（例えば、 $SiN_x$ ）若しくは酸窒化膜（例えば、 $SiO_xN_y$ ）、又はこれら若しくはその他の適当な材料の組み合わせを含み得る。誘電体層116は更に、高誘電率（high-k）誘電体材料を含んでいてもよい。high-k誘電体材料は、例えば、 $Ta_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Y_2O_3$ 、 $HfSiO_x$ 、 $HfO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $ZrSiO_x$ 、 $TaSiO_x$ 、 $SrO_x$ 、 $SrSiO_x$ 、 $LaO_x$ 、 $LaSiO_x$ 、 $YO_x$ 若しくは $YSiO_x$ 、又はこれらの2つ以上の組み合わせを含む、金属酸化物及びそれらのケイ酸塩を含み得る。誘電体層116上に導電層117が形成され、導電層117の電気抵抗を低減するように導電層117上にシリサイド層118が形成されている。ゲートスタック120の頂部にはゲート120を保護するキャップ層119が配置されている。キャップ層119は例えばSiNとし得る。

【0013】

一例において、導電層117はドープトポリシリコンとすることができ、シリサイド層118はタングステンシリサイドとすることができる。当業者に認識されるように、ゲートスタック120は、図1に示されたのとは異なる層や、より少ない或いは多い層から成っていてもよい。一例において、層117及び/又は118は金属ゲート層で置き換えられてもよい。

【0014】

10

20

30

40

50

図1は更に、ゲート120をダメージから保護し且つ該ゲートの電気的性能を確保するためにゲート120のそれぞれの側面に形成されたスペーサ121を示している。さらに、スペーサ121はMOSデバイス100のソース・ドレイン113、114を形成するためのハードマスクとしても使用可能である。他の例では、1つより多いスペーサ121が用いられてもよい。デバイス100は更に、基板112上に堆積されたSiN保護膜122を含んでいる。当業者に認識されるように、このSiN膜は様々なSi/N比を有することができる。本発明の一実施形態によれば、堆積されたSiN保護膜122は高い水素含有率を有している。一例において、水素含有率は約10原子%と約50原子%との間とし得る。他の一例においては、水素含有率は約20原子%と約40原子%との間とし得る。堆積されたSiN保護膜122は、例えば約1GPa又はそれ以上といった、大きい引張応力を有し得る。このような膜は、低压化学気相堆積法(LPCVD)を用いて形成されることが可能である。米国特許第6429135号明細書が参照され、該文献の内容は参照することによりここに組み込まれる。他の例では、このような膜は、およそ100から500の基板温度にて、窒素、ヘリウム及びシランを含む処理ガスを用いる大気圧リモートPECVD法によって形成されてもよい。G. R. Nowling等による「Remote Plasma-Enhanced Chemical Vapour Deposition of Silicon Nitride at Atmospheric Pressure」(Plasma Source Sci. Technol. 2002年、11巻、p. 97-103)、及び「Plasma-Enhanced CVD of Silicon Nitride」([http://www.time-domain-cvd.com/CVD\\_Fundamentals/films/SiN\\_plasma\\_CVD.html](http://www.time-domain-cvd.com/CVD_Fundamentals/films/SiN_plasma_CVD.html))が参照可能である。

10

20

**【0015】**

本発明の実施形態により、SiN保護膜122の水素含有率を低減し、その引張応力を増大させる方法が提供される。増大された引張応力はMOS構造のチャンネル(例えば、図1のチャンネル115)内に引張歪みを生じさせることができ、それにより電子移動度及びデバイス100のスピードが高められ得る。

**【0016】**

図1において、SiN保護膜122の水素含有率を低下させて引張応力を増大させるため、MOSデバイス100は電磁放射線124に曝されている。電磁放射線は、光子の形態の放射エネルギーを含んでおり、エネルギーが小さくなる順に、ガンマ線、X線、紫外線(UV)、可視光、赤外エネルギー、マイクロ波放射線、及び電波が含まれる。本発明の一実施形態によれば、デバイス100を電磁放射線124に曝することによりSiN膜122の水素含有率が低減され、それによりSiN膜122の引張応力が増大される。本発明の一実施形態によれば、この曝露工程はデバイス100のアニールと組み合わせられてもよい。すなわち、曝露工程の前、最中、及び/又は後にアニールが行われてもよい。

30

**【0017】**

本発明の一実施形態によれば、電磁放射線124は、約500nm未満の波長群に相当する周波数群を有する多周波電磁放射線とし得る。本発明の他の一実施形態によれば、電磁放射線は約500nmと約125nmとの間にある波長群を含んでいてもよい。あるいは、電磁放射線は紫外域の波長群を含んでいてもよい。

40

**【0018】**

他の例では、単周波電磁放射線源が用いられてもよい。単周波電磁放射線、又は多周波電磁放射線の成分群を発生するために使用可能な電磁放射線の例には、Xe(172nm)、KrCl(222nm)、KrF(248nm)、F<sub>2</sub>(157nm)、ArF(193nm)、XeCl(308nm)又はXeF(351nm)エキシマランプが含まれる。

**【0019】**

本発明の一実施形態によれば、電磁放射線124はほぼ等方的な(すなわち、強い指向性を有しない)拡散放射線とし得る。デバイス100を拡散放射線に曝することにより、S

50

i N 膜 1 2 2 の水素含有率が実質的に等方的に低減され、それにより S i N 膜 1 2 2 の横方向及び縦方向の領域の引張応力が非選択的に増大される。基板を拡散放射線に曝すように構成された処理システムは図 4 に示されている（これについては、より詳細に後述する）。

#### 【 0 0 2 0 】

一例として、パターンニングされていない基板上の一様な水素含有 S i N 膜を、172 nm の波長を有する 50 mW / c m <sup>2</sup> の拡散電磁放射線に曝した。S i N 膜の引張応力は、電磁放射線に曝されることにより、約 1 . 2 G P a から約 1 . 6 G P a に増大した。

#### 【 0 0 2 1 】

本発明の一実施形態によれば、電磁放射線 1 2 4 は平行放射線（コリメートされた放射線）、すなわち、放射線源からの全ての電磁光線が互いに実質的に平行である放射線とし得る。縦方向に平行にされた放射線にデバイス 1 0 0 を曝すことにより、S i N 膜 1 2 2 の水素含有率が実質的に非等方的に低減され、それにより S i N 膜 1 2 2 の縦方向の領域に対して S i N 膜 1 2 2 の横方向の領域の引張応力が選択的に増大される。基板を平行放射線に曝すように構成された処理システムは図 5 に示されている（これについては、より詳細に後述する）。

#### 【 0 0 2 2 】

図 2 は、本発明の一実施形態に従って基板を多周波電磁放射線に曝すフロー図である。プロセス 2 0 0 は、工程 2 0 2 にて、水素を含有する S i N 膜が上に形成された基板を設けることを含んでいる。工程 2 0 4 にて、水素含有率を低下させて S i N 膜の引張応力を増大させるよう、S i N 膜は多周波電磁放射線に曝される。この曝露工程は、所定の処理条件下で、所望の水素除去及び S i N 膜の所望の引張応力を生じさせる時間にわたって行われ得る。水素を除去するプロセスレシピは直接実験及び / 又は実験計画法（D O E）によって決定されることが可能である。本発明の実施形態に従って基板を処理した後、S i N 膜の水素含有率及び / 又は引張応力は測定されることができ

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 は、本発明の一実施形態に従ってゲートスタックを処理するフロー図である。プロセス 3 0 0 は、工程 3 0 2 にて、水素を含有する S i N 膜が上に形成された基板を設けることを含んでいる。工程 3 0 4 にて、非等方的に水素含有率を低下させて S i N 膜の引張応力を増大させるよう、S i N 膜は平行電磁放射線に曝される。この曝露工程は、所定の処理条件下で、所望の非等方的な水素除去及び S i N 膜の所望の引張応力を生じさせる時間にわたって行われ得る。水素を除去するプロセスレシピは直接実験及び / 又は実験計画法（D O E）によって決定されることが可能である。本発明の実施形態に従って基板を処理した後、S i N 膜の水素含有率及び / 又は引張応力を測定することができ

#### 【 0 0 2 4 】

図 2 及び 3 に示されたプロセス 2 0 0 及び 3 0 0 は更に、S i N 膜を電磁放射線に曝す工程の前、最中、及び / 又は後に、基板をアニールするアニール工程を含んでもよい。このアニール工程は、例えば、S i N 膜の水素含有率を更に低下させるために行われてもよい。アニール温度は、例えば、約 2 0 0 と約 1 0 0 0 との間とし得る。他の例では、アニール温度は約 4 0 0 と約 7 0 0 との間とし得る。

#### 【 0 0 2 5 】

当業者に認識されるように、図 2 及び 3 のフローチャート内の工程又は段階の各々は、1 つ又は複数の別個の処理を含んでもよい。従って、2 0 2 と 2 0 4、又は 3 0 2 と 3 0 4 という 2 つの処理のみを列挙していることは、本発明に係る方法を専ら 2 つの処理に限定するように理解されるべきではない。また、典型的な処理 2 0 2、2 0 4、又は 3 0 2、3 0 4 の各々は単一プロセスに限定されるように理解されるべきではない。当然ながら、プロセス 3 0 0 が如何なる基板又は構造にも用いられ得るであろうように、プロセス 2 0 0 はゲートスタック構造又は他の如何なる構造にも用いられ得る。

#### 【 0 0 2 6 】

段階 2 0 2 と 2 0 4、又は段階 3 0 2 と 3 0 4 は、何らかの厚さの S i N 膜を形成する

のに望まれる回数だけ繰り返され得る。例えば、段階 202 と 204、又は段階 302 と 304 は、約 10 から約 50 の厚さを有する SiN 膜を設けるために用いられ得る。そして、段階 202 と 204、又は段階 302 と 304 は、約 10 から約 50 の厚さを有する第 2 の SiN 膜を堆積するために繰り返され得る。段階 202 と 204、又は段階 302 と 304 を繰り返すことにより、SiN 膜は例えば約 100 から約 1 μm といった任意の所望厚さまで構築され得る。

#### 【0027】

図 4 は、本発明の一実施形態に従った処理システムを概略的に示している。処理システム 1 は処理チャンパー 10 を含んでおり、処理チャンパー 10 は、SiN 膜を含む基板 25 を支持するように構成された基板ホルダー 20 を有している。処理チャンパー 10 は更に、基板 25 を電磁放射線に曝すための電磁放射手段 30 を含んでいる。さらに、処理システム 1 は、電磁放射手段 30 に結合された電源 50 と、基板ホルダー 20 に結合され且つ基板 25 の温度を制御するように構成された基板温度制御系 60 とを含んでいる。ガス供給系 40 が処理チャンパー 10 に結合されており、処理チャンパー 10 に処理ガスを導入するように構成されている。処理ガスは、例えば窒素又は希ガス（すなわち、ヘリウム、ネオン、アルゴン、キセノン、クリプトン）等の不活性ガスを含み得る。他の例では、処理ガスは用いられなくてもよい。

#### 【0028】

図 4 の電磁放射手段 30 は基板 25 を、ほぼ等方的な（すなわち、強い指向性を有しない）拡散放射線 45 に曝すように構成されている。言い換えれば、拡散放射線 45 は主として或る特定方向から基板 25 に入射するわけではない。拡散放射線を発生することが可能な電磁放射手段は当業者に周知である。例えば、電磁放射手段 30 は約 10 mW/cm<sup>2</sup> と約 1000 mW/cm<sup>2</sup> との間の出力を発生可能である。本発明の他の一実施形態によれば、出力は約 50 mW/cm<sup>2</sup> と約 500 mW/cm<sup>2</sup> との間とし得る。本発明の一実施形態によれば、電磁放射線 45 の波長は約 500 nm 未満とし得る。本発明の他の一実施形態によれば、この波長は約 500 nm と約 125 nm との間とし得る。

#### 【0029】

なおも図 4 を参照するに、処理システム 1 は 200 mm 基板、300 mm 基板又はそれより大きいサイズの基板を処理するように構成されていてもよい。実際、当業者に認識されるように、処理システムは基板、ウェハ又は LCD をそれらのサイズに関わりなく処理するように構成されることが意図される。故に、本発明の態様は半導体基板の処理に関連させて説明されるが、本発明はそれのみに限定されるものではない。

#### 【0030】

温度制御系 60 は、例えば、冷却時に基板ホルダー 20 から熱を受け取って熱交換系（図示せず）に熱を伝達し、あるいは加熱時に熱交換系から熱を伝達する冷却剤循環系などの温度制御素子を有している。さらに、温度制御素子は、例えば抵抗加熱素子又は熱電加熱器 / 冷却器などの、基板ホルダー 20 や処理チャンパー 10 のチャンパー壁及び処理システム 1 内のその他の何らかの構成要素に備えられ得る加熱 / 冷却素子を含むことができる。

#### 【0031】

基板 25 と基板ホルダー 20 との間の熱伝達を向上させるため、基板ホルダー 20 は、基板 25 を基板ホルダー 20 の頂面に貼り付ける、機械的な取付手段、又は例えば静電クランプシステム等の電氣的な取付手段を含んでいてもよい。また、基板ホルダー 20 は更に、基板 25 と基板ホルダー 20 との間のガスギャップの熱伝導を向上させるため、基板 25 の裏面側にガスを導入するように構成された基板裏面側ガス配給系を含んでいてもよい。このガス配給系は加熱温度又は冷却温度での基板の温度制御が必要とされるときに用いられ得る。例えば、基板裏面側ガス配給系は、ヘリウムガスのギャップ圧が基板 25 の中心部とエッジ部とで独立して変化させられ得るような 2 区画のガス配給系を有していてもよい。

#### 【0032】

また、処理チャンバー 10 は更に、ダクト 38 を介して圧力制御系 32 に結合されることが可能である。圧力制御系 32 は、例えば、真空ポンプ系 34 及びバルブ 36 を含んでおり、基板 25 上に薄膜を形成するのに適し、また第 1 及び第 2 の加工材料の使用に適した圧力まで処理チャンバーを制御可能に排気するように構成されている。

#### 【0033】

真空ポンプ系 34 は、最大で毎秒 5000 リットルの（及び、これより大きい）ポンピング速度が可能なターボ分子真空ポンプ（TMP）を含むことができ、バルブ 36 はチャンバー圧力を絞るための仕切り弁を含むことができる。ドライプラズマエッチング用に使われる従来からのプラズマ処理装置においては、毎秒 1000 から 3000 リットルの TMP が一般的に使用される。さらに、処理チャンバー 10 にチャンバー圧力を監視する装置（図示せず）が結合されてもよい。圧力測定装置は、例えば、MKS インストルメント社から商業的に入手可能な 628B 型バラトロン（Baratron）絶対静電容量式圧力計とし得る。

10

#### 【0034】

また、処理システム 1 は、処理チャンバー 10、基板ホルダー 20、電磁放射手段 30、電源 50、及び基板温度制御系 60 に結合されたコントローラ 70 を含んでいる。これに代えて、或いは加えて、コントローラ 70 は 1 つ以上の更なるコントローラ/コンピュータ（図示せず）に結合されることができ、コントローラ 70 は更なるコントローラ/コンピュータから設定及び/又は構成情報を得ることができ。

#### 【0035】

図 4 においては単数の処理用要素（10、20、30、50、60 及び 70）が示されているが、このことは本発明に必要なことではない。処理システム 1 は、独立した処理用要素に加え、何らかの数のコントローラに伴われる如何なる数の処理用要素を有していてもよい。

20

#### 【0036】

コントローラ 70 は何らかの数の処理用要素（10、20、30、50 及び 60）を設定するために使用されることができ、また、処理用要素からのデータを収集し、提供し、処理し、記憶し、表示することができる。コントローラ 70 は処理用要素の 1 つ以上を制御する多数のアプリケーションを有し得る。例えば、コントローラ 70 は、ユーザが 1 つ又は複数の処理用要素の監視及び/又は制御を行うことを可能にする使い易いインターフェースを提供し得るグラフィック・ユーザ・インターフェース（GUI）要素（図示せず）を含み得る。

30

#### 【0037】

コントローラ 70 はマイクロプロセッサ、メモリー及び処理システム 1 からの出力を監視するとともに、処理システム 1 への入力を伝達しアクティブにするのに十分な制御電圧を生成することが可能なデジタル入/出力ポートを含んでいる。例えば、メモリー内に格納されたプログラムが、プロセスを実行するためにプロセスレシピに従って、処理システム 1 の上述の要素への入力をアクティブにするために使用されてもよい。コントローラ 70 の一例はデル社から入手可能な DELL PRECISION WORKSTATION 610（登録商標）である。

40

#### 【0038】

コントローラ 70 は、処理システム 1 に対してローカルに位置付けられてもよいし、あるいは処理システム 1 に対して遠隔に位置付けられてもよい。例えば、コントローラ 70 は、直接接続、イントラネット、インターネット及び無線接続の少なくとも 1 つを用いて堆積システム 1 とデータを交換してもよい。コントローラ 70 は、例えば顧客側（すなわち、デバイスメーカー等）のイントラネットに結合されていてもよいし、例えば製造供給元（すなわち、装置製造者）のイントラネットに結合されていてもよい。さらに、例えば、コントローラ 70 はインターネットに結合されていてもよい。また、他のコンピュータ（すなわち、コントローラ、サーバ等）が、例えば、直接接続、イントラネット及びインターネットの少なくとも 1 つを介してデータ交換するために、コントローラ 70 にアクセ

50

スしてもよい。当業者に認識されるように、コントローラ 70 は処理システム 1 と無線接続を介してデータ交換してもよい。

【0039】

処理条件には更に、約 0 と約 1000 との間の基板温度が含まれる。他の例では、基板温度は約 200 と約 1000 との間、又は約 400 と約 700 との間とし得る。処理チャンバ 10 内の圧力は、例えば、約  $10^{-5}$  Torr 未満と約 3000 mTorr との間に維持され得る。他の例では、圧力は約 20 mTorr と約 1000 mTorr との間に維持され得る。更に他の例では、圧力は約 50 mTorr と約 500 mTorr との間に維持され得る。約  $10^{-5}$  Torr 又はそれより低い圧力といった非常に低い圧力においては、プロセスは処理ガスを用いることができる。他の例では、処理ガスは不要である。

10

【0040】

図 5 は、本発明の一実施形態に従った処理システムを概略的に示している。図 5 に示された処理システム 2 は、図 4 に示された処理システム 1 に似ているが、互いに実質的に平行な電磁光線を有する平行放射線 46 に基板 25 を曝すように構成された電磁放射手段 31 を含んでいる。平行放射線を発生することが可能な電磁放射手段は当業者に周知である。例えば、平行放射線 46 は、電磁放射手段 31 内に格納された 1 つ以上の放射線源からの拡散放射線を、集光レンズ又は例えば 1 つ以上の調節板（バツフル）等のその他の装置を用いて平行にすることによって形成されることができ得る。例えば、電磁放射手段 31 は約  $10 \text{ mW} / \text{cm}^2$  と約  $1000 \text{ mW} / \text{cm}^2$  との間の出力を発生可能である。本発明の他の一実施形態によれば、出力は約  $50 \text{ mW} / \text{cm}^2$  と約  $500 \text{ mW} / \text{cm}^2$  との間とし得る。本発明の一実施形態によれば、電磁放射線 46 の波長は約 500 nm 未満とし得る。本発明の他の一実施形態によれば、この波長は約 275 nm と約 125 nm との間とし得る。

20

【0041】

本発明を実施するに当たっては本発明の様々な変更例及び変形例が用いられ得る。故に、添付の請求項の範囲内で、本発明はここに具体的に記載されたものとは別の手法で実施され得ることは理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0042】

30

【図 1】本発明の一実施形態に従った大きい引張応力の SiN 膜を含む MOS デバイスを概略的に示す断面図である。

【図 2】本発明の一実施形態に従って基板を電磁放射線に曝すフロー図である。

【図 3】本発明の他の一実施形態に従って基板を平行電磁放射線に曝すフロー図である。

【図 4】本発明の一実施形態に従った処理システムを示す概略図である。

【図 5】本発明の他の一実施形態に従った処理システムを示す概略図である。

【図1】

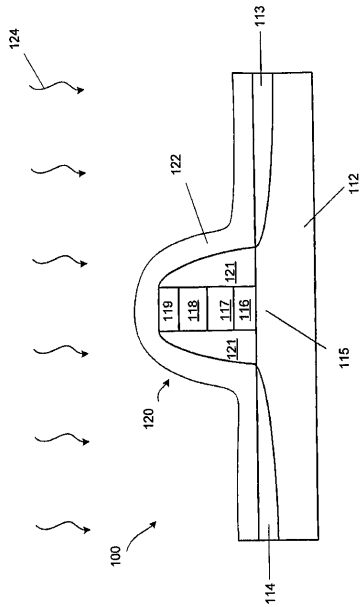
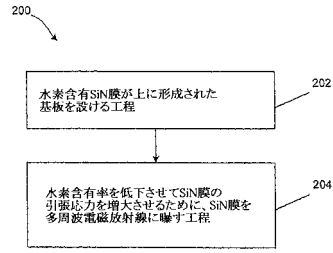
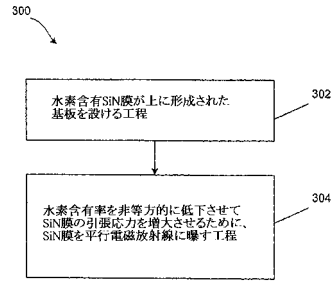


FIG. 1

【図2】



【図3】



【図4】

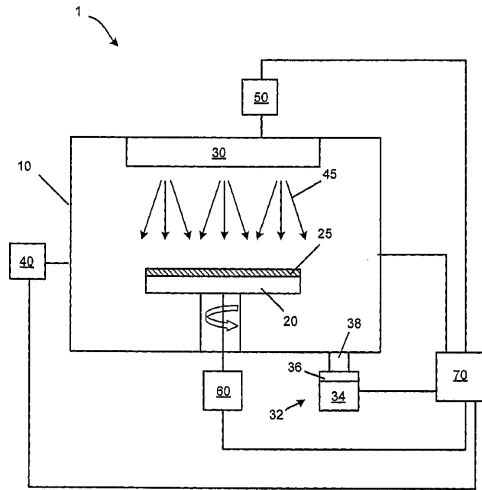


FIG. 4

【図5】

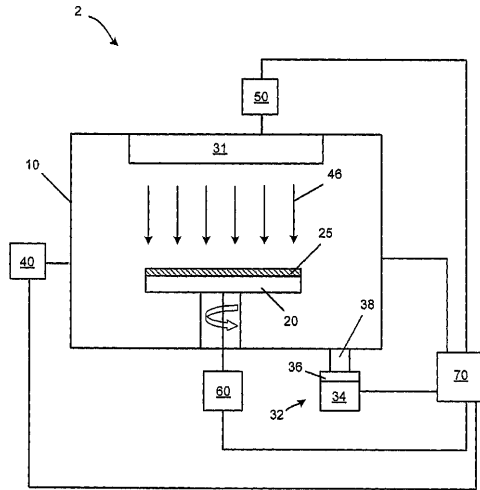


FIG. 5

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

C 2 3 C 16/42 (2006.01)

(72)発明者 リューシンク, ヘルト

アメリカ合衆国, ニューヨーク州 1 2 5 7 8, ソルトポイント, ネザーウッド・ロード 1 1 1  
7

審査官 越本 秀幸

(56)参考文献 特開平09-078245(JP,A)  
特開平10-335323(JP,A)  
特開平10-070123(JP,A)  
特開平08-203894(JP,A)  
特開2001-168325(JP,A)  
特開2005-310927(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/318

H01L 21/316

H01L 21/31

H01L 21/205

H01L 29/78

C23C 16/42

C23C 16/56