

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6737139号
(P6737139)

(45) 発行日 令和2年8月5日(2020.8.5)

(24) 登録日 令和2年7月20日(2020.7.20)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 1 L	21/31	(2006.01)	HO 1 L	21/31	B
HO 1 L	21/316	(2006.01)	HO 1 L	21/316	X
C 2 3 C	16/455	(2006.01)	C 2 3 C	16/455	
C 2 3 C	16/46	(2006.01)	C 2 3 C	16/46	

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-221523 (P2016-221523)	(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
(22) 出願日	平成28年11月14日(2016.11.14)	(74) 代理人	110002756 特許業務法人弥生特許事務所
(65) 公開番号	特開2018-81956 (P2018-81956A)	(74) 代理人	100091513 弁理士 井上 俊夫
(43) 公開日	平成30年5月24日(2018.5.24)	(74) 代理人	100162008 弁理士 瀧澤 宣明
審査請求日	平成31年4月16日(2019.4.16)	(72) 発明者	池内 俊之 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	島 裕巳 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスインジェクタ、及び縦型熱処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

上下方向に複数の基板を棚状に並べて保持した基板保持具を、周囲に加熱部が配置された縦型の反応容器内に搬入して熱処理を行う縦型熱処理装置に設けられ、前記反応容器内に、基板への成膜用の成膜ガスを供給するためのガスインジェクタにおいて、

前記反応容器内に上下方向に伸びるように配置され、前記上下方向に沿って、複数のガス供給孔が形成されたガス供給孔の形成面を備えた筒状のインジェクタ本体と、

前記上下方向に沿って前記インジェクタ本体と一体となるように設けられ、前記成膜ガスを受け入れる下部側のガス受入口と、前記インジェクタ本体の内部空間に連通し、当該内部空間に成膜ガスを導入するガス導入口とを備えた筒状のガス導入管と、を備え、

前記筒状のインジェクタ本体の内部空間の中心軸に対し、前記筒状のガス導入管の中心軸が、前記ガス供給孔の形成面から遠ざかる方向にずれた位置に配置されていることを特徴とするガスインジェクタ。

【請求項2】

前記ガス導入管は、前記内部空間に挿入された状態となっていることにより、前記インジェクタ本体と一体となっていることを特徴とする請求項1に記載のガスインジェクタ。

【請求項3】

前記ガス導入口は、前記内部空間に挿入されたガス導入管の上端面に開口していることを特徴とする請求項2に記載のガスインジェクタ。

【請求項4】

前記ガス導入口が設けられている高さ位置は、前記複数のガス供給孔のうち、最も下方側に形成された前記ガス供給孔よりも高い位置であることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか一つに記載のガスインジェクタ。

【請求項 5】

前記ガス導入管内の成膜ガスの圧力よりも、前記内部空間に導入された成膜ガスの圧力を低下させるために、前記ガス導入管には、成膜ガスが流れる流路を狭くする絞り部が設けられていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか一つに記載のガスインジェクタ。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 5 のいずれか一つに記載のガスインジェクタを備えたことを特徴とする縦型熱処理装置。

10

【請求項 7】

前記反応容器には、前記ガスインジェクタから反応容器内に供給された成膜ガスが、当該反応容器内を下方側へ向けて流れた後、外部へ排気される位置に排気部が設けられていることを特徴とする請求項 6 に記載の縦型熱処理装置。

【請求項 8】

前記ガス導入管のガス受入口へ向けて、成膜ガスを供給する成膜ガス供給部を備え、前記成膜ガスは、熱により分解してインジェクタ本体またはガス導入管の内面に膜を形成する成分を含むことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の縦型熱処理装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板への成膜を行う縦型熱処理装置に成膜ガスを供給する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程において、基板である半導体ウエハ（以下、「ウエハ」という）の表面に成膜を行う手法として、金属原料などを含む原料ガスと、この原料ガスと反応する反応ガスとを交互に供給し、ウエハの表面に金属膜を形成する原子層堆積（Atomic Layer Deposition、ALD）法や、前記金属を含む化合物の膜を形成する分子層堆積（Molecular Layer Deposition、MLD）法が知られている。以下の説明では、これら ALD 法及び MLD 法を総称して「ALD 法」と呼ぶ。

30

【0003】

また、上述の ALD 法を実施する装置の一種として、縦型の反応容器内で複数枚のウエハに対して一括して成膜を行うバッチ式の縦型熱処理装置が知られている。縦型熱処理装置においては、複数のウエハを上下方向に棚状に並べて保持した基板保持具を反応容器内に搬入して成膜が行われる。

このため、縦型熱処理装置を用いる場合には、ウエハの面間で均一な膜厚分布を有する膜を成膜する観点で、基板保持具に保持された各ウエハに対して、できるだけ均一に原料ガスや反応ガス（以下、これらを総称して「成膜ガス」と呼ぶ場合がある）を供給することが好ましい。

40

【0004】

ここで特許文献 1 には、処理容器内の下部側から上部側まで伸びた後、U 字状に折り返し、その先端部が処理容器内の下部側まで伸びたノズルを備える縦型熱処理が記載されている。ノズル内では、上流側ほどガスの圧力が高いため、上流側に設けられたガス噴射孔の方が、噴射されるガスの流量が多くなる。そこで、ノズルを U 字に折り返すことにより、折り返し前のノズル部分に設けられたガス噴射孔の列から供給されるガスの流量の分布と、折り返し後のノズル部分に設けられたガス噴射孔の列から供給されるガスの流量の分布とを組み合わせ、ノズル全体として上下方向に均等なガスの供給を図っている。

【0005】

一方で、U 字状に折り返されたノズルは大型化しやすく、予め決まった大きさの処理容

50

器内に配置することができないおそれもある。このとき、ノズルを配置する目的だけで、処理容器を含む縦型熱処理装置全体を大型化することは現実的ではない。

【0006】

なお特許文献2には、パージガスが供給される中心管と処理ガスが供給される外周管とを備えた二重管構造のノズルが記載されているが、基板保持具に保持された各ウエハに均一に処理ガスを供給する技術ではない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2008-78452号公報：請求項5、段落0030～0031、
図1 10

【特許文献2】特開2008-205151号公報：請求項1、段落0033～0037、
図4

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明はこのような事情の下になされたものであり、その目的は、ノズルの大型化を抑えつつ、縦型熱処理装置に適した成膜ガスの供給を行うことが可能なガスインジェクタ、及びこのインジェクタを備えた縦型熱処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

本発明のガスインジェクタは、上下方向に複数の基板を棚状に並べて保持した基板保持具を、周囲に加熱部が配置された縦型の反応容器内に搬入して熱処理を行う縦型熱処理装置に設けられ、前記反応容器内に、基板への成膜用の成膜ガスを供給するためのガスインジェクタにおいて、

前記反応容器内に上下方向に伸びるように配置され、前記上下方向に沿って、複数のガス供給孔が形成されたガス供給孔の形成面を備えた筒状のインジェクタ本体と、

前記上下方向に沿って前記インジェクタ本体と一体となるように設けられ、前記成膜ガスを受け入れる下部側のガス受入口と、前記インジェクタ本体の内部空間に連通し、当該内部空間に成膜ガスを導入するガス導入口とを備えた筒状のガス導入管と、を備え、

30

前記筒状のインジェクタ本体の内部空間の中心軸に対し、前記筒状のガス導入管の中心軸が、前記ガス供給孔の形成面から遠ざかる方向にずれた位置に配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明は、反応容器内に上下方向に伸びるように配置されるインジェクタ本体の内部空間に、当該インジェクタ本体と一体に設けられたガス導入管を介して成膜ガスを導入するので、インジェクタの大型化を抑えつつ、縦型熱処理装置に適した成膜ガスの供給を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0011】

【図1】実施の形態に係るガスインジェクタを備えた縦型熱処理装置の縦断側面図である。

【図2】前記ガスインジェクタの縦断側面図である。

【図3】従来型のガスインジェクタの説明図である。

【図4】U字状の折り返しガスインジェクタの説明図である。

【図5】前記インジェクタ本体内の内圧を変化させる手法に係る説明図である。

【図6】前記ガスインジェクタの変形例を示す説明図である。

【図7】前記ガスインジェクタの他の変形例を示す説明図である。

【図8】実施例及び比較例に係る実験結果を示す説明図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0012】

はじめに、図1を参照しながら本発明の実施の形態に係るガス供給孔31を備えた縦型熱処理装置の構成例について説明する。本例では、原料ガスであるHCD(Hexachlorodisilane)ガスと、反応ガスであるOラジカル及びOHラジカルを含む活性種とを反応させて、ウエハWに対してALD法によりSiO₂膜を形成する縦型熱処理装置について説明する。

【0013】

縦型熱処理装置は、上端側が塞がれ、下端側が開口した石英製の円筒状の反応管11を備えている。反応管11の下方には、当該反応管11の開口部と気密に接続されたステンレス製の筒状部材からなるマニホールド5が設けられ、マニホールド5の下端には、フランジが形成されている。これら反応管11及びマニホールド5は、本例の反応容器1を構成する。

10

【0014】

反応管11の周囲には、当該反応管11の側面を全周に亘って外方側から囲むように、抵抗発熱体からなる加熱部12が設けられている。加熱部12は、反応管11の周囲の空間を上方側から覆う不図示の断熱体に保持されている。

【0015】

マニホールド5の下面側の開口は、石英製の円板形状の蓋体56によって塞がれる。蓋体56は、ポートエレベータ51上に設けられ、このポートエレベータ51を昇降させることによって、蓋体56が前記マニホールド5の開口を塞いだ状態と、開放した状態とを切り替えることができる。さらに蓋体56及びポートエレベータ51には、これらを通する回転軸53が設けられ、回転軸53は蓋体56の上面から上方側へ向けて伸び出している。回転軸53は、ポートエレベータ51の下方に設けられた駆動部52により鉛直軸周りに回転することができる。

20

【0016】

回転軸53の上端には、反応管11の側周壁によって囲まれる位置に、基板保持具であるウエハポート2が設けられている。ウエハポート2は、ウエハWの直径(300mm)よりも大きな直径を有する円形の石英板で構成された天板21と、リング状の底板22とを備えている。天板21と底板22とは、上下に対向するように配置され、その周縁部における半周の領域に亘って等間隔に配置された複数本の支柱23によって互いに連結されている。天板21と底板22との間には、ウエハWが1枚ずつ載置される複数の載置部(不図示)が上下方向に間隔を開けて棚状に設けられている。

30

【0017】

また、蓋体56とウエハポート2との間には、断熱ユニット50が設けられている。断熱ユニット50は、例えば石英板からなる円環状の複数の断熱フィン54を備え、これら断熱フィン54は、蓋体56の上面に周方向に間隔を開けて設けられた複数の支柱55によって棚状に支持されている。円環状の断熱フィン54の内側には、既述の回転軸53が挿入され、当該回転軸53の側周面を外方側から囲むように断熱ユニット50が配置される。

40

【0018】

ウエハポート2及び断熱ユニット50は、既述のポートエレベータ51によって蓋体56と共に昇降し、ウエハポート2を反応管11の内側に位置させた処理位置(図1に示す位置)と、反応容器1内からウエハポート2を抜き出し、不図示の受け渡し機構とウエハポート2との間でウエハWの受け渡しを行う受け渡し位置との間を移動する。

【0019】

処理位置に配置されたウエハポート2と、反応管11の側周壁との間には、反応管11内に、HCDガスを供給するためのガスインジェクタ3と、各々、酸素ガスまたは水素ガスを供給するためのガスインジェクタ4(酸素ガスインジェクタ4a、水素ガスインジェクタ4b)とが配置されている。

50

これらのガスインジェクタ3、4のうち、HCDガス用のガスインジェクタ3は、本発明の実施の形態に係る構成を備える点については、図2を参照しながら後段で詳細に説明する。

【0020】

一方、図1、3に示すように、酸素ガス用及び水素ガス用のガスインジェクタ4(4a、4b)は、末端が塞がれた細長い筒状の石英管の側面に、長手向に沿って複数のガス供給孔41を互いに間隔を開けて形成した、従来構造のものが採用されている。ガスインジェクタ4は、ガス供給孔41の形成面をウエハポート2側に向けて、上下方向に伸びるように反応管11内に配置される。反応管11内にガスインジェクタ4を配置した状態において、複数のガス供給孔41はウエハポート2における最下段のウエハWの載置位置から、最上段の載置位置までの領域に亘って、ほぼ等間隔で形成されている。

10

なお図1においては、図示の便宜上、ガスインジェクタ4a、4bは、反応管11の横断面を見たとき、径方向にずれた位置に配置されているように示してある。但し、実際にはこれらのガスインジェクタ4a、4bは、ウエハポート2側から見て、反応管11の内壁面に沿うように、並べて配置してよい。

【0021】

各ガスインジェクタ3、4の下部側(基端部側)はマニホールド5側まで伸び出し、マニホールド5の側周壁面に向けて折れ曲がった後、HCDガスや酸素ガス及び水素ガスの供給ラインを構成する配管と接続されている。ガスインジェクタ3、4における、ガスの供給配管との接続部に形成された開口は、ガス受入口に相当する。

20

【0022】

これらガスの供給ラインは、マニホールド5を貫通し、各々、開閉バルブV11、V12、V13や流量調節部M11、M12、M13を介してHCDガス供給源71、酸素ガス供給源72及び水素ガス供給源73に接続されている。HCDガス供給源71、開閉バルブV11、流量調節部M11、及びHCDガスの供給ラインは、本実施の形態の成膜ガス供給部に相当する。

さらにこれらガスの供給ラインに対しては、反応管11内からHCDガスや酸素ガス、水素ガスを排出するために、窒素ガスなどの不活性ガスをパージガスとして供給する不図示のパージガス供給源を設けてもよい。

【0023】

さらにマニホールド5には排気管61が接続され、当該排気管61の下流側には、排気流量調節用の圧力調整部(例えばバタフライバルブ)62を介して真空排気部63が接続されている。排気管61がマニホールド5に接続されていることにより、ガスインジェクタ3、4から反応管11内に供給された成膜ガス(HCDガス、酸素ガス、水素ガス)は、反応管11内を下方側へ向けて流れた後、外部へ排気されることになる。排気管61、圧力調整部62、及び真空排気部63は、本例の排気部に相当する。

30

【0024】

この他、縦型熱処理装置には制御部8が設けられている。制御部8は例えば図示しないCPU(Central Processing Unit)と記憶部とを備えたコンピュータからなり、記憶部には縦型熱処理装置により実施される成膜処理(熱処理)、即ち、処理対象のウエハWを保持したウエハポート2を処理位置に移動させて反応管11内に搬入した後、予め決められた順番や流量で原料ガスや反応ガスを切り替えながら供給し、成膜処理を実行する制御についてのステップ(命令)群が組まれたプログラムが記録されている。このプログラムは、例えばハードディスク、コンパクトディスク、マグネットオプティカルディスク、メモリーカードなどの記憶媒体に格納され、そこからコンピュータにインストールされる。

40

【0025】

以上に説明した構成を備えた縦型熱処理装置において、HCDガスの供給を行うガスインジェクタ3は、上下方向に伸びるように反応管11内に配置され、縦型熱処理装置に適した特別な構造を備えている。

以下、図2を参照しながら当該ガスインジェクタ3の具体的な構成について説明する。

50

【 0 0 2 6 】

ガスインジェクタ 4 の構成を詳細に説明する前に、図 3 に示す従来型のガスインジェクタ 4 を用いて H C D ガスの供給を行った場合の問題点について説明する。

細長い筒状のガスインジェクタ 4 内を流れるガスの圧力は、流れ方向の下流側（ガスインジェクタ 4 の先端側）よりも上流側（ガスインジェクタ 4 の基端側）の方が高くなる。この結果、各ガス供給孔 4 1 から供給されるガスは、基端側に位置するガス供給孔 4 1 ほど流量が大きく、先端側に位置するガス供給孔 4 1 へ向けて次第に流量が小さくなる流量分布が形成される。

なお、図 2 ~ 図 8 に示す各種のガスインジェクタ 3、3 a ~ 3 e、4（4 a、4 b）、4 c の図には、ガス供給孔 3 1、4 1 から供給されるガスの流量に応じて、ガスの流れを示す矢印の長さを変化させている。これらの図では、破線の矢印が長いほど、ガスの流量が大きいことを示しているが、各矢印の長さは、ガスの流量を厳密に示すものではない。

10

【 0 0 2 7 】

上述の流量分布を有するガスインジェクタ 4 を用いて H C D ガスの供給を行うと、ウエハポート 2 の下部側に保持されたウエハ W に対しては、高濃度の H C D ガスが供給され、上部側に保持されたウエハ W に対しては、下部側と比較して低濃度の H C D ガスが供給されることとなる。この結果、下部側に保持されたウエハ W に対して比較的多くの H C D が吸着し、上部側に保持されたウエハ W においては H C D の吸着量が少なくなり、ウエハ W の面間で H C D の吸着量が相違する分布が形成される。

【 0 0 2 8 】

20

よって、ウエハ W の表面に吸着した H C D を O ラジカル及び O H ラジカルと反応させて得られた S i O₂ の各層においてもウエハ W の面間で厚さが相違するので、異なる厚さの S i O₂ 層が積層され、面間で異なる膜厚分布を有する S i O₂ 膜が成膜されてしまう（後述の図 8（b）に示す比較例参照）。

【 0 0 2 9 】

特に、反応管 1 1 内の成膜ガスを下方側に向けて排気する構成の縦型熱処理装置は、ウエハポート 2 の下部領域に供給された比較的高い濃度の H C D ガスが反応管 1 1 内の上部側の空間へ向けて十分に拡散しないうちに排気されてしまう。このため、ウエハ W の面間の膜厚分布のばらつきが、より顕著になるおそれもある。

【 0 0 3 0 】

30

上述の問題を改善するため、図 4 に示すように、U 字状に折り返された形状のガスインジェクタ 4 c を用いる手法も考えられる。当該ガスインジェクタ 4 c は、反応管 1 1 の上部側の空間に、より高い濃度の H C D ガスを供給することができる。このとき、反応管 1 1 内の H C D ガスが下方排気されると、上部側に供給された高濃度の H C D ガスが下部側の空間内を拡散しながら排気されるので、ウエハポート 2 の下部側に保持されたウエハ W にも高濃度の H C D ガスが供給され、面間の膜厚分布のばらつきを改善できる可能性もある。

【 0 0 3 1 】

しかしながら、U 字状に折り返されたガスインジェクタ 4 c は、大型化しやすいため、反応管 1 1 内に配置することが難しい場合もある。また、H C D ガスの圧力が比較的高く、且つ、流れの向きが変化するガスインジェクタ 4 c の折り返し部分の内壁面には、熱分解などに伴って S i 膜などが形成されやすくなる。この S i 膜がガスインジェクタ 4 c の内壁面から剥がれると、パーティクルとなって反応管 1 1 内に流れ込み、ウエハ W の污染源となってしまうおそれもある。

40

【 0 0 3 2 】

図 2 は実施の形態に係るガスインジェクタ 3 を示している。図 3 を用いて説明した従来型のガスインジェクタ 4 と同様に、本例のガスインジェクタ 3 は、末端が塞がれた細長い筒状の石英管（例えば従来のガスインジェクタ 4 と共通の管径を有する）の側面に、複数のガス供給孔 3 1 が互いに間隔を開けて形成されている。以下、当該ガスインジェクタ 3 において、ガス供給孔 3 1 が形成された上部側の領域をインジェクタ本体 3 2 と呼ぶ。本例

50

のガスインジェクタ3は、前記インジェクタ本体32内に、インジェクタ本体32よりも管径が細い、石英製のガス導入管33を挿入した構造となっている。

【0033】

ガス導入管33の上端面には、ガス導入口331が形成され、ガス導入管33内の空間はインジェクタ本体32の内部空間321と連通している。一方、ガス導入管33の下端部においては、インジェクタ本体32の側周壁とガス導入管33の外周面との間の隙間が、円環形状の仕切り部材332によって塞がれ、且つ、ガス導入管33の下端面は開口している。

この結果、ガスインジェクタ3における仕切り部材332の配置位置よりも下方側の部分（HCDガスの流れ方向に見て上流側部分）は、ガス導入管33の基端側管部33bを構成しているといえる。これに対して、インジェクタ本体32に挿入された領域は、ガス導入管33の縮径管部33aを構成している。

10

【0034】

このように、インジェクタ本体32とガス導入管33とは、仕切り部材332を介して、上下方向に沿って一体となってガスインジェクタ3を構成している。このガスインジェクタ3内には、HCDガス供給源71側から供給されたHCDガスが、ガス導入管33内を通過してインジェクタ本体32の内部空間321に流入する流路が形成されていると言える。

【0035】

また前記内部空間321内においてガス導入管33は、インジェクタ本体32の中心軸に対して、ガス導入管33の中心軸がガス供給孔31の形成面から遠ざかる方向にずれた位置に配置されている。この結果、ガス供給孔31が形成されている向きのインジェクタ本体32の内周面とガス導入管33の外周面との間の隙間が広がり、内部空間321内に流入したHCDガスが各ガス供給孔31に到達しやすくなっている。

20

【0036】

以下、上述のガスインジェクタ3を備えた縦型熱処理装置の作用について説明する。

はじめに、受け渡し位置までウエハポート2を降下させ、図示しない外部の基板搬送機構によりウエハポート2のすべての載置部にウエハWを載置する。また、加熱部12により、反応管1内にウエハWを搬入したとき、各ウエハWが予め設定した温度になるように加熱を開始する。

30

【0037】

しかる後、ポートエレベータ52を上昇させ、ウエハポート2を反応容器1内の処理位置に配置すると共に、マニホールド5の開口を蓋体56によって密閉する。続いて反応容器1の内圧が予め設定された真空度になるように、真空排気部63によって真空引きを行うと共に、回転軸53によりウエハポート2を予め設定された回転速度で回転させる。

【0038】

こうして、ALD法による成膜を行う準備ができたなら、予め設定された流量にてHCDガス供給源71よりHCDガスの供給を開始する。図2に破線で示すように、供給ラインからガスインジェクタ3の基端部（ガス受入口）に供給されたHCDガスは、上方側へ向けて流れた後、管径の細いガス導入管33内に流れ込む。そして、当該ガス導入管33内を通過したHCDガスはガス導入口331よりインジェクタ本体32の内部空間321に導入され、さらに当該内部空間321に広がった後、各ガス供給孔31から反応管11へ供給される。

40

【0039】

ここで図2に示すように、本例のガスインジェクタ3においてガス導入口331は、最も上方側に形成されたガス供給孔31よりもさらに高い位置に開口しているため、ガス導入口331から導入されて内部空間321内を広がるHCDガスは、ガスインジェクタ3の先端側にて圧力が高く、基端側にて圧力が低くなる。この結果、図4に示すガスインジェクタ4cの場合と同様に、反応管11の上部側の空間に、より高い濃度のHCDガスを供給し、下部側の空間には上部側よりも低い濃度のHCDガスを供給することが可能とな

50

る。

【0040】

またガス導入管33(縮径管部33a)は、インジェクタ本体32よりも管径が細いので、流路の狭い絞り部を構成し、当該ガス導入管33内を流れる際にHCDガスの圧力が低下する。さらに、ガス導入口331は、塞がれた状態のインジェクタ本体32の末端面に向けて開口しているため、内部空間321内に導入された後のHCDガスは大きく向きを変えた後、内部空間321内を広がっていく。この流れ変化方向の変化に際してもHCDガスの圧力が低下する。この観点で、インジェクタ本体32の内部空間321は、HCDガスが流れる勢いを穏やかにする、緩衝空間の役割を果たしていると言える。

【0041】

流れる勢いが弱まったHCDガスが内部空間321内を広がる際には、拡散の影響が大きくなる。このため、ガス導入口331に近い、ガスインジェクタ3の先端側のHCDガスの圧力と、ガス導入口331から遠い、基端側のHCDガスの圧力との圧力差が小さくなる。この結果、図3に示す従来のガスインジェクタ4と比較して、インジェクタ本体32の上下方向に沿って形成された複数のガス供給孔31から、より均一にHCDガスを供給することができる。

【0042】

以上に説明したように、本例のガスインジェクタ3は、図4に示すU字状のガスインジェクタ4cと同様に、反応管11の上部側の空間と下部側の空間とを比較したとき、上部側の空間に高濃度のHCDガスを供給することができる。また、当該ガスインジェクタ3は、インジェクタ本体32の内部空間321が緩衝空間の役割を果たすことにより、U字状のガスインジェクタ4cと比較して、各ガス供給孔31からより均一にHCDガスを供給することができる。

【0043】

さらに本例のガスインジェクタ3は、内部空間321のHCDガスの圧力を低くして、HCDの分子間距離を大きくすることにより、HCDガスの熱分解が発生しにくくなるので、インジェクタ本体32内におけるSi膜の形成を抑え、パーティクルの発生を抑制する効果もある。

【0044】

ガスインジェクタ3の各ガス供給孔31から供給されたHCDガスは、反応管11内に広がり、回転軸53回りに回転するウエハポート2に保持された各ウエハWに到達してその表面に吸着する。このとき、反応管11(反応容器1)内は下方側へ向けて排気されているので、上部側の比較的、高濃度のHCDガスが下部側の空間内を拡散しながら排気されていく。この結果、反応管11の下部側に保持されたウエハWに対しても、上部側から流れ込んだHCDガスが供給され、ウエハWに吸着するHCDガスの量をウエハポート2の高さ方向に沿って均一化することができる。

【0045】

こうして、各ウエハWに所定量のHCDガスを吸着させるのに必要な時間が経過したら、HCDガス供給源71からのHCDガスの供給を停止すると共に、必要に応じてパージガスを供給し、反応管11内に残存しているHCDガスを排出する。

しかる後、酸素ガス供給源72及び水素ガス供給源73から反応管11内に予め設定された流量の酸素ガス及び水素ガスを供給する。低圧高温雰囲気となっている反応管11内に供給された酸素ガス及び水素ガスからはOラジカル及びOHラジカルを含む活性種を生成する。これらOラジカル及びOHラジカルが、ウエハWに吸着したHCDと反応することにより、SiO₂が形成される。

【0046】

上述の反応において、例えばウエハポート2の各段に保持されたウエハWに供給されるOラジカル及びOHラジカルの濃度の分布がウエハWの面間の膜厚分布のばらつきに及ぼす影響が小さい場合は、図3に示した単管構造のガスインジェクタ4を用いてOラジカル及びOHラジカルの供給を行ってよい。言い換えると、仮にウエハWの面間で均一にHCD

10

20

30

40

50

Dを吸着させたとき、各ウエハWに供給されるOラジカル及びOHラジカルの濃度が異なっているとしても、HCDを反応させるのに十分な量のOラジカル及びOHラジカルを供給すれば、面間で均一な膜厚分布のSiO₂膜を形成することが可能な場合には、単管構造のガスインジェクタ4を採用すれば十分であるといえる。

【0047】

この点、酸素ガスインジェクタ4a、水素ガスインジェクタ4bの各ガス供給孔41からの酸素ガスまたは水素ガスの流量の分布がウエハWの面間の膜厚分布のばらつきに及ぼす影響が大きい場合には、酸素ガスや水素ガス（反応ガス）の供給においても図2に示す緩衝空間型のガスインジェクタ3を利用してよい。この場合には、酸素ガス供給源72、水素ガス供給源73や開閉バルブV12、V13、流量調節部M12、M13、酸素ガスや水素ガスの供給ラインは、本実施の形態の成膜ガス供給部に相当することとなる。

10

【0048】

そして、各ウエハWに吸着したHCDガスを反応させるのに必要な所定の時間が経過したら、酸素ガス供給源72、水素ガス供給源73からの酸素ガス及び水素ガスの供給を停止し、必要に応じてパージガスを供給し、反応管11内に残存している酸素ガス及び水素ガスを排出する。しかる後、HCDガス供給源71からのHCDガスの供給を再開してウエハWへのHCDの吸着を行う。

【0049】

こうして、HCDガスの供給と酸素ガス及び水素ガスの供給とを含むサイクルを繰り返し実施し、当該サイクルを予め設定された回数だけ実施したら、最終サイクルにおける酸素ガス及び水素ガスの供給停止後、反応管11内をパージする。そして反応容器1内の圧力を大気圧に戻してからウエハポート2を降下させて成膜が行われたウエハWを搬出し、一連の動作を終了する。

20

【0050】

本実施の形態に係る縦型熱処理装置によれば以下の効果がある。反応容器1内に上下方向に伸びるようにインジェクタ3を配置し、当該インジェクタ3を構成するインジェクタ本体32の内部空間321に、当該インジェクタ本体32と一体にガス導入管33を設け、このガス導入管33を介してHCDガスの導入を行う。この結果、ガスインジェクタ3の大型化を抑えつつ、(1)ガスインジェクタ3の先端側と基端側とに形成されたガス供給孔31からのHCDガス（成膜ガス：原料ガスや反応ガス）の供給流量を比較したとき、基端側のガス供給孔31からの供給流量が相対的に小さくなる流量分布を形成し、且つ、(2)これら先端側と基端側との間の供給流量の差を小さく抑えることができる。

30

【0051】

ここで、インジェクタ本体32内にガス導入管33を挿入したガスインジェクタ3において、HCDガス供給源71側から供給される成膜ガスの流量が一定である場合、内部空間321の容積が小さくなるほど、内部空間321内の平均の圧力は高くなる。そして、内部空間321の容積を大きくすれば、前記平均の圧力（以下、図5の説明において「内圧」ともいう）を低くすることができる。

【0052】

そこで、図5(a)～(c)に示すように、インジェクタ本体32内に挿入されたガス導入管33の長さを変えると、内部空間321の容積が変化し、内部空間321内の内圧を変化させることができる。図5に示す例では、インジェクタ本体32内に挿入されたガス導入管33の長さが最長であるガスインジェクタ3において内部空間321内の内圧が最も高くなり（図5(a)）、ガス導入管33の長さが最短であるガスインジェクタ3bにおいて前記内圧が最も低くなる（図(c)）。

40

【0053】

縦型熱処理装置において、図5(a)～(c)のいずれのガスインジェクタ3、3a、3bを採用するかについては、反応管11側で要求される成膜ガスの供給流用の分布や、インジェクタ本体32内にSi膜が形成されにくくなる内圧条件などを事前に把握し、適切なものを選択すればよい。

50

【0054】

ここで図5(b)、(c)に示すガスインジェクタ3a、3bのように、ガス導入管33を短くすると、ガス導入口331の開口位置は、最も上方側に形成されたガス供給孔31よりも下方側に位置することとなる。この場合においても、ガス導入管33の上端面にガス導入口331を形成すると、内部空間321内に導入された成膜ガスは、ガス導入管33からの導入方向に沿ってインジェクタ本体32内を上方側へ向けて流れた後、インジェクタ本体32の上端面に到達して流れ方向を変える流れを形成する。この結果、ガス導入口331よりも上方側に配置されているガス供給孔31側の領域に対しても、比較的高い圧力の成膜ガスを供給し、先端側に形成されたガス供給孔31からの成膜ガスの供給量が相対的に大きくなる流量分布を形成することができる。

10

【0055】

このようにガス導入管33の長さによって内部空間321の容積を変化させる手法を採用する場合は、ガス導入管33の先端のガス導入口331の高さ位置は、インジェクタ本体32に形成された複数のガス供給孔31のうち、最も下方側に形成されたガス供給孔31よりも高い位置に設定する。より好ましくは、ガス供給孔31の形成範囲の2分の1の高さ位置よりも上方側にガス導入口331が配置されるように、ガス導入管33の長さを決定するとよい。

【0056】

また、インジェクタ本体32とガス導入管33とを一体に設ける構成は、管径の細かいガス導入管33をインジェクタ本体32内に挿入する場合に限られない。例えば図6に示すガス導入管33のように、基端側から先端側までの管径が変化しない直管状のガス導入管33に対し、当該ガス導入管33の上部側の領域を、管径の大きなインジェクタ本体32によって覆ってもよい。

20

【0057】

また、図6に示したガス導入管33は、ガス導入管33の側面に、当該ガス導入管33の管径よりも小さな開口面積のガス導入口331aを設けた例を示している。この例では縮径管部33aに替わってガス導入口331aが絞り部として機能し、内部空間321に成膜ガスが導入される際の圧力を下げている。

【0058】

なお、ガス導入管33の側面にガス導入口331aを設ける場合には、ガス導入口331aからガス供給孔31への成膜ガスの吹き抜けを防止する必要がある。そこで図6に示すように、ガス導入口331aは、最も上方側に形成されたガス供給孔31よりも高い位置に配置するか、ガス供給孔31の形成面とは異なる方向へ向けて成膜ガスが導入される向きに配置することが好ましい。

30

【0059】

さらには、インジェクタ本体32とガス導入管33とを一体に設ける構成は、インジェクタ本体32内にガス導入管33を挿入する場合に限らず、例えば図7(a)、(b)に示すガスインジェクタ3d、3eのように、インジェクタ本体32とガス導入管33とを隣り合わせに並べて一体とする構成としてもよい。

図7(a)のガスインジェクタ3dは、インジェクタ本体32とガス導入管33の側壁面同士を接続し、この接続面の上方側の位置に絞り部であるガス導入口331aを設けた例である。

40

【0060】

また、図7(b)のガスインジェクタ3eは、インジェクタ本体32に、ガス導入管33の側面の一部及び上面の一部を挿入する切り欠きを設け、当該切り欠き内にガス導入管33を挿入して前記ガス導入管33の側面の一部及び上面の一部を覆い、インジェクタ本体32によって覆われたガス導入管33の上面に、絞り部であるガス導入口331を設けた例である。

これらの例においてもインジェクタ本体32とガス導入管33とが一体に設けられているので、図4に示したU字型のガスインジェクタ4cと比較して、ガスインジェクタ3d

50

、3 eのサイズをコンパクトにすることができる。

【0061】

さらにまた本例のガスインジェクタ3、3 a ~ 3 eを備えた縦型熱処理装置にて使用する成膜ガスの種類や成膜される膜の種類は、上述の例（原料ガスであるH C Dガスと反応ガスである酸素ガス及び水素ガスとを用いたS i O₂膜（金属酸化膜）の成膜に限られない。

例えば、金属原料を含む原料ガスと、窒素を含む反応ガスとの反応による金属窒化物の成膜、金属原料を含む原料ガスと、当該原料ガスを分解、還元させるガスとの反応による金属膜の成膜などを、A L D法により実施してもよい。

【実施例】

【0062】

（実験）

図1を用いて示したものと同等の下方排気方式の縦型熱処理装置を用い、ウエハポート2に保持されたウエハWに対してA L D法によりS i O₂膜の成膜を行い、各ウエハWの膜厚分布を測定した。

A．実験条件

（実施例）図2に示す実施の形態に係るガスインジェクタ3を用いてH C Dガスの供給を行う一方、図3に示す従来型のガスインジェクタ4を用いて酸素ガスの供給を行い、A L D法によりS i O₂膜を成膜した。H C Dガスの供給時には、H C Dガス供給源7 1より流量2 0 0 s c c mのH C Dガスを6秒間供給し、酸素ガス及び水素ガスの供給時には、酸素ガス供給源7 2、水素ガス供給源7 3より流量3, 0 0 0 s c c mの酸素ガスと1, 0 0 0 s c c mの水素ガスとを1 0秒間供給した。これらのガス供給を含むサイクルを1 0 0回実施して成膜を行った。反応容器1内の圧力は4 0 P a、加熱部1 2によるウエハWの加熱温度は6 0 0、回転軸5 3まわりのウエハポート2の回転速度は2 . 0 r p mである。ウエハWを保持するウエハポート2の最下段から数えて2 0段目、6 0段目、9 0段目、1 3 0段目、1 6 0段目の載置位置に載置された5枚のウエハWの膜厚分布を膜厚計により測定した。

（比較例）図3に示す従来型のガスインジェクタ4を用いてH C Dガスの供給を行った点を除いて実施例と同様の条件で成膜、膜厚分布測定を行った。

【0063】

B．実験結果

実施例、比較例の結果を各々図8（a）、（b）に示す。各図中に示した実線は、ウエハWの中心を通る横断面を見たときのS i O₂膜の膜厚分布を模式的に示している。各図においては、膜厚測定を行ったウエハWのうち、最下段のウエハWの膜厚分布を右端に表示し、順次、上段側のウエハWの膜厚分布が左側に表示されるように、膜厚分布の測定結果を並べてある。

【0064】

図8（a）に示した実施例の結果によれば、いずれの載置位置にて成膜されたS i O₂膜についても、ウエハWの中央側で膜厚が厚く、周縁側で薄くなる上に凸の膜厚分布が確認された。さらに、膜厚が最大となるウエハWの中央位置に着目して、各ウエハWの膜厚の変化を確認すると、ウエハポート2の上段側に保持されたウエハWの方が、下段側に保持されたウエハWよりも厚いS i O₂膜が形成されることが確認できた。この膜厚の変化は、ガスインジェクタ3からのH C Dガスの吐出流量の分布に対応している。一方で、膜厚分布の測定を行った5枚のウエハW間で、膜厚の最大値のばらつきは、最大でも2倍以内の範囲に収まった。

【0065】

これに対して図8（b）に示した比較例の結果においても、すべてのウエハWにおいて、中央側で膜厚が厚く、周縁側で薄くなる上に凸の膜厚分布を有するS i O₂膜が成膜された。そして、ウエハWの膜厚（ウエハWの中央位置における膜厚の最大値）は、ウエハポート2の下段側に保持されたウエハWの方が、上段側に保持されたウエハWよりも厚い

10

20

30

40

50

SiO₂膜が形成されていることが確認された。この膜厚の変化は、従来型のガスインジェクタ4からのHCDガスの吐出流量の分布に対応している。さらには、膜厚分布の測定を行った5枚のウエハW間で、膜厚の最大値のばらつきは、2倍以上に広がっていた。

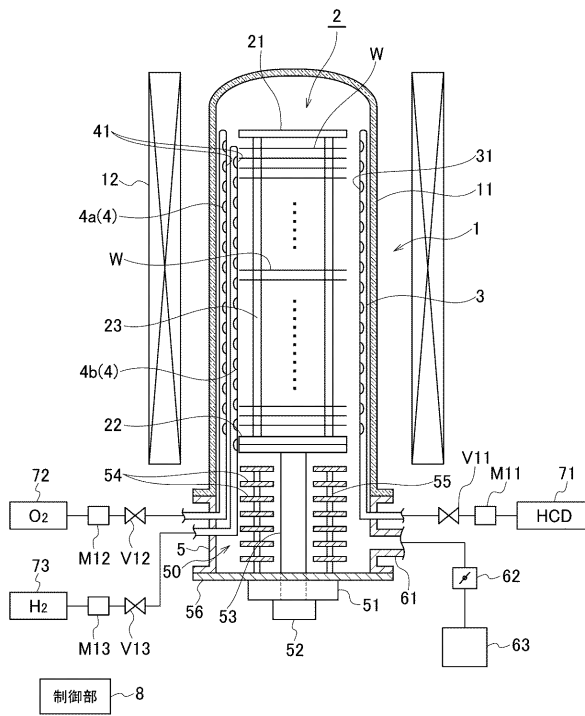
以上の実験結果を踏まえると、実施の形態に係るガスインジェクタ3を利用してHCDガスを供給することにより、従来のガスインジェクタ4を用いる場合と比較して、ウエハポート2に保持されたウエハWに成膜される膜の膜厚分布を面間で揃えることができると評価できる。

【符号の説明】

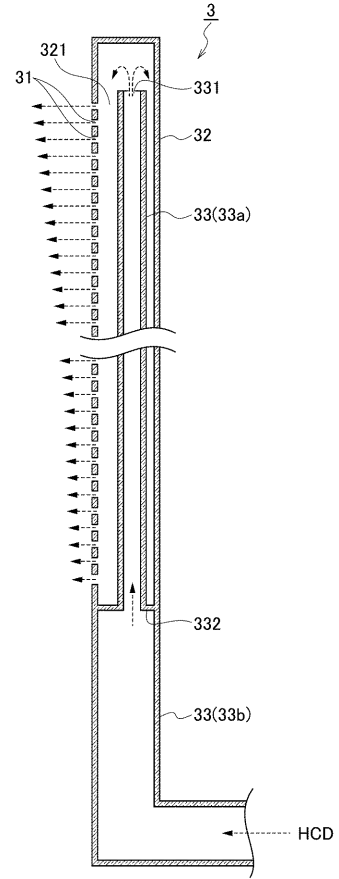
【0066】

W	ウエハ	10
1	反応容器	
1 2	加熱部	
2	ウエハポート	
3、3 a ~ 3 e	ガスインジェクタ	
3 1	ガス供給孔	
3 2	インジェクタ本体	
3 2 1	内部空間	
3 3	ガス導入管	
	ガス導入口	20
4、4 a、4 b	ガスインジェクタ	
6 3	真空排気部	
7 1	HCDガス供給源	
7 2	酸素ガス供給源	
7 3	水素ガス供給源	
8	制御部	

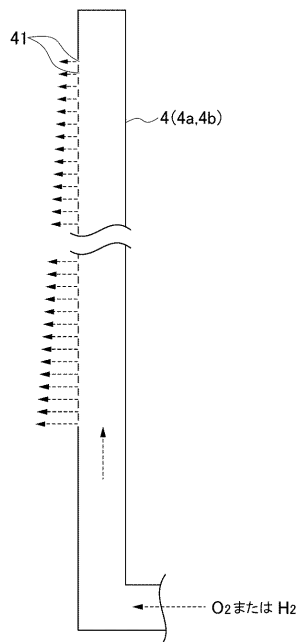
【図1】



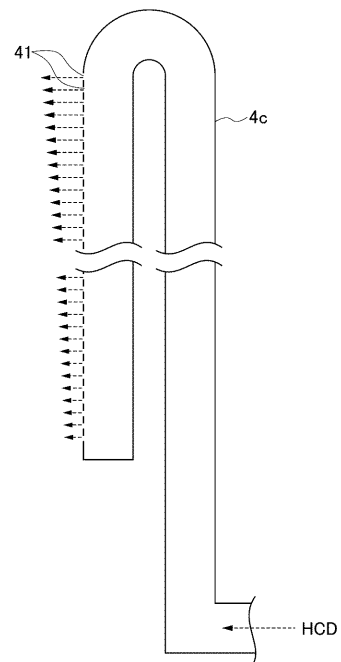
【図2】



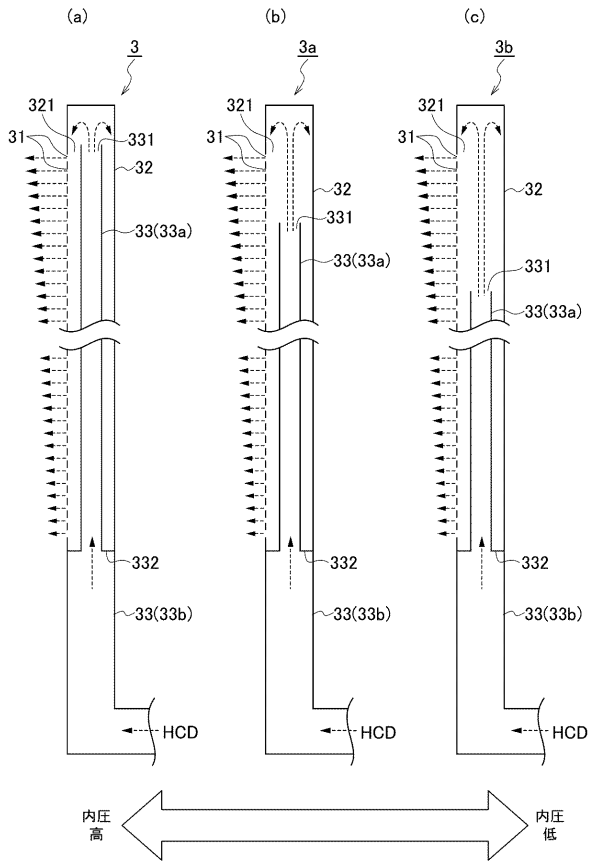
【図3】



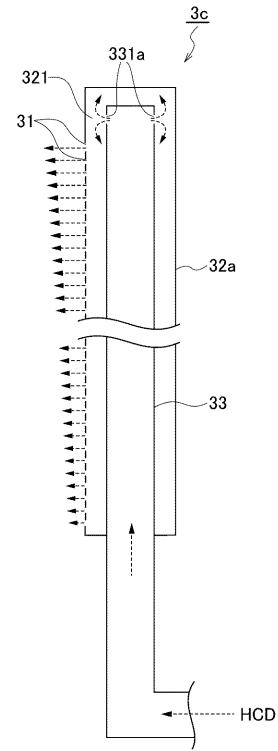
【図4】



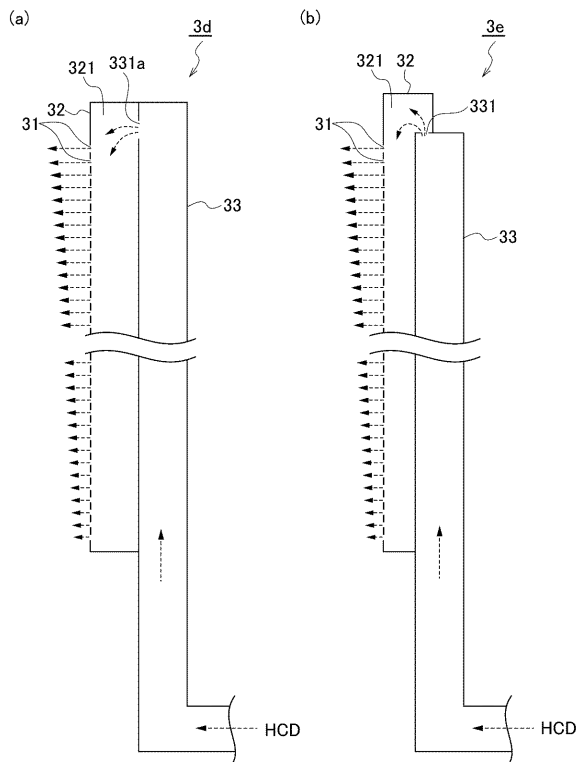
【図5】



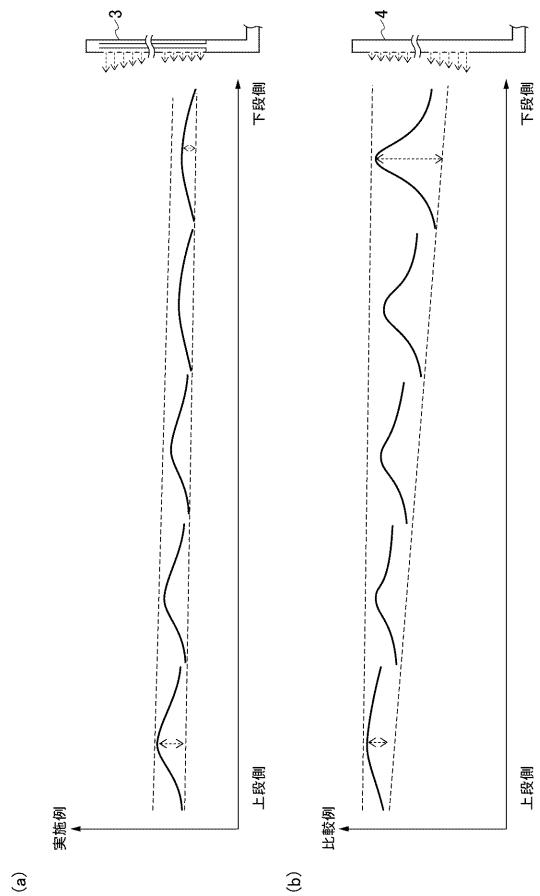
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 啓介

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 佐藤 靖史

(56)参考文献 特開2004-363142(JP,A)

特開平04-006825(JP,A)

特開2001-102306(JP,A)

米国特許第06146461(US,A)

特開2015-138913(JP,A)

特開2004-006898(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/31

C23C 16/455

C23C 16/46

H01L 21/316