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

特許第3959145号

(P3959145)

(45)発行日　平成19年8月15日(2007.8.15)　(24)登録日　平成19年5月18日(2007.5.18)

(51)Int.Cl.		F I		
H05H 1/46	(2006.01)	H05H	1/46	L
C23C 16/50	(2006.01)	C23C	16/50	
C23F 4/00	(2006.01)	C23F	4/00	A
H01L 21/205	(2006.01)	H01L	21/205	
H01L 21/3065	(2006.01)	H01L	21/302	101C

請求項の数 5　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平9-49888
(22)出願日　平成9年2月18日(1997.2.18)
(65)公開番号　特開平9-237698
(43)公開日　平成9年9月9日(1997.9.9)
審査請求日　平成13年7月6日(2001.7.6)
(31)優先権主張番号　605697
(32)優先日　平成8年2月22日(1996.2.22)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　504199127
フリースケール　セミコンダクター　インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　７８７３５　テキサス州　オースティン　ウィリアム　キャノン　ドライブ　ウエスト　６５０１
(74)代理人　100083574
弁理士　池内　義明
(74)代理人　100116322
弁理士　桑垣　衛
(72)発明者　マイケル・ジェイ・ハーティング
アメリカ合衆国テキサス州オースチン、ハロー・クリーク・ドライブ１１２７－ビー

最終頁に続く

(54)【発明の名称】誘導結合プラズマ・リアクタとその方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

半導体装置を作成する方法であって：

第１プラズマ発生領域と第２プラズマ発生領域とを有する誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）を準備する段階であって、前記第１プラズマ発生領域の周縁部を前記第２プラズマ発生領域が囲む、ところの段階；

前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内に半導体基板（２８）を配置する段階；

前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて、前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階であって、前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に発生する段階は、前記第１プラズマ発生領域に関連する第１ソレノイドＲＦコイル（５４）に電力を印加する段階および前記第２プラズマ発生領域に関連する第２ソレノイドＲＦコイル（５６）に電力を印加する段階を含み、前記第２ソレノイドＲＦコイル（５６）は前記第１ソレノイドＲＦコイル（５４）を囲む、ところの段階；および

前記プラズマ（３０）を用いて前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内で前記半導体基板（２８）を処理する段階；

を具備することを特徴とする方法。

【請求項２】

半導体装置を作成する方法であって：

第１プラズマ発生領域と第２プラズマ発生領域とを有する誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）を準備する段階であって、前記第１プラズマ発生領域および前記第２プラズマ発生領域は同心的であり、前記第１プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するための電力は第１電源から給電されかつ前記第２プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するための電力は第２電源から給電される、ところの段階；

前記プラズマ・リアクタ（１０）内に半導体基板（２８）を配置する段階；

前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて、前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階であって、前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階は、さらに、第１ソレノイドＲＦコイル（５４）に前記第１電源からＲＦ電力を印加する段階および第２ソレノイドＲＦコイル（５６）に前記第２電源からＲＦ電力を印加する段階を含み、前記第２ソレノイドＲＦコイル（５６）は第１ソレノイドＲＦコイル（５４）を囲む、ところの段階；および

前記プラズマ（３０）を用いて、前記プラズマ・リアクタ（１０）内で前記半導体基板（２８）を処理する段階；

を具備することを特徴とする方法。

【請求項３】

半導体装置を作成する方法であって：

第１プラズマ発生領域と第２プラズマ発生領域とを有する誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）を準備する段階であって、前記第１プラズマ発生領域および前記第２プラズマ発生領域は同心的であり、前記第１プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するための電力は第１電源から給電されかつ前記第２プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するための電力は第２電源から給電される、ところの段階；

前記プラズマ・リアクタ（１０）内に半導体基板（２８）を配置する段階であって、前記半導体基板（２８）はその上に形成された材料層を有する、ところの段階；

前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて、前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階であって、前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階は、さらに、第１ソレノイドＲＦコイル（５４）に前記第１電源からＲＦ電力を印加する段階および第２ソレノイドＲＦコイル（５６）に前記第２電源からＲＦ電力を印加する段階を含む、ところの段階であって：

前記第１電源からＲＦ電力を前記第１ソレノイドＲＦコイルに印加する段階は前記第１電源から前記第１ソレノイドＲＦコイルに電流を供給する段階を含み、前記第１ソレノイドＲＦコイルに供給される電流は処理ガスと誘導的に結合して前記第１プラズマ発生領域にプラズマを発生し；かつ

前記第２電源からＲＦ電力を前記第２ソレノイドＲＦコイルに印加する段階は前記第２電源から前記第２ソレノイドＲＦコイルに電流を供給する段階を含み、前記第２ソレノイドＲＦコイルに供給される電流は処理ガスと誘導的に結合して前記第２プラズマ発生領域にプラズマを発生する、ところの段階；および

前記プラズマ（３０）を用いて前記材料層をエッチングする段階；

を具備することを特徴とする方法。

【請求項４】

半導体装置を作成する方法であって：

第１プラズマ発生領域と第２プラズマ発生領域とを有する誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）を準備する段階であって、前記第１プラズマ発生領域および前記第２プラズマ発生領域は同心的であり、前記第１プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するための電力は第１電源から給電されかつ前記第２プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するための電力は第２電源から給電される、ところの段階；

前記プラズマ・リアクタ（１０）内に半導体基板（２８）を配置する段階；
前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて、前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階であって、前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階は、さらに、第１ソレノイドＲＦコイル（５４）に前記第１電源からＲＦ電力を印加する段階および第２ソレノイドＲＦコイル（５６）に前記第２電源からＲＦ電力を印加する段階を含む、ところの段階であって：
前記第１電源からＲＦ電力を前記第１ソレノイドＲＦコイルに印加する段階は前記第１電源から前記第１ソレノイドＲＦコイルに電流を供給する段階を含み、前記第１ソレノイドＲＦコイルに供給される電流は処理ガスと誘導的に結合して前記第１プラズマ発生領域にプラズマを発生し；かつ
前記第２電源からＲＦ電力を前記第２ソレノイドＲＦコイルに印加する段階は前記第２電源から前記第２ソレノイドＲＦコイルに電流を供給する段階を含み、前記第２ソレノイドＲＦコイルに供給される電流は処理ガスと誘導的に結合して前記第２プラズマ発生領域にプラズマを発生する、ところの段階；および
前記プラズマ（３０）を用いて前記半導体基板（２８）上に材料層を付着する段階；
を具備することを特徴とする方法。
【請求項５】
半導体装置を作成する方法であって：
第１プラズマ発生領域と第２プラズマ発生領域とが同心円上にあり、前記第１プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するためのＲＦ電力は第１ＲＦ電源から給電され、かつ前記第２プラズマ発生領域において誘導的にプラズマを発生するためのＲＦ電力は第２ＲＦ電源から給電され、前記第１プラズマ発生領域が第１ガス流量および第１ガス組成によって構成される第１ガス供給部を有し、前記第２プラズマ発生領域が第２ガス流量および第２ガス組成によって構成される第２ガス供給部を有する誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）を準備する段階；
前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内に半導体基板（２８）を配置する段階；
前記第１プラズマ発生領域と前記第２プラズマ発生領域とを用いて、前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内にプラズマ（３０）を誘導的に生成する段階；および
前記プラズマ（３０）を用いて前記誘導結合プラズマ・リアクタ（１０）内で前記半導体基板（２８）を処理する段階；
を具備することを特徴とする方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、一般にプラズマ処理技術に関し、さらに詳しくは、誘導結合高周波プラズマ・システムと、関連のエッチングおよび付着方法とに関する。
【０００２】
【従来の技術および発明が解決しようとする課題】
半導体装置技術が複雑になるにつれて、ますます多くの装置機能がますます小型化する装置形状内に組み込まれる。装置製造者は、高精度装置超大規模集積（ULSI）装置の製造に対する需要を満足するために高度な処理装置を必要とする。しかし、処理のコストは、処理装置が複雑化するにつれ増大し、装置の購入と維持に多くの費用がかかるようになる。製造コストの増大に対応するために、製造業者は集積回路装置が形成される半導体基板の寸法を大きくする。基板寸法を大きくすることにより、単位あたりの製造コストを下げることができる。今日では、８インチ以上の直径を有する半導体ウェハが最先端技術の製造設備では一般的である。ウェハ径を大きくすることにより、製造業者は、１つの基板上に多数の装置を製造することができるようになったが、径の大きな半導体ウェハに用いられる製造工程の均一性を制御するという難しい問題が起きている。

【０００３】
プラズマ・エッチング工程においては、多くの要因が半導体ウェハの表面上に付着された材料層のエッチングの均一性に影響を与える可能性がある。これらの要因には、プラズマ均一性，ウェハ表面におけるイオン・フラックスの均一性，エッチング・システムに対する反応ガスの供給およびウェハ表面全体の反応生成物の除去などがある。従来のプラズマ・エッチング・リアクタは、主に、プラズマを生成するための１つの電源と、処理ガスを導入するための１つの注入点とを有して設計される。システムの電源とガス供給を１つに制限することにより、径の大きなウェハ全体で処理のエッチング速度の均一性を最適にするためのエッチング・システムの能力は非常に小さくなる。たとえば、半導体ウェハの表面全体でエッチング工程を空間的に可変するための方法は実質的に存在しない。さらに、プラズマ・エッチング・システムには、部品配置の固定された処理チャンバが装備されるのが普通である。チャンバの設計は、半導体製造によく用いられる特定の薄膜材料のエッチング特性に影響を与えることがあるので、チャンバの設定によっては、エッチング・システムが１種類あるいはわずか数種類の材料しかエッチングできないことになる。
【０００４】
きわめて小さいフィーチャを有する半導体装置をエッチングするために、電子サイクロトロン共鳴（ECR: electron-cyclotron-resonance ）エッチングおよび誘導結合高周波プラズマ（ICP: inductively-coupled-plasma ）などの先進エッチング技術が開発された。これらのシステムは、ダイオード・システムが高密度プラズマを発生することができる圧力よりはるかに低い圧力で動作する。ECR およびICP エッチング・システムなどのシステムはまた、半導体基板を高い電界にさらさないことにより、従来のダイオード・エッチング・システムに比べても利点がある。基板をリアクタのプラズマ発生素子から分離することにより、イオン輸送効率とイオンの異方性を強化して、より多くの処理制御を行うことができる。
【０００５】
プラズマ付着技術においては、ウェハ径が大きくなるにつれて均一性に関する同様の制約が存在する。よりよい付着均一性は、きわめて低い動作圧力で得られるのが普通である。しかし、低圧では、均一の厚みを有する大径基板上に薄膜層を付着するために高密度プラズマが必要とされる。
【０００６】
現在のところ、大径の半導体基板に均一にエッチングおよび付着するためにプラズマを空間的に可変させる手段は、プラズマ・エッチング・システムでも、プラズマ付着システムでも不可能である。従って、大径の半導体ウェハ上に均一に材料層をエッチングするためには、リアクタ設計とエッチング処理技術の更なる開発が必要である。
【０００７】
【課題を解決するための手段】
本発明を実行するにあたり、誘導結合高周波プラズマ・リアクタと、誘導結合高周波プラズマ・リアクタを用いて材料層をエッチングまたは付着(deposit) するための方法とが提供される。本発明のプラズマ・リアクタは、反応チャンバ内に搭載された同軸多重コイル・プラズマ源を備える。プラズマ源は、半導体ウェハをその上に収納および支持するよう設定されたチャックと距離を隔てて配置される。プラズマ源は、それぞれが独立して制御されるガス源を有する複数のチャネルと、チャネルを囲んで独立して制御されるRFコイルとを備える。
【０００８】
動作中は、半導体ウェハがチャック上に置かれ、ガス制御システムが起動されてリアクタにプラズマ形成ガスを充填する。RF電力が独立RFコイルに印加され、チャンバ内でプラズマが加熱される。各チャネルを囲むコイル内のRF電力と周波数と、プラズマ源内の各チャネルから出るガスの流量およびガス組成とを調整することによりエッチングの均一性を制御しながら材料層がエッチングされる。同様に、プラズマ密度と組成とを空間的に制御しながら、材料層が基板上に付着される。プラズマ密度と組成を、半導体ウェハ表面の半径

距離に応じて独立して制御することにより、高精度で均一なエッチングおよび付着を行うことができる。

【０００９】

【実施例】

本発明は、プラズマ・リアクタ内でプラズマの密度と組成とを空間的に可変することのできる誘導結合高周波プラズマ・リアクタに関する。プラズマ密度および組成を空間的に変化させるには、可変数の凹設チャネルを有する同軸多重コイル誘導プラズマ源を設ける。各チャネルは、独立して給電されるRFコイルにより囲まれて、処理ガス・オリフィスを有する。処理ガスの流量と組成とがプラズマ源内の各チャネルで個別に可変することができるようにガス制御機構を設ける。本発明は、材料層を付着またはエッチングする方法も企図する。エッチング過程においては、半導体ウェハがプラズマ反応チャンバ内に装着されたチャック上に置かれる。チャックは、プラズマ源とは距離を隔てて装着され、半導体ウェハの中心がプラズマ源内の中央チャネルと対向するようにする。半導体ウェハをプラズマ源のチャネル構造に相対して配置することにより、プラズマ源により生成されるプラズマの密度と組成が変動するために、半導体ウェハ全体のエッチング速度が局部的に制御される。そのため、半導体ウェハの上にある材料層のエッチング速度を、半導体ウェハの直径全体にわたり個別に可変することができる。

【００１０】

付着過程においては、半導体ウェハをチャック上に置き、材料層を半導体ウェハ上に付着する。プラズマ源との位置的な相対関係のために、半導体ウェハの直径全体にわたってプラズマ密度と組成とを可変することにより、均一な厚みを持つ材料層を付着させることができる。

【００１１】

RF電力の密度および周波数の局所的制御と共に、処理ガスの流量および組成の局所的制御を通じて、本発明の誘導結合高周波プラズマ・リアクタにより、エッチング過程中に処理パラメータ制御の度合を高めることができる。さらに、本発明のリアクタと方法は、大径の基板上にある材料層のエッチング速度または厚みを高精度に制御する手段を提供する。従って、本発明により行われる局部的なプラズマ密度の制御を通じて、大径の半導体ウェハを均一に処理することができる。

【００１２】

図１には、ICP リアクタ１０を図示する。誘導結合高周波プラズマ・リアクタ１０は、チャック１４を収納する処理チャンバ１２を備える。プラズマ源１６は、処理チャンバ１２の上部に、チャック１４と対向位置に存在する。処理チャンバ１２には、RF電源システム１８からRF電力が供給される。後述されるように、RF電源システム１８には、それぞれが個別の電力レベルと周波数とで動作することのできる複数の独立したRF発電器が含まれる。処理チャンバ１２には、ガス供給システム２０からの処理ガスも供給される。後述されるように、ガス供給システム２０は、複数の独立したガス供給ライン内に、処理チャンバ１２に処理ガスを供給することができる。処理チャンバ１２内の真空は、真空システム２２により制御される。反応生成物および処理ガスは、真空パネル２４を通じて処理チャンバ１２から回収される。真空パネル２４は、好適な配置では、処理チャンバ１２内のチャック１４下方にあり、真空ライン２６に結合される。その他の処理チャンバの設計も可能であること、また異なる真空ポート構造も可能であることは、当業者には理解頂けよう。また、チャック１４の温度制御は冷却システム（図示せず）により行うことができる。液体または気体の冷媒を、チャック１４内に埋め込まれた冷却チャネルを通じて運ぶことができる。

【００１３】

動作中は、半導体ウェハ２８がチャック１４上に置かれ、処理ガスがガス供給システム２０から処理チャンバ１２内に導入される。真空システム２２により、所望の真空圧が処理チャンバ１２内で得られ、RF電源システム１８からRF電力が印加されてプラズマ３０を加熱する。プラズマ・エッチングの場合には、半導体ウェハ２８に対するプラズマ３０内の

電離種の衝突エネルギは、RFバイアス電源３２からチャック１４に対してRFバイアスをかけることによりさらに制御される。

【００１４】

図１に示されるように、プラズマ源１６は多数のチャネルを含み、各チャネルには個別のガス供給ライン３４，３５，３６によりガスが供給される。図２は、プラズマ源１６の一部分を分解断面図に示したものである。ガス供給ライン３６は、内部ガス・プレナム４０を通じて中央のチャネル３８に供給する。ガス・オリフィス４２は、中央のチャネル３８と内部ガス・プレナム４０との導通を行う。同様に、ガス供給ライン３５は、外部ガス・プレナム４６を通じて、第１チャネル４４に処理ガスを供給する。

【００１５】

処理ガスは、図３の上面図に示される、円形のプレナム・キャップ４０を通じて中央チャネル３８と第１チャネル４４とに分配される。プレナム・キャップ５０は、中央チャネル３８にガスを分配する内部ガス・プレナム４０を収納する。それに対応して、プレナム・キャップ５２は、外部ガス・プレナム４６にガスを分配する。ガス供給ライン３６は、その中央部で、プレナム・キャップ５０に付着される。ガス供給ライン３５は、図３に示されるように数多くの部位でプレナム・キャップ５２に取り付けることができる。同様に、ガス・オリフィス４３は、第１チャネル４４の円形の形状周囲の多くの位置に設けられる。

【００１６】

図２および図３に示されるように、第１チャネル４４は、中央チャネル３８と同心円上にある。本発明のある実施例においては、プラズマ源１６内の別のチャネルも、中央チャネル３８および第１チャネル４４と同心円上に配置される。たとえば、図１に図示される最も外側のチャネルは、第１チャネル４４と同心円上にある。連続的に同心円上に配置することにより、プラズマ３０の所望の度合の空間的制御に応じて、多くのチャネルをプラズマ源１６内に構成することができる。

【００１７】

図２に示されるように、中央のRFコイル５４は中央チャネル３８を囲む。さらに第１RFコイル５６が第１チャネル４４を囲む。中央RFコイル５４も第１RFコイル５６も、RF電源システム１８により個別に制御される。各RFコイルは、個別の電力レベルとRF周波数とを、囲まれたチャネル内の処理ガスに供給することができる。RFコイル５４，５６は、各チャネル内の処理ガスとは、誘電性ハウジング５８により隔てられる。RFコイル内を伝わる電流が、処理ガス種に誘導結合し、各チャネル内のプラズマを加熱する。各RFコイルに個別に給電し、各チャネルに個別に処理ガスを供給することにより、プラズマ源１６内の各チャネル内で、プラズマ密度と組成を個別に調整することができることを当業者は認識されよう。プラズマ源１６の同心円チャネル設計により、プラズマの密度と組成を局所的に可変することのできるかなりの度合の制御を行うことができるが、本発明により設計されるICP リアクタのその他の実施例を図４および図５に示す。半導体ウェハ２８に加えられるプラズマ条件は、プラズマ源１６の部分と半導体ウェハ２８の表面との間の隔離距離を可変することにより、さらに制御することができる。図４に示すように、中央チャネル３８は、半導体ウェハ２８に近接するが、第１チャネル４４は半導体ウェハ２８から縦方向に隔てられる。

【００１８】

図５に代替の構造を示す。本発明のこの実施例においては、中央チャネル３８は第１チャネル４４よりも長く、半導体ウェハ２８から縦方向に隔てられる。プラズマ源１６の部品とエッチングされている半導体ウェハとの間の縦方向の隔離距離を可変することにより、さらに制御がおこなわれ、半導体ウェハの表面全体でプラズマ条件を可変する。さらに、プラズマ条件の可変と、チャック１４に印加されるRFバイアスの度合の可変とを組み合わせると、半導体ウェハ２８に対するイオン衝突をはるかに高精度に制御することができる。

【００１９】

本発明のさらに別の実施例においては、プラズマ源１６内の各コイルの外側にRFシールドを配置する。図５に示されるように、中央のRFシールド６０は、中央RFコイル５４を囲み、第１RFシールド６２は第１RFコイル５６を囲む。RFシールド６０，６２により、プラズマ源１６内で個別に給電されるコイル間のRF干渉が最小限に抑えられる。RFシールドは、アルミニウムなどの導電性材料から構築するか、あるいはフェライト材料などの高透磁性強磁性材料から構築することができる。

【００２０】

構築材料を適切に選択することにより、RFシールド６０，６２は、磁界をシールドが囲むRFコイルの直近領域にとどめることにより、各チャネル内の磁界を強化することができる。図５の特定のICP リアクタの実施例においてはシールド６０，６２が図示されるが、シールド６０，６２は、本発明により企図される任意のプラズマ源構造内に同様に組み込むことができることを当業者には理解頂けよう。

【００２１】

半導体基板上の材料層のエッチングに適用される本発明のICP リアクタの工程制御機能について説明する。図６には、半導体ウェハ２８の一般的描写の上面図が示される。半導体ウェハ２８は、半径「R 」と周縁「P 」を特徴とする全体に円形の幾何学形状を有する。半導体ウェハ２８は、半導体ウェハ２８の表面上に配置され、半径距離により特定される複数の位置６４によりさらに特徴化することができる。半径距離は、ゼロから周縁P の半径距離まで可変する。

【００２２】

図７は、半導体ウェハ２８の一部分の断面図である。材料層６６が、半導体ウェハ２８の表面上を覆う。本発明の方法は、集積回路装置の製造に通常用いられる多くの異なる種類の材料の除去を企図する。たとえば、材料層６６は、多結晶シリコンなどの半導体材料または屈折金属ケイ化物などとすることができる。また、材料層６６は、アルミニウム，シリコンとのアルミニウム合金，シリコンおよび銅とのアルミニウム合金，元素銅などの導電性材料とすることができる。さらに、材料層６６は、二酸化シリコン，窒化シリコン，酸窒化シリコン，酸窒化ホウ素などの誘電性材料でもよい。

【００２３】

本発明を実現するにあたり、材料層６６が半導体材料の場合は、塩素，塩化水素，塩素化含ハロゲン炭素化合物，フッ素およびフッ化化合物，クロロフルオロカーボン，臭素，臭化水素，ヨウ素，ヨウ化水素などのハロゲンおよびハロゲン化処理ガスと、それらの混合物とを材料のエッチングに用いることができる。また、材料層６６が誘電性材料の場合は、フッ素，フッ化水素，フッ素化含ハロゲン炭素化合物などとそれらの混合物とを用いることができる。材料層６６が導電性材料の場合は、処理ガスとしては、フッ素化化合物並びに塩素および塩素化臭素化合物がある。

【００２４】

材料層６６のエッチングを実行するために、半導体ウェハ２８は、図６および図７で「C 」と示される中心点が、プラズマ源１６内の中央チャネル３８とほぼ縦方向に整合するようにICP リアクタ１０のチャック１４上に配置される。半導体ウェハ２８がプラズマ源１６の同心円チャネルと位置的に整合されると、半導体基板２８全体の位置６４における局所的なエッチング速度は、プラズマ源１６により生成される空間的に可変するプラズマ条件により個別に制御することができる。この方法で、材料層６６のエッチング速度の半径方向の制御が行われ、周縁部P に近い材料層６６は、中心点C における材料層６６の部分と、半導体ウェハ２８全体の各所６４における材料層６６の部分と同時にエッチングされる。

【００２５】

プラズマ付着の場合には、材料層６６などの材料層が半導体ウェハ２８上に付着される。付着するためには、処理ガスをガス供給システム２０から処理チャンバ１２内に導入して、これによりプラズマ誘導反応が起こり、半導体ウェハ２８上に薄膜層を形成する。たとえば、多結晶シリコンなどの半導体材料を付着しようとする場合は、シランなどのシリコ

ン含有ガスまたはジクロロシランなどのハロゲン化シランを導入する。二酸化シリコンまたは窒化シリコンなどの誘電性材料を付着しようとする場合は、テトラエチルオルトシラン（TEOS），ハロゲン化シランおよびアンモニアなどの処理ガスを導入することができる。さらに、屈折金属または屈折金属ケイ化物材料などは、屈折金属含有ガスを導入することにより付着することができる。

【００２６】

上記の説明はICP リアクタ１０において材料層をエッチングまたは付着するために本発明により利用することのできる多くの異なる種類の処理ガスの代表的なものに過ぎないことを当業者には理解頂けよう。本発明は、ICP リアクタ内で形成することのできる任意の、すべての材料の付着およびエッチングを企図するものである。

【００２７】

材料層６６の付着を実行するには、半導体ウェハ２８は、図６および図７で「C 」と示される中心点が、プラズマ源１６内の中央チャネル３８とほぼ縦方向に整合するようにICP リアクタ１０のチャック１４上に配置される。半導体ウェハ２８がプラズマ源１６の同心円チャネルと位置的に整合されると、半導体基板２８全体の位置６４における局所的な付着速度は、プラズマ源１６により生成される空間的に可変するプラズマ条件により個別に制御することができる。この方法で、材料層６６の付着速度の半径方向の制御が行われ、周縁部P に近い材料層６６は、中心点C における材料層６６の部分と、半導体ウェハ２８全体の各所６４における材料層６６の部分と同時に形成される。

【００２８】

当業者は、あまり苦労せずに本発明を実行することができ、本発明の動作上の利点を充分に認識することができると思われる。従って、以下の例は本発明を単に説明するに過ぎず、いかなる意味でも本発明を制限するものではない。

例I

半導体基板２８は、まず化学蒸着工程を経て、その上に材料層６６を付着させる。半導体基板２８は、次にICP リアクタ１０内のチャック１４上に置かれる。処理ガスは、エッチングされる材料層の組成に応じて選択される。たとえば、材料層６６が多結晶シリコンの場合は、塩素などのハロゲン・ガスおよび塩化水素および臭化水素などの水素化ハロゲンガスが、不活性ガス希釈液と共に導入される。ガス供給システム２０からの総ガス流量は４０ないし２００sccmの値に調整され、真空システム２２は、処理チャンバ１２内で約１ないし１０ミリトールの処理圧力を得るように調整される。次にRF電源システム１８から、プラズマ源１６内のRFコイル５４，５６にRF電力が印加される。好ましくは、約１００ないし５０００ワットのRFがRFコイル５４，５６に印加される。さらに、約０ないし５０００ワットのRFがRFバイアス電源３２からチャック１４に印加される。その後、材料層のプラズマ・エッチングが実行されて完了する。

例II

半導体基板２８が、ICP リアクタ１０内のチャック１４上に置かれる。処理ガスは、付着される材料層の組成に応じて選択される。たとえば、材料層６６がエピタキシャル・シリコンの場合は、水素およびシランが、約３：１の流量比で処理チャンバ１２内に導入される。ガス供給システム２０からの総ガス流量は約４０sccmの値に調整され、真空システム２２は、処理チャンバ１２内で約１ないし２５ミリトールの処理圧力を得るように調整される。次にRF電源システム１８から、プラズマ源１６内のRFコイル５４，５６にRF電力が印加される。好ましくは、約５００ないし１５００ワットのRFが、約１３．５６MHz の周波数でRFコイル５４，５６に印加される。さらに、チャック１４を摂氏約４００ないし７００度の温度に維持しながら、約０ないし－６０ボルトの直流をチャック１４に印加する。その後、材料層のプラズマ付着が実行されて完了する。

以上、本発明により上記の利点を完全に満足する誘導結合高周波プラズマ・リアクタおよび材料層のエッチング方法が提供されたことは明らかである。本発明は、特定の図例を参照して説明および図示されたが、本発明をこれらの図例に制限する意図はない。本発明の精神から逸脱することなく変形および改良が可能であることは当業者には認識頂けよう。

たとえば、本発明は、ゲート電極，電気接触，電気相互接続部などの種々の装置構造を作成する目的であらかじめ規定されたリソグラフィック・パターンを有する材料層のエッチングを企図する。さらに、本発明は、半導体装置内に薄膜層を形成するために用いられる広範囲の材料の付着またはエッチングを行うために、多くの異なる種類の化学薬品を用いる。従って、本発明は、添付の請求項およびその等価物の範囲に入るこれらすべての変形および修正を包含するものである。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明のある実施例により配置された誘導結合高周波プラズマ・リアクタの概略図である。

【図２】本発明により配置されたプラズマ源の一部分の断面図である。

【図３】本発明のプラズマ源に処理ガスを送るのに適したガス・プレナムの上面図である。

【図４】図１に図示された誘導結合高周波プラズマ・リアクタに用いられるプラズマ源の代替の実施例の断面図である。

【図５】図１に図示される誘導結合高周波プラズマ・リアクタで用いられるのに適したプラズマ源のさらに別の実施例の断面図である。

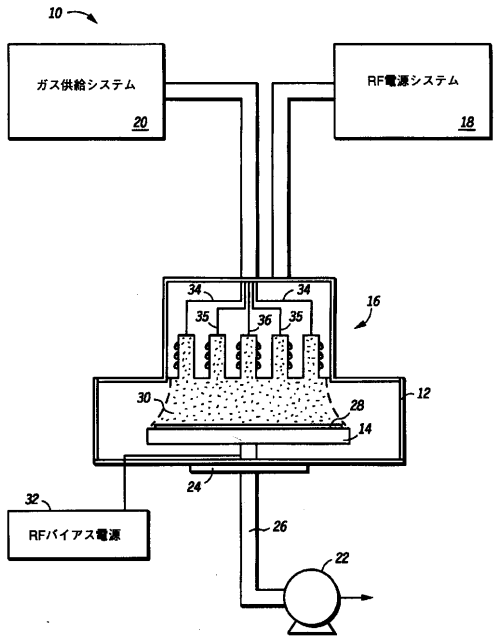
【図６】半導体ウェハの一般的描写の上面図である。

【図７】本発明の誘導結合高周波プラズマ・リアクタ内でエッチングされる上部材料層を有する半導体ウェハの一部分の断面図である。説明を簡素に明瞭にするために、図面内に示される要素は、必ずしも同尺で描かれているわけではないことを理解頂きたい。たとえば、いくつかの要素の寸法は、互いに誇張されている。さらに、適切と思われる場合には、対応する要素を示すために図面内で参照番号が反復して用いられる。

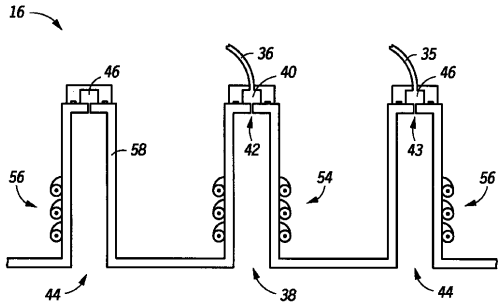
【符号の説明】

１０　誘導結合高周波プラズマ・リアクタ
１２　処理チャンバ
１４　チャック
１６　プラズマ源
１８　RF電源システム
２０　ガス供給システム
２２　真空システム
２４　真空パネル
２６　真空ライン
２８　半導体ウェハ
３０　プラズマ
３２　RFバイアス電源
３４，３５，３６　ガス供給ライン

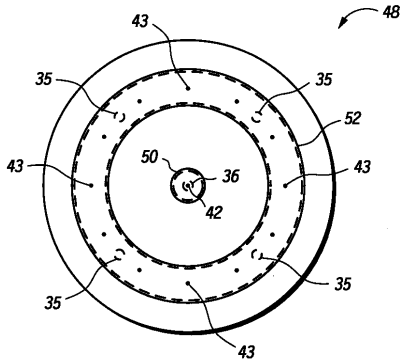
【図１】



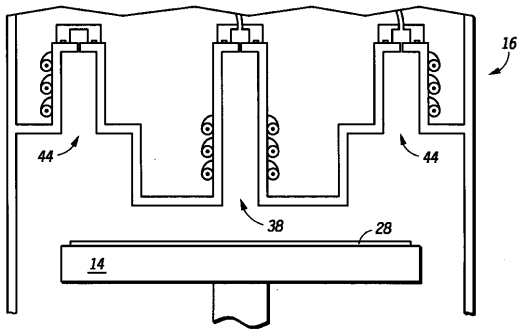
【図２】



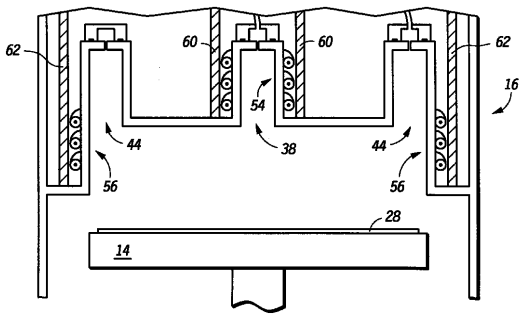
【図３】



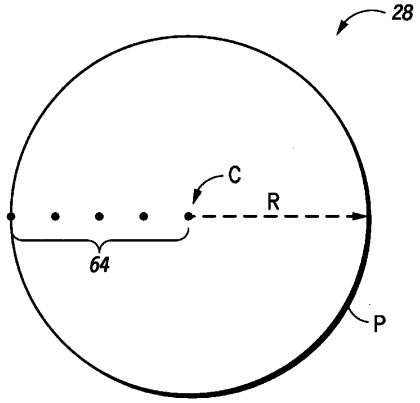
【図４】



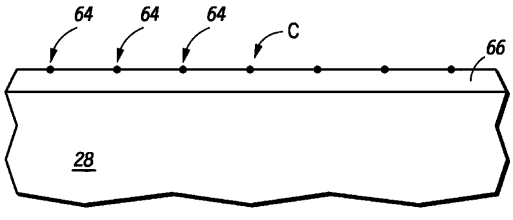
【図５】



【図６】



【図７】



フロントページの続き

(72)発明者　ジョン・シー・アーノルド
アメリカ合衆国テキサス州オースチン、サリー・ヒル・ドライブ１６０３

審査官　村田　尚英

(56)参考文献　特開平０３－０９４４２２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０２２３２２（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２８８２５９（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１３５０９３（ＪＰ，Ａ）
特開平０１－１８４９２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H05H　1/46
C23C　16/50
H01L　21/3065