(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2012-144751
(P2012-144751A)
(43)公開日　平成24年8月2日(2012.8.2)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
C23C 14/34	(2006.01)	C23C 14/34	T	4K029
C23C 14/06	(2006.01)	C23C 14/06	N	

審査請求 未請求　請求項の数 28　ＯＬ　（全 13 頁）

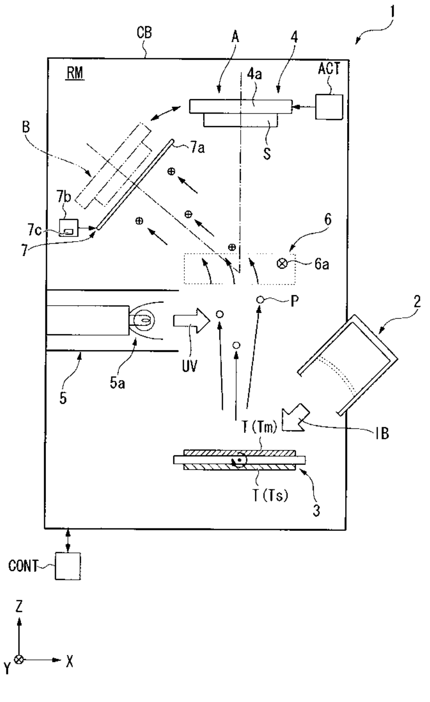
(21)出願番号　特願2011-1500(P2011-1500)
(22)出願日　平成23年1月6日(2011.1.6)

(71)出願人　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区有楽町１丁目１２番１号
(74)代理人　100064908
弁理士　志賀　正武
(74)代理人　100108578
弁理士　高橋　詔男
(74)代理人　100107836
弁理士　西　和哉
(72)発明者　神高　典明
東京都千代田区有楽町一丁目１２番１号
株式会社ニコン内

Ｆターム(参考)　4K029 BA11 BA35 BB02 BD09 CA05 DC00 DC16 DC37 EA06 JA01 JA02

(54)【発明の名称】成膜装置及び成膜方法

(57)【要約】
【課題】界面拡散を抑えつつ基板上に薄膜を形成すること。
【解決手段】基板上に薄膜を形成する成膜装置であって、薄膜を構成する物質のスパッタ粒子を基板に向けて放出する放出部と、放出されたスパッタ粒子のうち少なくとも一部を帯電させる帯電部と、帯電した状態で基板に到達するスパッタ粒子の運動エネルギーの大きさを調整する調整部とを備える。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
基板上に薄膜を形成する成膜装置であって、
前記薄膜を構成する物質のスパッタ粒子を前記基板に向けて放出する放出部と、
放出された前記スパッタ粒子のうち少なくとも一部を帯電させる帯電部と、
帯電した状態で前記基板に到達する前記スパッタ粒子の運動エネルギーの大きさを調整する調整部と
を備える成膜装置。
【請求項２】
前記帯電部は、前記スパッタ粒子に対して所定の波長を有する光を照射する光照射部を有する
請求項１に記載の成膜装置。
【請求項３】
前記帯電部は、前記スパッタ粒子に対して電子を照射する電子線照射部を有する
請求項１又は請求項２に記載の成膜装置。
【請求項４】
前記調整部は、前記基板上の空間に電場を発生させる電場発生部を有する
請求項１から請求項３のうちいずれか一項に記載の成膜装置。
【請求項５】
前記電場発生部は、前記基板の電位を調整する電位調整部を有する
請求項４に記載の成膜装置。
【請求項６】
前記電位調整部は、
前記基板に対して前記空間を挟んで配置されたグリッド電極と、
前記基板と前記グリッド電極との間に電圧を印加する電圧印加部と
を有する
請求項５に記載の成膜装置。
【請求項７】
前記調整部は、前記基板上の空間に磁場を発生させる磁場発生部を有する
請求項１から請求項６のうちいずれか一項に記載の成膜装置。
【請求項８】
放出された前記スパッタ粒子のうち帯電した状態の前記スパッタ粒子を選別する選別部を更に備える請求項１から請求項７のうちいずれか一項に記載の成膜装置。
【請求項９】
前記選別部は、帯電した状態の前記スパッタ粒子の移動方向を、帯電した状態とは異なる状態の前記スパッタ粒子の移動方向とは異なる方向に変更する移動方向変更部を有し、
前記移動方向変更部によって変更された前記スパッタ粒子の前記移動方向上の第一位置に前記基板を移動させる基板移動部を更に備える
請求項８に記載の成膜装置。
【請求項１０】
前記移動方向変更部は、帯電した状態の前記スパッタ粒子の移動経路に電場を発生させる第二電場発生部を有する
請求項９に記載の成膜装置。
【請求項１１】
前記移動方向変更部は、帯電した状態の前記スパッタ粒子の移動経路に磁場を発生させる第二磁場発生部を有する
請求項９又は請求項１０に記載の成膜装置。
【請求項１２】
前記基板移動部は、
前記第一位置と、帯電した状態の前記スパッタ粒子とは異なる前記スパッタ粒子の移動

方向上の第二位置と、の間で前記基板を移動可能である
請求項９から請求項１１のうちいずれか一項に記載の成膜装置。
【請求項１３】
前記基板に形成された前記薄膜上に積層される第二薄膜を構成する物質の第二スパッタ粒子を前記基板に向けて放出する第二放出部を更に備え、
前記基板移動部は、前記第一位置と、前記第二位置と、前記第二スパッタ粒子の移動方向上の第三位置と、の間で前記基板を移動可能である
請求項１２に記載の成膜装置。
【請求項１４】
前記第二薄膜は、シリコンを含む
請求項１３に記載の成膜装置。
【請求項１５】
前記薄膜は、モリブデンを含む
請求項１から請求項１４のうちいずれか一項に記載の成膜装置。
【請求項１６】
基板上に薄膜を形成する成膜方法であって、
前記薄膜を構成する物質のスパッタ粒子を前記基板に向けて放出する放出ステップと、
放出された前記スパッタ粒子のうち少なくとも一部を帯電させる帯電ステップと、
帯電した状態で前記基板に到達する前記スパッタ粒子の運動エネルギーの大きさを調整する調整ステップと
を含む成膜方法。
【請求項１７】
前記帯電ステップは、前記スパッタ粒子に対して所定の波長を有する光を照射することを含む
請求項１６に記載の成膜方法。
【請求項１８】
前記帯電ステップは、前記スパッタ粒子に対して電子を照射することを含む
請求項１６又は請求項１７に記載の成膜方法。
【請求項１９】
前記調整ステップは、前記基板上の空間に電場を発生させる電場発生ステップを含む
請求項１６から請求項１８のうちいずれか一項に記載の成膜方法。
【請求項２０】
前記電場発生ステップは、
前記基板の電位を調整することを含む
請求項４に記載の成膜方法。
【請求項２１】
前記基板の電位を調整することは、
前記基板と、前記基板に対して前記空間を挟んで配置されたグリッド電極と、の間に電圧を印加することを含む
請求項２０に記載の成膜方法。
【請求項２２】
前記調整ステップは、前記基板上の空間に磁場を発生させることを含む
請求項１６から請求項２１のうちいずれか一項に記載の成膜方法。
【請求項２３】
前記放出ステップで放出された前記スパッタ粒子のうち帯電した状態の前記スパッタ粒子を選別する選別ステップ
を更に含む請求項１６から請求項２２のうちいずれか一項に記載の成膜方法。
【請求項２４】
前記選別ステップは、帯電した状態の前記スパッタ粒子の移動方向を、帯電した状態とは異なる状態の前記スパッタ粒子の移動方向とは異なる方向に変更する移動方向変更ステ

ップを含み、
　前記移動方向変更ステップにおいて変更された前記スパッタ粒子の前記移動方向上の第一位置に前記基板を移動させる基板移動ステップを更に含む
　請求項２３に記載の成膜方法。
【請求項２５】
　前記移動方向変更ステップは、帯電した状態の前記スパッタ粒子の移動経路に電場を発生させることを含む
　請求項２４に記載の成膜方法。
【請求項２６】
　前記移動方向変更ステップは、帯電した状態の前記スパッタ粒子の移動経路に磁場を発生させることを含む
　請求項２４又は請求項２５に記載の成膜方法。
【請求項２７】
　前記基板移動ステップは、
　前記第一位置と、帯電した状態の前記スパッタ粒子とは異なる前記スパッタ粒子の移動方向上の第二位置と、の間で前記基板を移動させることを含む
　請求項２４から請求項２６のうちいずれか一項に記載の成膜方法。
【請求項２８】
　前記基板に形成された前記薄膜上に積層される第二薄膜を構成する物質の第二スパッタ粒子を前記基板に向けて放出する第二放出ステップを更に含み、
　前記基板移動ステップは、前記第一位置と、前記第二位置と、前記第二スパッタ粒子の移動方向上の第三位置と、の間で前記基板を移動させることを含む
　請求項２７に記載の成膜方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
　本発明は、成膜装置及び成膜方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
　半導体集積回路の製造方法として、高い処理速度が得られる縮小投影露光が広く利用されている。近年では、半導体集積回路素子の微細化の進展に伴い、光の回折限界によって制限される光学系の解像力を向上させるため、従来の紫外線に代わって、これより波長の短い波長１１～１４ｎｍ程度の軟Ｘ線（Ｅｘｔｒｅｍｅ　ＵｌｔｒａＶｉｏｌｅｔ：極紫外線）を使用したリソグラフィ技術（以下、ＥＵＶリソグラフィと表記する）が開発されている。ＥＵＶリソグラフィは、従来の光リソグラフィ（波長１９０ｎｍ程度以上）では実現不可能な、５０ｎｍ以下の解像力を有する将来のリソグラフィ技術として期待されている。
【０００３】
　可視光あるいは紫外光を利用した縮小投影露光光学系では透過型の光学素子であるレンズが使用でき、高い解像度が求められる縮小投影光学系は数多くのレンズによって構成されている。これに対し、極紫外線はほとんどの物質に吸収されるため、ＥＵＶリソグラフィにおける光学系は反射鏡を用いる必要がある。反射鏡に設けられる光反射膜として、例えばＭｏ／Ｓｉ多層膜を用いた構成が知られている（例えば、特許文献１参照）。従来、例えばスパッタ法によってＭｏ／Ｓｉ多層膜を製造する例が知られている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２００２－３２３５９９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】

【０００５】
　スパッタ成膜によってＭｏ／Ｓｉ多層膜を形成する場合、Ｍｏ層とＳｉ層との間の界面拡散を抑えることが必要である。スパッタ粒子は数～数十電子ボルト（ｅＶ）のエネルギー、つまり、熱エネルギーに換算すると数万度に対応するエネルギーを有しており、このような高エネルギーのスパッタ粒子が成膜面に到達すると、既に成膜面に存在する原子との間でミキシングが生じる。ミキシングが生じると、Ｍｏ層とＳｉ層との間に界面拡散層が形成されてしまい、光反射膜としての反射率を低下させる要因となる。
【０００６】
　以上のような事情に鑑み、本発明は、界面拡散を抑えつつ基板上に薄膜を形成することが可能な成膜装置及び成膜方法を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
　本発明の第一の態様に従えば、基板上に薄膜を形成する成膜装置であって、薄膜を構成する物質のスパッタ粒子を基板に向けて放出する放出部と、放出されたスパッタ粒子のうち少なくとも一部を帯電させる帯電部と、帯電した状態で基板に到達するスパッタ粒子の運動エネルギーの大きさを調整する調整部とを備える成膜装置が提供される。
【０００８】
　本発明の第二の態様に従えば、基板上に薄膜を形成する成膜方法であって、薄膜を構成する物質のスパッタ粒子を基板に向けて放出する放出ステップと、放出されたスパッタ粒子のうち少なくとも一部を帯電させる帯電ステップと、帯電した状態で基板に到達するスパッタ粒子の運動エネルギーの大きさを調整する調整ステップとを含む成膜方法が提供される。
【発明の効果】
【０００９】
　本発明の態様によれば、界面拡散を抑えつつ基板上に薄膜を形成することが可能な成膜装置及び成膜方法を提供することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１０】
【図１】本発明の第一実施形態に係る成膜装置の構成を示す模式図。
【図２】本実施形態に係る成膜装置の一動作を示す図。
【図３】本実施形態に係る成膜装置の一動作を示す図。
【図４】本発明の第二実施形態に係る成膜装置の構成を示す模式図。
【図５】本実施形態に係る成膜装置の他の構成を示す図。
【図６】本発明の第三実施形態に係る成膜装置の構成を示す模式図。
【図７】本実施形態に係る成膜装置の他の構成を示す図。
【発明を実施するための形態】
【００１１】
　以下、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。
　［第一実施形態］
　図１は、本発明の第一実施形態に係る成膜装置の構成を示す模式図である。
　図１に示すように、成膜装置１は、イオンビームＩＢを用いてターゲットＴを励起させ、基板Ｓ上に薄膜を形成するスパッタリング装置である。
【００１２】
　以下の説明においては、ＸＹＺ直交座標系を設定し、このＸＹＺ直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。水平面内の所定方向をＸ軸方向、水平面内においてＸ軸方向と直交する方向をＹ軸方向、Ｘ軸方向及びＹ軸方向のそれぞれと直交する方向（鉛直方向）をＺ軸方向とする。また、Ｘ軸、Ｙ軸、及びＺ軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、θＸ、θＹ、及びθＺ方向とする。
【００１３】
　成膜装置１は、チャンバー装置ＣＢを有している。チャンバー装置ＣＢは、例えば工場

などの床面に載置されて用いられる。チャンバー装置ＣＢは、圧力調整が可能な収容室ＲＭを有している。収容室ＲＭには、イオンビームＩＢを射出するイオン源２と、ターゲットＴを保持するターゲットホルダ３と、基板Ｓを保持する基板ホルダ４と、スパッタ粒子Ｐに紫外線ＵＶを照射して帯電させる紫外線照射部５と、帯電した状態のスパッタ粒子Ｐを選別する選別部６と、帯電した状態で基板Ｓに到達するスパッタ粒子Ｐの運動エネルギーの大きさを調整する調整部７と、が設けられている。また、成膜装置１は、上記各部を統括的に制御する制御装置ＣＯＮＴを有している。

【００１４】

イオン源２は、ターゲットホルダ３に保持されたターゲットＴに向けてイオンビームＩＢを射出する。ターゲットホルダ３は、板状に形成されたターゲット保持部材３ａを有している。ターゲット保持部材３ａの両面には、ターゲットＴとして、それぞれモリブデンターゲットＴｍとシリコンターゲットＴｓとが保持されている。ターゲット保持部材３ａは、θＹ方向に回転可能に設けられている。ターゲット保持部材３ａがθＹ方向に１８０°ずつ回転することで、モリブデンターゲットＴｍとシリコンターゲットＴｓとがそれぞれ＋Ｚ方向に向けられるようになっている。

【００１５】

基板ホルダ４は、基板Ｓを保持する基板保持部材４ａを有している。基板保持部材４ａは、基板移動部ＡＣＴに接続されている。基板保持部材４ａは、基板移動部ＡＣＴにより、ターゲットホルダ３から＋Ｚ方向上の位置（位置Ａ）と、ターゲットホルダ３の＋Ｚ方向上から－Ｘ側にずれた位置（位置Ｂ）との間を移動可能に設けられている。基板ホルダ４が位置Ａに配置された状態では、基板保持部材４ａに保持される基板ＳがターゲットＴに向けられることになる。

【００１６】

紫外線照射部５は、Ｚ方向においてターゲットホルダ３と基板ホルダ４との間の位置であって、ターゲットホルダ３の＋Ｚ方向上から－Ｘ側に外れた位置に設けられている。紫外線照射部５は、光源５ａを有している。光源５ａとしては、例えば波長１４６ｎｍの紫外線ＵＶを照射するエキシマランプなどが挙げられる。光源５ａは、ターゲットホルダ３と基板ホルダ４との放出されたスパッタ粒子Ｐが進行する経路に（すなわち＋Ｘ側に）向けられている。このように紫外線照射部５は、ターゲットホルダ３から＋Ｚ方向へ向かって進行するスパッタ粒子Ｐに対して紫外線ＵＶを照射可能となっている。

【００１７】

選別部６は、Ｚ方向においてターゲットホルダ３と基板ホルダ４との間の位置であって紫外線照射部５からの紫外線が照射される部分よりも＋Ｚ側に設けられている。選別部６は、紫外線照射部分の＋Ｚ側に磁場を発生させる磁場発生部６ａを有している。磁場発生部６ａは、例えば＋Ｙ方向に向けて磁場を発生させる。当該磁場発生部６ａによって磁場を発生することで、電荷を帯びたスパッタ粒子Ｐの進行方向が変換されると共に、電荷を帯びていないスパッタ粒子Ｐの進行方向が変換されない（＋Ｚ方向に直進する）ようになっている。

【００１８】

調整部７は、例えばグリッド状に形成された電極７ａ、及び、当該電極７ａと位置Ｂに配置された基板保持部材４ａとに接続された電場発生部７ｂ、を有している。電場発生部７ｂは、電極７ａと基板保持部材４ａとの間の電位差を調整する電位調整部７ｃを有している。電場発生部７ｂは、電位調整部７ｃによって当該電位差を調整することで、基板Ｓ上の空間に電場を発生させる。

【００１９】

次に、上記のように構成された成膜装置１の動作を説明する。本実施形態では、基板Ｓ上にモリブデンの薄膜とシリコンの薄膜とを積層する場合を例に挙げて説明する。

まず、ターゲット保持部材３ａの一方の面にシリコンターゲットＴｓを保持させると共に、他方の面にモリブデンターゲットＴｍを保持させる。また、基板保持部材４ａに基板Ｓを保持させる。

【００２０】
この状態から、例えば基板Ｓ上にシリコンの層（Ｓｉ層）を成膜する場合、図２に示すように、制御装置ＣＯＮＴは、ターゲットホルダ３のうちシリコンターゲットＴｓを＋Ｚ側に向けた状態とする。また、基板ホルダ４の基板保持部材４ａを位置Ａに配置させた状態としておく。この状態で、制御装置ＣＯＮＴは、当該シリコンターゲットＴｓに対してイオンビームＩＢを照射させる。イオンビームＩＢが照射されたシリコンターゲットＴｓからは、シリコンのスパッタ粒子Ｐが＋Ｚ方向に放出される。当該スパッタ粒子Ｐは＋Ｚ方向に進行し、基板Ｓ上に堆積して、基板Ｓ上にＳｉ層Ｆｓが形成される。
【００２１】
次に、基板ＳのうちＳｉ層Ｆｓ上にモリブデンの層（Ｍｏ層）を成膜する場合、図３に示すように、制御装置ＣＯＮＴは、ターゲットホルダ３のうちモリブデンターゲットＴｍを＋Ｚ側に向けた状態とし、基板ホルダ４の基板保持部材４ａを位置Ｂに配置させた状態としておく。
【００２２】
また、制御装置ＣＯＮＴは、紫外線照射部５から紫外線ＵＶを＋Ｘ方向に照射させると共に、選別部６において磁場発生部６ａによって＋Ｙ方向に向けた磁場を発生させておく。更に、制御装置ＣＯＮＴは、調整部７の電場発生部７ｂにより、電極７ａと基板Ｓとの間に、基板Ｓ側が正、電極７ａ側が接地（アース）、となるように数Ｖ程度の電位差を形成する。この動作により、当該基板Ｓと電極７ａとの間に、基板Ｓから電極７ａに向けた電場が形成されることになる。
【００２３】
この状態で、制御装置ＣＯＮＴは、当該モリブデンターゲットＴｍに対してイオンビームを照射させる（放出ステップ）。イオンビームＩＢが照射されたモリブデンターゲットＴｍからは、モリブデンのスパッタ粒子Ｐが＋Ｚ方向に放出され、＋Ｚ方向に進行する。紫外線照射部５から＋Ｘ側に紫外線が照射された状態となっているため、当該スパッタ粒子Ｐは、紫外線照射部５の＋Ｘ側に到達した際に、紫外線ＵＶの照射を受ける。
【００２４】
モリブデンのイオン化エネルギーは７．１ｅＶ程度であり、波長１７５ｎｍの紫外光のエネルギーに相当する。このため、波長１４６ｎｍの紫外線ＵＶが照射されたスパッタ粒子Ｐは、光電効果により電子を放出し、正イオンとなる。このように、紫外線ＵＶの照射を受けたスパッタ粒子Ｐは、正の電荷を帯びることになる（帯電ステップ）。
【００２５】
紫外線ＵＶを＋Ｚ方向に通過したスパッタ粒子Ｐは、選別部６によって磁場が発生している空間に到達する。この空間において、正の電荷を帯びて＋Ｚ方向に進行するスパッタ粒子Ｐは、＋Ｙ方向に向けた磁場の作用により、－Ｘ方向にローレンツ力を受けることになる。このため、正の電荷を帯びたスパッタ粒子Ｐの進行方向は、＋Ｚ方向に対して－Ｘ側に傾いた方向に変化する。一方、電荷を帯びていないスパッタ粒子Ｐについては、ローレンツ力を受けることなく、そのまま＋Ｚ方向に進行する。
【００２６】
ローレンツ力を受けて進行方向が変化したスパッタ粒子Ｐは、調整部７に到達する。スパッタ粒子Ｐは、グリッド状に形成された電極７ａを通過する。当該電極７ａと基板Ｓとの間の空間には、基板Ｓから電極７ａへ向けた電場が形成されているため、正の電荷を帯びた状態で電極７ａを透過したスパッタ粒子Ｐは、当該電場によって進行方向とは反対方向の力を受ける。この力により、スパッタ粒子Ｐは減速され、放出時に比べて運動エネルギーが低下した状態で基板ＳのＳｉ層Ｆｓ上に到達する（調整ステップ）。
【００２７】
Ｓｉ層Ｆｓ上に到達したスパッタ粒子Ｐは、放出時に比べて運動エネルギーが低下した状態となっているため、Ｓｉ層Ｆｓとの界面でのミキシングが抑制されることになる。このため、界面での拡散の形成が抑制された状態でＳｉ層Ｆｓ上にＭｏ層Ｆｍが形成されることになる。

【００２８】
以下、上記のＳｉ層Ｆｓの形成とＭｏ層Ｆｍの形成とを繰り返すことにより、基板Ｓ上にＳｉ層ＦｓとＭｏ層Ｆｍとが多層膜として形成されることになる。このようにモリブデンとシリコンを交互に積層したＭｏ／Ｓｉ多層膜は、例えばＥＵＶリソグラフィ技術における光学系（光反射部）として用いられる。

【００２９】
以上のように、本実施形態によれば、基板Ｓ上に薄膜（Ｆｓ、Ｆｍ）を形成する成膜装置１であって、薄膜を構成する物質のスパッタ粒子Ｐを基板Ｓに向けて放出する放出部（イオン源２、ターゲットホルダ３、ターゲットＴ）と、放出されたスパッタ粒子Ｐのうち少なくとも一部を帯電させる帯電部（紫外線照射部５）と、帯電した状態で基板Ｓに到達するスパッタ粒子Ｐの運動エネルギーの大きさを調整する調整部７とを備えることとしたので、放出時に比べて運動エネルギーが低下した状態でスパッタ粒子Ｐを基板Ｓに到達させることができる。これにより、界面でのミキシングが抑制されるため、界面拡散を抑えつつ基板Ｓ上に薄膜を形成することができる。

【００３０】
［第二実施形態］
次に、本発明の第二実施形態を説明する。
図４は、本実施形態に係る成膜装置２０１の構成を示す模式図である。本実施形態では第一実施形態の構成に加えて、第二電場形成部８が設けられた構成になっている。第二電場形成部８が設けられている点以外の構成は、第一実施形態の成膜装置１と同一構成となっている。以下、第一実施形態と共通する構成については、その説明を省略あるいは簡略化する。

【００３１】
図４に示すように、第二電場形成部８は、選別部６と位置Ｂとの間に設けられている。第二電場形成部８は、一対の電極８ａ及び８ｂと、当該電極８ａと電極８ｂとの間に接続された電位調整部８ｃと、を有している。一対の電極８ａ及び８ｂは、選別部６によって進行方向が変化したスパッタ粒子Ｐの変化後の進行方向に対して交差する方向（図中矢印Ｃの方向）に対向して配置されている。

【００３２】
電極８ａと電極８ｂとの間に電圧を印加することにより、スパッタ粒子Ｐの運動方向を微調整することができる。このため、基板Ｓ上に堆積するスパッタ粒子Ｐの分布を変化させることができる。これにより、例えば基板Ｓ上にスパッタ粒子Ｐを均一に堆積させることができる。

【００３３】
なお、本実施形態においては、例えばモリブデンターゲットＴｍからスパッタ粒子Ｐを放出させる場合も、シリコンターゲットＴｓからスパッタ粒子Ｐを放出させる場合も、当該スパッタ粒子Ｐに対して紫外線ＵＶを照射させ、選別部６において進行方向を＋Ｘ側に変化させるようにすることができる。この場合には、シリコンターゲットＴｓからスパッタ粒子Ｐを放出する際にも、基板ホルダ４を位置Ｂに配置させた状態とすれば良い。

【００３４】
これにより、モリブデン及びシリコンのそれぞれのスパッタ粒子Ｐについての運動方向を変化させ、基板Ｓ上に到達するスパッタ粒子Ｐの面方向における分布を変えることができるため、基板Ｓ上に形成されるＳｉ層Ｆｓ及びＭｏ層Ｆｍの膜厚を高精度に調整することができる。

【００３５】
また、本実施形態においては、第二電場形成部８に代えて、例えば図５に示すように、第二磁場形成部９が設けられた構成（成膜装置２０２）であっても構わない。第二磁場形成部９は、一対の磁極９ａ及び９ｂを有している。一対の磁極９ａ及び９ｂとしては、例えば電磁石などを用いることができる。

【００３６】

この構成においては、電荷を帯びたスパッタ粒子Ｐに対してローレンツ力を作用させることができる。例えば一対の磁極９ａ及び９ｂによって磁場の大きさや向きを調整することにより、当該ローレンツ力の方向を調整することができる。このため、スパッタ粒子Ｐの運動方向を微調整し、基板Ｓ上に堆積するスパッタ粒子Ｐの分布を変化させることができる。

【００３７】

［第三実施形態］

次に、本発明の第三実施形態を説明する。

図６は、本実施形態に係る成膜装置３０１の構成を示す模式図である。

図６に示すように、成膜装置３０１は、チャンバー装置ＣＢの収容室ＲＭが、仕切り部１０によって第一収容室ＲＭ１と第二収容室ＲＭ２とに仕切られている。

【００３８】

また、ターゲットホルダ３のターゲット保持部材３ａが平板状に形成されている。モリブデンターゲットＴｍ及びシリコンターゲットＴｓは、ターゲット保持部材３ａの一面（＋Ｚ側の面）に保持されている。モリブデンターゲットＴｍは第一収容室ＲＭ１に配置されており、シリコンターゲットＴｓは第二収容室ＲＭ２に配置されている。

【００３９】

イオン源２は、第一イオン源２Ａ及び第二イオン源２Ｂを有している。第一イオン源２Ａは、第一収容室ＲＭ１に設けられており、モリブデンターゲットＴｍに向けられている。第二イオン源２Ｂは、第二収容室ＲＭ２に設けられており、シリコンターゲットＴｓに向けられている。

【００４０】

基板ホルダ４は、３つの基板保持部材４ａ～４ｃを有している。３つの基板保持部材４ａ～４ｃは、個別に基板Ｓを保持可能である。３つの基板保持部材４ａ～４ｃは、基板移動部ＡＣＴによって３つの位置４０１～４０３と、不図示の待機位置との間を移動可能に設けられている。３つの位置４０１～４０３のうち、位置４０１及び４０２は第一収容室ＲＭ１に設定されており、位置４０３は第二収容室ＲＭ２に設定されている。紫外線照射部５及び選別部６は、それぞれ第一収容室ＲＭ１に設けられている。

【００４１】

本実施形態では、第一収容室ＲＭ１において第一イオン源２ＡからモリブデンターゲットＴｍにイオンビームＩＢが照射され、スパッタ粒子Ｐｍが放出される構成となっている。また、放出されたスパッタ粒子Ｐｍが紫外線照射部５からの紫外線ＵＶの照射を受けて正に帯電（イオン化）し、選別部６において進行方向が－Ｘ側へ変換されるように構成されている。一方、紫外線ＵＶの照射を受けたスパッタ粒子Ｐｍのうち一部のスパッタ粒子Ｐｍはイオン化しない場合もある。このようなイオン化しないスパッタ粒子Ｐｓは、選別部６の磁場を受けても運動の方向を変えることなく、＋Ｚ方向へ直進する。

【００４２】

また、本実施形態では、第二収容室ＲＭ２において第二イオン源２ＢからシリコンターゲットＴｓにイオンビームＩＢが照射され、スパッタ粒子Ｐｓが放出される構成となっている。また、放出されたスパッタ粒子Ｐｓがそのまま第二収容室ＲＭ２を＋Ｚ方向に直進するように構成されている。

【００４３】

本実施形態では、Ｍｏ層の成膜の際に選別部６において進行方向が変換されたスパッタ粒子Ｐｓの経路上に位置４０１が設定されており、イオン化しなかったスパッタ粒子Ｐｓが直進する方向上に位置４０２が設定されている。また、Ｓｉ層の成膜の際にスパッタ粒子Ｐｓが進行する方向上に位置４０３が設定されている。

【００４４】

次に、上記のように構成された成膜装置３０１を用いて基板Ｓ上にＳｉ層とＭｏ層とを交互に積層してＭｏ／Ｓｉ多層膜を形成する場合の動作を説明する。以下、一例としてＳｉ層を形成した後にＭｏ層をＳｉ層の上に積層させる動作を説明する。

まず、基板保持部材４ａに基板Ｓを保持させた状態で、当該基板保持部材４ａを位置４０３に配置させる。また、基板保持部材４ｂ及び４ｃについては、基板Ｓを保持させた状態で待機位置に待機させておく。この状態で、制御装置ＣＯＮＴは、第二イオン源２ＢからシリコンターゲットのｓにイオンビームＩＢを照射させてスパッタ粒子Ｐｓを放出させる。放出されたスパッタ粒子Ｐｓは、そのまま第二収容室ＲＭ２を＋Ｚ方向に直進し、位置４０３において保持された基板Ｓ上に積層される。この動作により、基板Ｓ上にＳｉ層が形成される。

【００４５】

Ｓｉ層を形成した後、制御装置ＣＯＮＴは、位置４０３に配置されている基板保持部材４ａを位置４０１に移動させる。また、制御装置ＣＯＮＴは、待機位置に配置されている基板保持部材４ｂを位置４０３に移動させる。なお、この段階においては、制御装置ＣＯＮＴは、基板保持部材４ｃを待機位置に待機させておく。

【００４６】

基板保持部材４ａ及び４ｂを移動させた後、制御装置ＣＯＮＴは、第二イオン源２ＢからシリコンターゲットＴｓにイオンビームＩＢを照射させる。この動作により、上記の場合と同様に、位置４０３において基板保持部材４ｂに保持された基板Ｓ上にＳｉ層が形成される。

【００４７】

また、制御装置ＣＯＮＴは、第一イオン源２ＡからモリブデンターゲットＴｍにイオンビームＩＢを照射させてスパッタ粒子Ｐｍを放出させる。放出されたスパッタ粒子Ｐｍは、紫外線照射部５からの紫外線ＵＶの照射を受けてイオン化し、選別部６において進行方向が－Ｘ側へ変換される。進行方向が変換されたスパッタ粒子Ｐｍは、調整部７によって運動エネルギーが低減した状態で基板Ｓに形成されたＳｉ層Ｆｓ上に堆積し、Ｍｏ層Ｆｍが形成される。

【００４８】

制御装置ＣＯＮＴは、位置４０１である程度の層厚のＭｏ層Ｆｍが形成された後、基板保持部材４ａを位置４０２に移動させる。また、制御装置ＣＯＮＴは、Ｓｉ層Ｆｓが形成された基板保持部材４ｂを位置４０１に移動させる。更に、制御装置ＣＯＮＴは、待機位置に配置されていた基板保持部材４ｃを位置４０３に移動させる。

【００４９】

この状態で、制御装置ＣＯＮＴは、第二イオン源２ＢからシリコンターゲットＴｓにイオンビームＩＢを照射させると共に、第一イオン源２ＡからモリブデンターゲットＴｍにイオンビームＩＢを照射させる。この動作により、位置４０３において基板保持部材４ｃに保持された基板Ｓ上にＳｉ層Ｆｓが形成され、位置４０２において基板保持部材４ｂに保持された基板ＳのＳｉ層Ｆｓ上にＭｏ層Ｆｍが形成される。

【００５０】

更に、位置４０２には、紫外線ＵＶの照射を受けたスパッタ粒子Ｐｍのうち一部のイオン化しないスパッタ粒子Ｐｍが到達している。基板保持部材４ａを位置４０２に移動させることにより、このようなイオン化しないスパッタ粒子Ｐｓについても成膜に寄与させることができる。

【００５１】

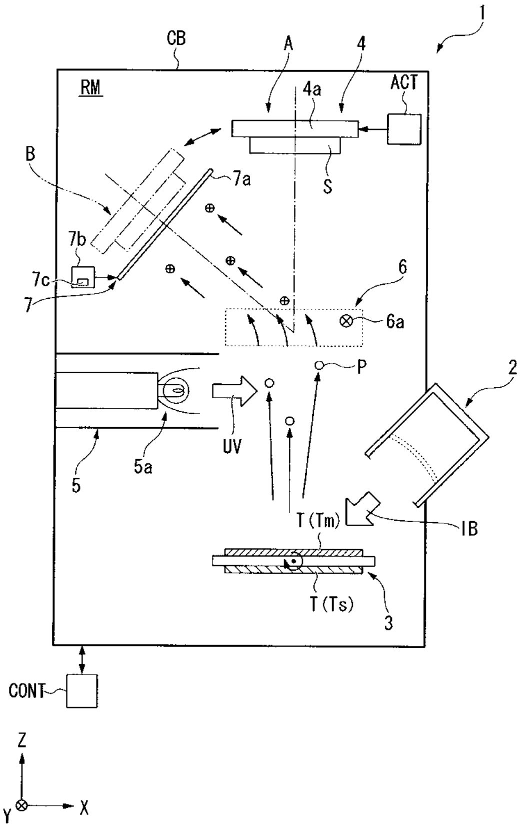
イオン化しないスパッタ粒子Ｐｓは、放出されたときの運動エネルギーをほぼ維持した状態で基板Ｓに到達することになるが、Ｓｉ層Ｆｓの上にはある程度の層厚のＭｏ層Ｆｍが形成されているため、Ｓｉ層Ｆｓとの界面にはミキシングはほとんど発生しない状態となる。このように、イオン化、磁場による進行方向変換、電場による減速、を経た低エネルギーの成膜をまず行い、その後、イオン化されずに直接基板に到達するスパッタ粒子Ｐｓによる成膜を行うことで、スパッタ粒子Ｐｓの無駄を省くことができる。

【００５２】

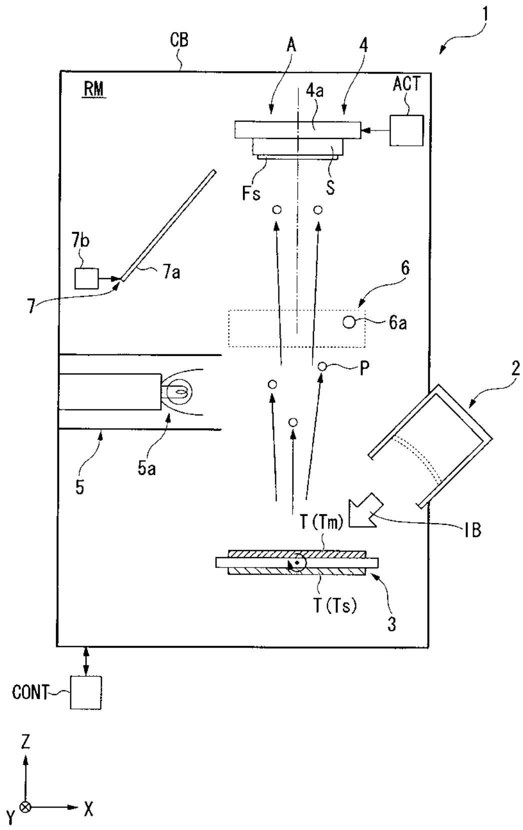
なお、位置４０１～４０３の配置については、一直線上に設定させた例に限られず、例えば図７に示すように、円弧上に設定するようにしても構わない。この場合、図７に示す

ように、基板保持部材４ａ～４ｃを支持する支持板４０４が設けられ、当該支持板４０４を回転させる回転駆動部ＡＣＴ２が設けられた構成とすることができる。
【００５３】
　また、例えば位置４０１の基板Ｓの成膜部分近傍にシャッターを設ける構成であっても構わない。この場合、所望の膜厚となったところで成膜粒子を遮り、成膜を終了させることができる。このため、Ｍｏ層Ｆｍの前半（位置４０１）と、後半（位置４０２）との成膜時間が違う場合にも対応可能である。
【００５４】
　本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更を加えることができる。
　例えば、上記実施形態では、電極７ａに印加する電圧は成膜中一定である場合を例に挙げて説明したが、これに限るものではなく、たとえば成膜中に電圧を段階的に変化させるように印加しても良い。また、電圧を連続的に変化させるようにしても構わない。
【００５５】
　また、上記実施形態では、紫外線照射部５からの紫外線ＵＶの波長が１４２ｎｍである例を説明したが、これに限られず、他の波長の紫外線を照射する構成であっても構わない。また、上記実施形態では、紫外線ＵＶを照射してスパッタ粒子Ｐをイオン化しているが、イオン化の手法はこれに限るものではなく、例えば、加速した電子を衝突させるなどしてイオン化させても良い。
【００５６】
　また、上記実施形態では、モリブデンのスパッタ粒子Ｐを減速するために、基板Ｓの上流側にグリッド状の電極７ａを配置した構成を例に挙げているが、これに限られることは無い。例えば、基板Ｓの表面に電圧を印加できるようにしても良い。
【００５７】
　また、紫外線照射部５によって紫外線ＵＶが照射される領域、選別部６によって磁場が発生する領域、については上記実施形態の位置に限られるものではなく、他の位置に紫外線ＵＶが照射されたり、磁場が発生したりする構成であっても構わない。
【符号の説明】
【００５８】
　ＩＢ…イオンビーム　Ｔ…ターゲット　Ｔｍ…モリブデンターゲット　Ｔｓ…シリコンターゲット　Ｓ…基板　ＣＢ…チャンバー装置　Ｐ、Ｐｍ、Ｐｓ…スパッタ粒子　ＵＶ…紫外線　ＣＯＮＴ…制御装置　ＡＣＴ…基板移動部　Ｆｓ…Ｓｉ層　Ｆｍ…Ｍｏ層　１、２０１、３０１…成膜装置　２…イオン源　３…ターゲットホルダ　４…基板ホルダ　５…紫外線照射部　６…選別部　６ａ…磁場発生部　７…調整部　７ａ…電極　７ｂ…電場発生部　７ｃ…電位調整部　８…第二電場形成部　８ａ…電極　８ｂ…電極　８ｃ…電位調整部　９…第二磁場形成部　９ａ…磁極

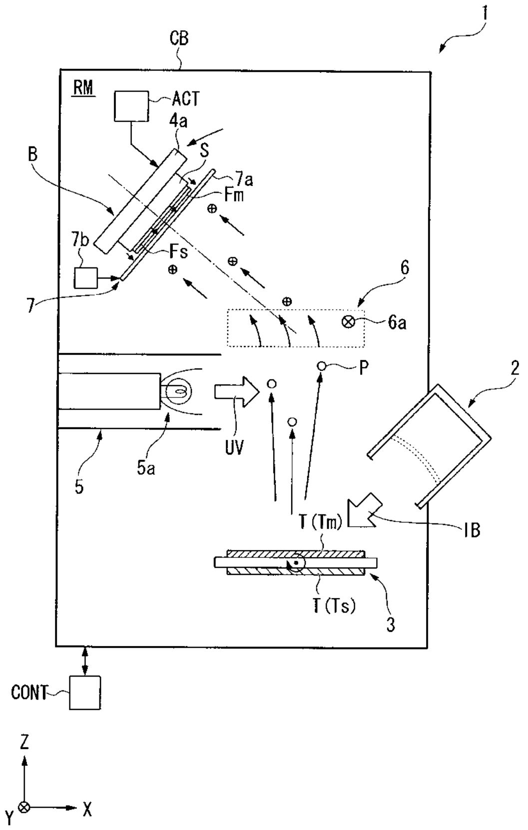
【図１】


1
CB
A
4
RM
4a
ACT
B
S
7a
7b
7c
7
6
6a
P
2
5a
UV
5
IB
T (Tm)
T (Ts)
3
CONT
Z
Y
X

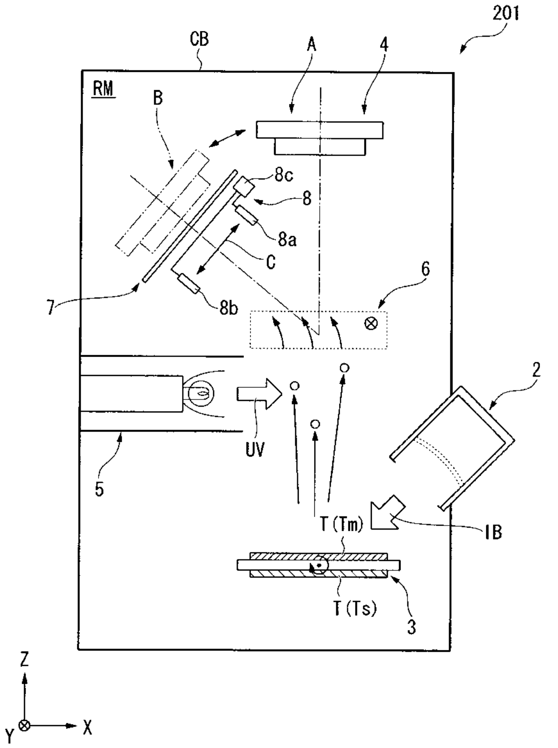
【図２】


1
CB
A
4
RM
4a
ACT
Fs
S
7b
7a
7
6
6a
P
2
5a
5
IB
T (Tm)
T (Ts)
3
CONT
Z
Y
X

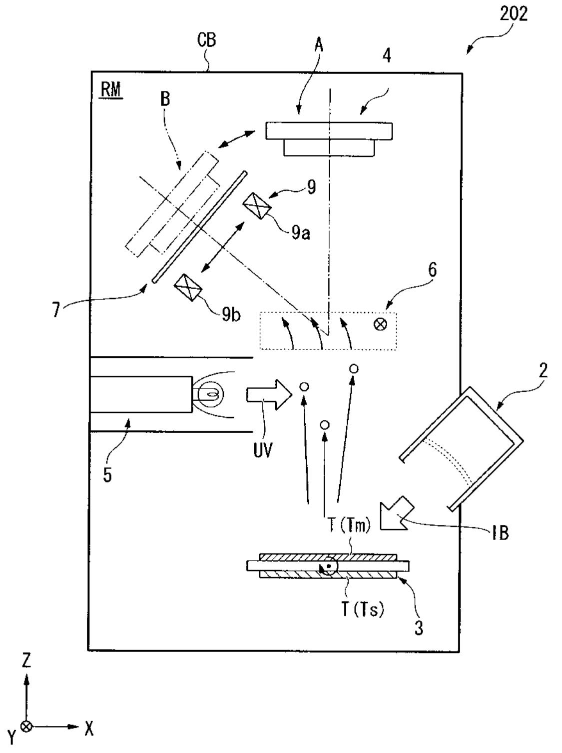
【図３】


1
CB
RM
ACT
4a
B
S
7a
Fm
7b
Fs
7
6
6a
P
2
5a
UV
5
IB
T (Tm)
T (Ts)
3
CONT
Z
Y
X

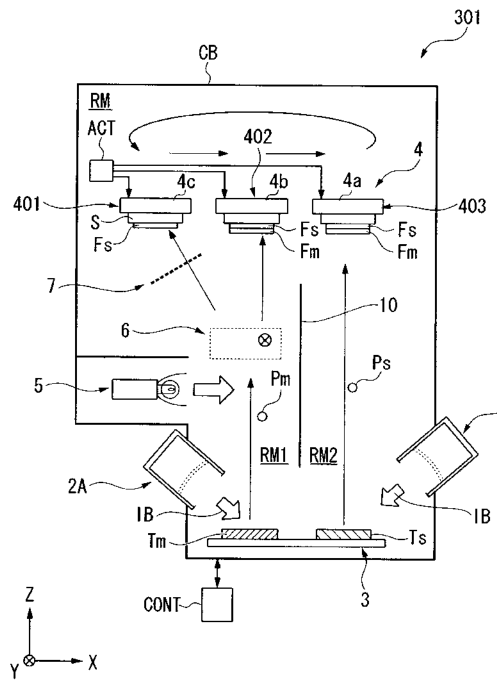
【図４】


201
CB
A
4
RM
B
8c
8
8a
C
7
8b
6
2
UV
5
IB
T (Tm)
T (Ts)
3
Z
Y
X

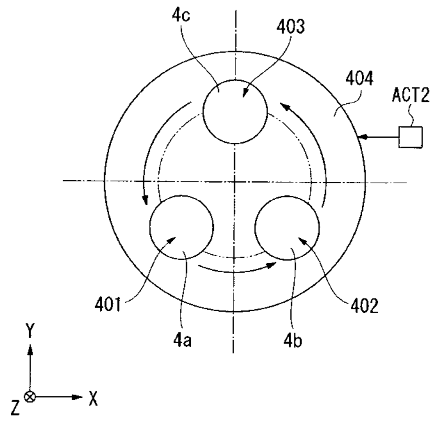
【図５】


202
CB
A
4
RM
B
9
9a
7
9b
6
2
5
UV
IB
T(Tm)
T(Ts)
3
Z
Y
X

【図６】


301
CB
RM
ACT
402
4
4c
4b
4a
401
403
S
Fs
Fm
7
10
6
5
Pm
Ps
2B
2A
RM1
RM2
IB
Tm
Ts
CONT
3
Z
Y
X

【図７】


4c
403
404
ACT2
401
402
4a
4b
Y
Z
X