

明 細 書

発明の名称： ファブリペロー干渉フィルタの製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、ファブリペロー干渉フィルタの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来のファブリペロー干渉フィルタとして、基板と、基板上において空隙を介して互いに対向する固定ミラー及び可動ミラーと、空隙を画定する中間層と、を備えるものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2013-506154号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 上述したようなファブリペロー干渉フィルタは、微細な構造体であるため、ファブリペロー干渉フィルタを製造するに際し、製造効率及び歩留まりの両方を向上させることは困難である。

[0005] そこで、本開示は、製造効率及び歩留まりの両方を向上させることができるファブリペロー干渉フィルタの製造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

[0006] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法は、二次元状に配列された複数の基板に対応する部分を含み、複数のラインのそれぞれに沿って複数の基板に切断される予定のウェハの第1主面に、それぞれが固定ミラーとして機能する予定の複数の第1ミラー部を有する第1ミラー層、複数の除去予定部を有する犠牲層、及びそれぞれが可動ミラーとして機能する予定の複数の第2ミラー部を有する第2ミラー層を、1つの第1ミラー部、1つの除去予定部、及び1つの第2ミラー部が1つの基板側からこの順序で配置されるように形成する形成工程と、形成工程の後に、エッチングによ

って犠牲層から二次元状に配列された複数の除去予定部を同時に除去する除去工程と、除去工程の後に、複数のラインのそれぞれに沿ってウェハを複数の基板に切断する切断工程と、を備える。

[0007] このファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、エッチングによって犠牲層から複数の除去予定部を除去する除去工程がウェハレベルで実施される。これにより、当該除去工程が個々のチップレベルで実施される場合に比べ、極めて効率良く、第1ミラー部と第2ミラー部との間に空隙を形成することができる。しかも、二次元状に配列された複数の除去予定部に対して犠牲層のエッチングが同時に実施される等、ウェハ内の任意の基板に対応する部分と、それを囲む周囲の基板に対応する部分とで、同時にプロセスが進行するため、ウェハの面内での応力の偏りを少なくすることができる。よって、このファブリペロー干渉フィルタの製造方法によれば、製造効率及び歩留まりの両方を向上させることができる。

[0008] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、形成工程においては、第1ミラー層、犠牲層、及び第2ミラー層の少なくとも1つが複数のラインのそれぞれに沿って部分的に薄化された第1薄化領域を形成してもよい。各ラインに沿ってウェハを複数の基板に切断する切断工程では、第2ミラー層のうち各第2ミラー部に対応する部分が空隙上に浮いた状態になるものの、各ラインに沿って薄化された第1薄化領域が予め形成されているため、当該第1薄化領域が形成されていない場合に比べ、空隙周辺の構造に外力が作用し難くなり、その結果、空隙周辺の構造が破損するような事態を効果的に抑制することができる。なお、「第1薄化領域」は、第1ミラー層、犠牲層、及び第2ミラー層のうち各ラインに沿った部分の全てが除去された領域を含む。

[0009] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、形成工程においては、ウェハの第2主面に応力調整層を形成し、応力調整層が複数のラインのそれぞれに沿って部分的に薄化された第2薄化領域を形成してもよい。これによれば、第1主面側と第2主面側との間の層構成の不一致に

起因するウェハの反りを抑制することができる。更に、応力調整層が各ラインに沿って部分的に薄化されているため、各ラインに沿ってウェハを複数の基板に切断する際に、応力調整層にダメージが生じるのを抑制することができる。なお、「第2薄化領域」は、応力調整層のうち各ラインに沿った部分の全てが除去された領域を含む。

[0010] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、形成工程においては、少なくとも犠牲層及び第2ミラー層のうち複数のラインのそれぞれに沿った部分を薄化することにより、第1薄化領域を形成してもよい。これによれば、各ラインに沿ってウェハを複数の基板に切断する際に、犠牲層のうちの空隙周辺の部分、及び空隙上に浮いた第2ミラー部が破損するような事態をより効果的に抑制することができる。

[0011] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、形成工程においては、第1ミラー層上に形成された犠牲層のうち複数のラインのそれぞれに沿った部分を薄化した後に、犠牲層上に第2ミラー層を形成することにより、複数のラインのそれぞれに沿って互いに対向する犠牲層の側面を第2ミラー層で被覆してもよい。これによれば、エッチングによって犠牲層から除去予定部を除去する際に、犠牲層の側面の一部が除去されるのを防止することができる。更に、製造されたファブリペロー干渉フィルタでは、犠牲層の側面に相当する中間層の側面から、迷光となる光が入射するのを防止することができる。

[0012] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、切断工程においては、レーザ光の照射によって、複数のラインのそれぞれに沿ってウェハの内部に改質領域を形成し、改質領域からウェハの厚さ方向に亀裂を伸展させることにより、複数のラインのそれぞれに沿ってウェハを複数の基板に切断してもよい。これによれば、ブレードダイシングによってウェハを複数の基板に切断する場合に比べ、空隙周辺の構造に外力が作用し難くなるため、空隙周辺の構造が破損するような事態をより効果的に抑制することができる。また、ブレードダイシングの実施時に発生するパーティクル、

ブレードダイニングに使用される冷却洗浄水等が、空隙に侵入し、ファブリペロー干渉フィルタの特性が劣化することを防止することができる。

[0013] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、切断工程においては、ウェハの第2主面側に貼り付けられたエキスパンドテープを拡張させることにより、改質領域からウェハの厚さ方向に亀裂を伸展させてもよい。これによれば、それぞれが可動ミラーとして機能する予定の複数の第2ミラー部を有する第2ミラー層に、エキスパンドテープの貼り付けによってダメージが生じるのを抑制することができる。

[0014] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、切断工程においては、第2主面側にエキスパンドテープが貼り付けられた状態で、エキスパンドテープとは反対側からウェハにレーザ光を入射させてもよい。これによれば、エキスパンドテープによるレーザ光の散乱、減衰等を抑制して、各ラインに沿ってウェハの内部に改質領域を確実に形成することができる。

[0015] 本開示の一形態に係るファブリペロー干渉フィルタの製造方法では、切断工程においては、第2主面側にエキスパンドテープが貼り付けられた状態で、エキスパンドテープ側からエキスパンドテープを介してウェハにレーザ光を入射させてもよい。これによれば、例えばレーザ光を上方から照射した場合に、発生したパーティクルが自重によって落下してきたとしても、エキスパンドテープがカバーとして機能するため、そのようなパーティクルが第2ミラー層等に付着するのを抑制することができる。

発明の効果

[0016] 本開示によれば、製造効率及び歩留まりの両方を向上させることができるファブリペロー干渉フィルタの製造方法を提供することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、一実施形態のファブリペロー干渉フィルタの平面図である。

[図2]図2は、図1のファブリペロー干渉フィルタの底面図である。

[図3]図3は、図1のIII-III線に沿ってのファブリペロー干渉フィルタの断

面図である。

[図4]図4は、図1のファブリペロー干渉フィルタの製造方法に用いられるウェハの平面図である。

[図5]図5の(a)及び(b)は、図1のファブリペロー干渉フィルタの製造方法を説明するための断面図である。

[図6]図6の(a)及び(b)は、図1のファブリペロー干渉フィルタの製造方法を説明するための断面図である。

[図7]図7の(a)及び(b)は、図1のファブリペロー干渉フィルタの製造方法を説明するための断面図である。

[図8]図8の(a)及び(b)は、図1のファブリペロー干渉フィルタの製造方法を説明するための断面図である。

[図9]図9の(a)及び(b)は、図1のファブリペロー干渉フィルタの製造方法を説明するための断面図である。

[図10]図10は、図1のファブリペロー干渉フィルタの変形例の外縁部分の拡大断面図である。

[図11]図11の(a)及び(b)は、図10のファブリペロー干渉フィルタの製造工程の一例を説明するための図である。

[図12]図12の(a)及び(b)は、図10のファブリペロー干渉フィルタの製造工程の一例を説明するための図である。

[図13]図13の(a)及び(b)は、図10のファブリペロー干渉フィルタの製造工程の他の例を説明するための図である。

[図14]図14の(a)及び(b)は、図10のファブリペロー干渉フィルタの製造工程の他の例を説明するための図である。

[図15]図15の(a)及び(b)は、図10のファブリペロー干渉フィルタの製造工程の他の例を説明するための図である。

[図16]図16の(a)及び(b)は、図10のファブリペロー干渉フィルタの製造工程の他の例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[ファブリペロー干渉フィルタの構成]

[0019] 図1、図2及び図3に示されるように、ファブリペロー干渉フィルタ1は、基板11を備えている。基板11は、第1表面11aと、第1表面11aと対向する第2表面11bと、を有している。第1表面11aには、反射防止層21、第1積層体（第1層）22、中間層23及び第2積層体（第2層）24が、この順序で積層されている。第1積層体22と第2積層体24との間には、枠状の中間層23によって空隙（エアギャップ）Sが画定されている。

[0020] 第1表面11aに垂直な方向から見た場合（平面視）における各部の形状及び位置関係は、次の通りである。基板11の外縁は、例えば矩形状である。基板11の外縁と第2積層体24の外縁とは、互いに一致している。反射防止層21の外縁と第1積層体22の外縁と中間層23の外縁とは、互いに一致している。基板11は、中間層23の外縁よりも空隙Sの中心に対して外側に位置する外縁部11cを有している。外縁部11cは、例えば、枠状であり、第1表面11aに垂直な方向から見た場合に中間層23を包囲している。

[0021] ファブリペロー干渉フィルタ1は、その中央部に画定された光透過領域1aにおいて、所定の波長を有する光を透過させる。光透過領域1aは、例えば円柱状の領域である。基板11は、例えば、シリコン、石英又はガラス等からなる。基板11がシリコンからなる場合には、反射防止層21及び中間層23は、例えば、酸化シリコンからなる。中間層23の厚さは、例えば、数十nm～数十μmである。

[0022] 第1積層体22のうち光透過領域1aに対応する部分は、第1ミラー部31として機能する。第1ミラー部31は、反射防止層21を介して第1表面11aに配置されている。第1積層体22は、複数のポリシリコン層25と

複数の窒化シリコン層 2 6 とが一層ずつ交互に積層されることで構成されている。本実施形態では、ポリシリコン層 2 5 a、窒化シリコン層 2 6 a、ポリシリコン層 2 5 b、窒化シリコン層 2 6 b 及びポリシリコン層 2 5 c が、この順で反射防止層 2 1 上に積層されている。第 1 ミラー部 3 1 を構成するポリシリコン層 2 5 及び窒化シリコン層 2 6 のそれぞれの光学厚さは、中心透過波長の $1/4$ の整数倍であることが好ましい。なお、第 1 ミラー部 3 1 は、反射防止層 2 1 を介することなく第 1 表面 1 1 a 上に直接に配置されてもよい。

[0023] 第 2 積層体 2 4 のうち光透過領域 1 a に対応する部分は、第 2 ミラー部 3 2 として機能する。第 2 ミラー部 3 2 は、第 1 ミラー部 3 1 に対して基板 1 1 とは反対側において空隙 S を介して第 1 ミラー部 3 1 と対向している。第 2 積層体 2 4 は、反射防止層 2 1、第 1 積層体 2 2 及び中間層 2 3 を介して第 1 表面 1 1 a に配置されている。第 2 積層体 2 4 は、複数のポリシリコン層 2 7 と複数の窒化シリコン層 2 8 とが一層ずつ交互に積層されることで構成されている。本実施形態では、ポリシリコン層 2 7 a、窒化シリコン層 2 8 a、ポリシリコン層 2 7 b、窒化シリコン層 2 8 b 及びポリシリコン層 2 7 c が、この順で中間層 2 3 上に積層されている。第 2 ミラー部 3 2 を構成するポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 のそれぞれの光学厚さは、中心透過波長の $1/4$ の整数倍であることが好ましい。

[0024] なお、第 1 積層体 2 2 及び第 2 積層体 2 4 では、窒化シリコン層の代わりに酸化シリコン層が用いられてもよい。また、第 1 積層体 2 2 及び第 2 積層体 2 4 を構成する各層の材料としては、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、フッ化マグネシウム、酸化アルミニウム、フッ化カルシウム、シリコン、ゲルマニウム、硫化亜鉛等が用いられてもよい。

[0025] 第 2 積層体 2 4 において空隙 S に対応する部分には、第 2 積層体 2 4 の中間層 2 3 とは反対側の表面 2 4 a から空隙 S に至る複数の貫通孔 2 4 b が形成されている。複数の貫通孔 2 4 b は、第 2 ミラー部 3 2 の機能に実質的に影響を与えない程度に形成されている。複数の貫通孔 2 4 b は、エッチング

によって中間層 2 3 の一部を除去して空隙 S を形成するために用いられる。

[0026] 第 2 積層体 2 4 は、第 2 ミラー部 3 2 に加えて、被覆部 3 3 と、周縁部 3 4 と、を更に有している。第 2 ミラー部 3 2、被覆部 3 3 及び周縁部 3 4 は、互いに同じ積層構造の一部を有し且つ互いに連続するように、一体的に形成されている。被覆部 3 3 は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向から見た場合に第 2 ミラー部 3 2 を包囲している。被覆部 3 3 は、中間層 2 3 の基板 1 1 とは反対側の表面 2 3 a、並びに、中間層 2 3 の側面 2 3 b（外側の側面、つまり、空隙 S 側とは反対側の側面）、第 1 積層体 2 2 の側面 2 2 a 及び反射防止層 2 1 の側面 2 1 a を被覆しており、第 1 表面 1 1 a に至っている。すなわち、被覆部 3 3 は、中間層 2 3 の外縁、第 1 積層体 2 2 の外縁及び反射防止層 2 1 の外縁を被覆している。

[0027] 周縁部 3 4 は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向から見た場合に被覆部 3 3 を包囲している。周縁部 3 4 は、外縁部 1 1 c における第 1 表面 1 1 a 上に位置している。周縁部 3 4 の外縁は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向から見た場合に基板 1 1 の外縁と一致している。

[0028] 周縁部 3 4 は、外縁部 1 1 c の外縁に沿って薄化されている。すなわち、周縁部 3 4 のうち外縁部 1 1 c の外縁に沿う部分は、周縁部 3 4 のうち外縁に沿う部分を除く他の部分と比べて薄くなっている。本実施形態では、周縁部 3 4 は、第 2 積層体 2 4 を構成するポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 の一部が除去されていることによって薄化されている。周縁部 3 4 は、被覆部 3 3 に連続する非薄化部 3 4 a と、非薄化部 3 4 a を包囲する薄化部 3 4 b と、を有している。薄化部 3 4 b においては、第 1 表面 1 1 a 上に直接に設けられたポリシリコン層 2 7 a 以外のポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 が除去されている。

[0029] 非薄化部 3 4 a の基板 1 1 とは反対側の表面 3 4 c の第 1 表面 1 1 a からの高さは、中間層 2 3 の表面 2 3 a の第 1 表面 1 1 a からの高さよりも低い。非薄化部 3 4 a の表面 3 4 c の第 1 表面 1 1 a からの高さは、例えば 1 0 0 n m ～ 5 0 0 0 n m である。中間層 2 3 の表面 2 3 a の第 1 表面 1 1 a か

らの高さは、例えば500nm～20000nmの範囲において、非薄化部34aの表面34cの第1表面11aからの高さよりも大きな高さとなる。薄化部34bの幅（非薄化部34aの外縁と外縁部11cの外縁との間の距離）は、基板11の厚さの0.01倍以上である。薄化部34bの幅は、例えば5μm～400μmである。基板11の厚さは、例えば500μm～800μmである。

[0030] 第1ミラー部31には、光透過領域1aを囲むように第1電極12が形成されている。第1電極12は、ポリシリコン層25cに不純物をドーピングして低抵抗化することで形成されている。第1ミラー部31には、光透過領域1aを含むように第2電極13が形成されている。第2電極13は、ポリシリコン層25cに不純物をドーピングして低抵抗化することで形成されている。第2電極13の大きさは、光透過領域1aの全体を含む大きさであることが好ましいが、光透過領域1aの大きさと略同一であってもよい。

[0031] 第2ミラー部32には、第3電極14が形成されている。第3電極14は、空隙Sを介して第1電極12及び第2電極13と対向している。第3電極14は、ポリシリコン層27aに不純物をドーピングして低抵抗化することで形成されている。

[0032] 端子15は、光透過領域1aを挟んで対向するように一対設けられている。各端子15は、第2積層体24の表面24aから第1積層体22に至る貫通孔内に配置されている。各端子15は、配線12aを介して第1電極12と電氣的に接続されている。端子15は、例えば、アルミニウム又はその合金等の金属膜によって形成されている。

[0033] 端子16は、光透過領域1aを挟んで対向するように一対設けられている。各端子16は、第2積層体24の表面24aから第1積層体22に至る貫通孔内に配置されている。各端子16は、配線13aを介して第2電極13と電氣的に接続されていると共に、配線14aを介して第3電極14と電氣的に接続されている。端子16は、例えば、アルミニウム又はその合金等の金属膜によって形成されている。一対の端子15が対向する方向と、一対の

端子 1 6 が対向する方向とは、直交している（図 1 参照）。

[0034] 第 1 積層体 2 2 の表面 2 2 b には、トレンチ 1 7, 1 8 が設けられている。トレンチ 1 7 は、配線 1 3 a における端子 1 6 との接続部分を囲むように環状に延在している。トレンチ 1 7 は、第 1 電極 1 2 と配線 1 3 a とを電氣的に絶縁している。トレンチ 1 8 は、第 1 電極 1 2 の内縁に沿って環状に延在している。トレンチ 1 8 は、第 1 電極 1 2 と第 1 電極 1 2 の内側の領域（第 2 電極 1 3）とを電氣的に絶縁している。各トレンチ 1 7, 1 8 内の領域は、絶縁材料であっても、空隙であってもよい。

[0035] 第 2 積層体 2 4 の表面 2 4 a には、トレンチ 1 9 が設けられている。トレンチ 1 9 は、端子 1 5 を囲むように環状に延在している。トレンチ 1 9 は、端子 1 5 と第 3 電極 1 4 とを電氣的に絶縁している。トレンチ 1 9 内の領域は、絶縁材料であっても、空隙であってもよい。

[0036] 基板 1 1 の第 2 表面 1 1 b には、反射防止層 4 1、第 3 積層体（第 3 層）4 2、中間層（第 3 層）4 3 及び第 4 積層体（第 3 層）4 4 が、この順序で積層されている。反射防止層 4 1 及び中間層 4 3 は、それぞれ、反射防止層 2 1 及び中間層 2 3 と同様の構成を有している。第 3 積層体 4 2 及び第 4 積層体 4 4 は、それぞれ、基板 1 1 を基準として第 1 積層体 2 2 及び第 2 積層体 2 4 と対称の積層構造を有している。反射防止層 4 1、第 3 積層体 4 2、中間層 4 3 及び第 4 積層体 4 4 は、基板 1 1 の反りを抑制する機能を有している。

[0037] 第 3 積層体 4 2、中間層 4 3 及び第 4 積層体 4 4 は、外縁部 1 1 c の外縁に沿って薄化されている。すなわち、第 3 積層体 4 2、中間層 4 3 及び第 4 積層体 4 4 のうち外縁部 1 1 c の外縁に沿う部分は、第 3 積層体 4 2、中間層 4 3 及び第 4 積層体 4 4 のうち外縁に沿う部分を除く他の部分と比べて薄くなっている。本実施形態では、第 3 積層体 4 2、中間層 4 3 及び第 4 積層体 4 4 は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向から見た場合に薄化部 3 4 b と重なる部分において第 3 積層体 4 2、中間層 4 3 及び第 4 積層体 4 4 の全部が除去されていることによって薄化されている。

- [0038] 第3積層体42、中間層43及び第4積層体44には、光透過領域1aを含むように開口40aが設けられている。開口40aは、光透過領域1aの大きさと略同一の径を有している。開口40aは、光出射側に開口しており、開口40aの底面は、反射防止層41に至っている。
- [0039] 第4積層体44の光出射側の表面には、遮光層45が形成されている。遮光層45は、例えばアルミニウム等からなる。遮光層45の表面及び開口40aの内面には、保護層46が形成されている。保護層46は、第3積層体42、中間層43、第4積層体44及び遮光層45の外縁を被覆すると共に、外縁部11c上の反射防止層41を被覆している。保護層46は、例えば酸化アルミニウムからなる。なお、保護層46の厚さを1～100nm（好ましくは、30nm程度）にすることで、保護層46による光学的な影響を無視することができる。
- [0040] 以上のように構成されたファブリペロー干渉フィルタ1においては、端子15、16を介して第1電極12と第3電極14との間に電圧が印加されると、当該電圧に応じた静電気力が第1電極12と第3電極14との間に発生する。当該静電気力によって、第2ミラー部32が、基板11に固定された第1ミラー部31側に引き付けられ、第1ミラー部31と第2ミラー部32との距離が調整される。このように、ファブリペロー干渉フィルタ1では、第1ミラー部31と第2ミラー部32との距離が可変とされている。
- [0041] ファブリペロー干渉フィルタ1を透過する光の波長は、光透過領域1aにおける第1ミラー部31と第2ミラー部32との距離に依存する。したがって、第1電極12と第3電極14との間に印加する電圧を調整することで、透過する光の波長を適宜選択することができる。このとき、第2電極13は、第3電極14と同電位である。したがって、第2電極13は、光透過領域1aにおいて第1ミラー部31及び第2ミラー部32を平坦に保つための補償電極として機能する。
- [0042] ファブリペロー干渉フィルタ1では、例えば、ファブリペロー干渉フィルタ1に印加する電圧を変化させながら（すなわち、ファブリペロー干渉フィ

ルタ 1 において第 1 ミラー部 3 1 と第 2 ミラー部 3 2 との距離を変化させながら)、ファブリペロー干渉フィルタ 1 の光透過領域 1 a を透過した光を光検出器によって検出することで、分光スペクトルを得ることができる。

[0043] 以上説明したように、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、第 2 積層体 2 4 が、第 2 ミラー部 3 2 に加えて、中間層 2 3 を被覆する被覆部 3 3 と、外縁部 1 1 c における第 1 表面 1 1 a 上に位置する周縁部 3 4 と、を更に有しており、これらの第 2 ミラー部 3 2、被覆部 3 3 及び周縁部 3 4 が、互いに連続するように一体的に形成されている。これにより、第 2 積層体 2 4 によって中間層 2 3 が覆われているので、中間層 2 3 の剥がれが抑制されている。また、第 2 積層体 2 4 によって中間層 2 3 が覆われているので、例えばエッチングによって中間層 2 3 に空隙 S を形成した場合でも、中間層 2 3 の劣化が抑制され、その結果、中間層 2 3 の安定性が向上している。更に、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、周縁部 3 4 は、外縁部 1 1 c の外縁に沿って薄化されている。これにより、例えば、基板 1 1 に対応する部分を含むウェハを外縁部 1 1 c の外縁に沿って切断し、ファブリペロー干渉フィルタ 1 を得た場合でも、基板 1 1 上の各層の劣化が抑制され、その結果、基板上の各層の安定性が向上している。以上により、ファブリペロー干渉フィルタ 1 によれば、基板 1 1 上の各層に剥がれが生じるのを抑制することができる。更に、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、第 2 積層体 2 4 によって中間層 2 3 の側面 2 3 b が覆われているので、中間層 2 3 の側面 2 3 b からの光の進入を抑制することができ、迷光の発生を抑制することができる。

[0044] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、被覆部 3 3 が第 1 積層体 2 2 の外縁を被覆している。これにより、第 1 積層体 2 2 の剥がれをより確実に抑制することができる。更に、例えば、基板 1 1 に対応する部分を含むウェハを外縁部 1 1 c の外縁に沿って切断し、ファブリペロー干渉フィルタ 1 を得た場合でも、第 1 積層体 2 2 の劣化をより好適に抑制することができる。

[0045] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、第 1 積層体 2 2 が含む窒化シリコン層 2 6 の外縁が被覆部 3 3 によって被覆されている。これにより、第

1 積層体 2 2 の窒化シリコン層 2 6 が外部に露出していないため、例えば、フッ酸ガスを用いたエッチングによって中間層 2 3 に空隙 S を形成した場合でも、フッ酸ガスと窒化シリコン層 2 6 とが反応して残渣が発生することを抑制することができる。

[0046] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、第 2 積層体 2 4 を構成するポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 の一部が除去されていることによって、外縁部 1 1 c の外縁に沿って薄化されている。これにより、第 2 積層体 2 4 を構成するポリシリコン層 2 7 及び窒化シリコン層 2 8 のうち除去されずに残存している部分によって、基板 1 1 の第 1 表面 1 1 a を保護することができる。更に、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、薄化部 3 4 b にはポリシリコン層 2 7 a のみが残存している。これにより、薄化部 3 4 b の表面が滑らかになるので、例えば、基板 1 1 に対応する部分を含むウェハを外縁部 1 1 c の外縁に沿って切断するために、レーザ光を外縁部 1 1 c の外縁に沿ってウェハの内部に集光させた場合でも、レーザ光をウェハの内部に好適に集光させてウェハを精度良く切断することができ、基板 1 1 上の各層の劣化をより好適に抑制することができる。

[0047] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1 では、基板 1 1 の第 2 表面 1 1 b に第 3 積層体 4 2 及び第 4 積層体 4 4 が配置されており、第 3 積層体 4 2 及び第 4 積層体 4 4 が外縁部 1 1 c の外縁に沿って薄化されている。これにより、基板 1 1 の第 1 表面 1 1 a 側と第 2 表面 1 1 b 側との間の層構成の不一致に起因する基板 1 1 の反りを抑制することができる。更に、例えば、基板 1 1 に対応する部分を含むウェハを外縁部 1 1 c の外縁に沿って切断し、ファブリペロー干渉フィルタ 1 を得た場合でも、第 3 積層体 4 2 及び第 4 積層体 4 4 の劣化が抑制され、その結果、基板 1 1 上の各層の安定性が向上している。

[ファブリペロー干渉フィルタの製造方法]

[0048] まず、図 4 に示されるように、ウェハ 1 1 0 を用意する。ウェハ 1 1 0 は、二次元状に配列された複数の基板 1 1 に対応する部分を含み、複数のライ

ン１０のそれぞれに沿って複数の基板１１に切断される予定のウェハである。ウェハ１１０は、互いに対向する第１主面１１０a及び第２主面１１０bを有している。ウェハ１１０は、例えば、シリコン、石英又はガラス等からなる。一例として、第１主面１１０aに垂直な方向から見た場合に各基板１１が矩形状を呈するときには、複数の基板１１は二次元マトリックス状に配列され、複数のライン１０は隣り合う基板１１間を通るように格子状に設定される。

[0049] 続いて、図５の（a）～図７の（a）に示されるように、形成工程を実施する。形成工程では、ウェハ１１０の第１主面１１０aに、反射防止層２１０、第１ミラー層２２０、犠牲層２３０及び第２ミラー層２４０、並びに、第１薄化領域２９０を形成する（図７の（a）参照）。また、形成工程では、ウェハ１１０の第２主面１１０bに、応力調整層４００、遮光層４５０及び保護層４６０、並びに、第２薄化領域４７０を形成する（図７の（a）参照）。

[0050] 具体的には、図５の（a）に示されるように、ウェハ１１０の第１主面１１０aに反射防止層２１０を形成すると共に、ウェハ１１０の第２主面１１０bに反射防止層４１０を形成する。反射防止層２１０は、各ライン１０に沿って複数の反射防止層２１に切断される予定の層である。反射防止層４１０は、各ライン１０に沿って複数の反射防止層４１に切断される予定の層である。

[0051] 続いて、各反射防止層２１０、４１０上に、複数のポリシリコン層及び複数の窒化シリコン層を交互に積層することにより、反射防止層２１０上に第１ミラー層２２０を形成すると共に、反射防止層４１０上に、応力調整層４００を構成する層４２０を形成する。第１ミラー層２２０は、それぞれが固定ミラーとして機能する予定の複数の第１ミラー部３１を有する層であって、各ライン１０に沿って複数の第１積層体２２に切断される予定の層である。応力調整層４００を構成する層４２０は、各ライン１０に沿って複数の第３積層体４２に切断される予定の層である。

- [0052] 第1ミラー層220を形成する際には、エッチングによって、反射防止層210の表面が露出するように、第1ミラー層220のうち各ライン10に沿った部分を除去する。また、不純物ドーピングによって、第1ミラー層220における所定のポリシリコン層を部分的に低抵抗化することにより、基板11に対応する部分ごとに、第1電極12、第2電極13及び配線12a、13aを形成する。更に、エッチングによって、基板11に対応する部分ごとに、第1ミラー層220の表面にトレンチ17、18を形成する。
- [0053] 続いて、図5の(b)に示されるように、第1ミラー層220上、及び露出した反射防止層210の表面に、犠牲層230を形成すると共に、応力調整層400を構成する層420上に、応力調整層400を構成する層430を形成する。犠牲層230は、複数の除去予定部50を有する層であって、各ライン10に沿って複数の中間層23に切断される予定の層である。除去予定部50は、空隙S（図3参照）に対応する部分である。応力調整層400を構成する層430は、各ライン10に沿って複数の中間層43に切断される予定の層である。
- [0054] 続いて、エッチングによって、ウェハ110の第1主面110aが露出するように、犠牲層230及び反射防止層210のうち各ライン10に沿った部分を除去する。また、当該エッチングによって、基板11に対応する部分ごとに、犠牲層230のうち各端子15、16（図3参照）に対応する部分に空隙を形成する。
- [0055] 続いて、図6の(a)に示されるように、ウェハ110の第1主面110a側及び第2主面110b側のそれぞれにおいて、複数のポリシリコン層及び複数の窒化シリコン層を交互に積層することにより、犠牲層230上、及び露出したウェハ110の第1主面110aに、第2ミラー層240を形成すると共に、応力調整層400を構成する層430上に、応力調整層400を構成する層440を形成する。第2ミラー層240は、それぞれが可動ミラーとして機能する予定の複数の第2ミラー部32を有する層であって、各ライン10に沿って複数の第2積層体24に切断される予定の層である。応

力調整層４００を構成する層４４０は、各ライン１０に沿って複数の第４積層体４４に切断される予定の層である。

[0056] 第２ミラー層２４０を形成する際には、ライン１０に沿って互いに対向する犠牲層２３０の側面２３０a、第１ミラー層２２０の側面２２０a及び反射防止層２１０の側面２１０aを、第２ミラー層２４０で被覆する。また、不純物ドーブによって、第２ミラー層２４０における所定のポリシリコン層を部分的に低抵抗化することにより、基板１１に対応する部分ごとに、第３電極１４及び配線１４aを形成する。

[0057] 続いて、図６の（b）に示されるように、エッチングによって、第２ミラー層２４０が含むポリシリコン層２７a（図３参照）（すなわち、最も第１主面１１０a側に位置するポリシリコン層）の表面が露出するように、第２ミラー層２４０のうち各ライン１０に沿った部分を薄化する。また、当該エッチングによって、基板１１に対応する部分ごとに、第２ミラー層２４０のうち各端子１５、１６（図３参照）に対応する部分に空隙を形成する。続いて、基板１１に対応する部分ごとに、当該空隙に端子１５、１６を形成し、端子１５と配線１２aとを接続すると共に、端子１６と配線１３a及び配線１４aのそれぞれとを接続する。

[0058] ここまでで、ウェハ１１０の第１主面１１０aに、反射防止層２１０、第１ミラー層２２０、犠牲層２３０及び第２ミラー層２４０、並びに、第１薄化領域２９０が形成される。第１薄化領域２９０は、第１ミラー層２２０、犠牲層２３０及び第２ミラー層２４０が各ライン１０に沿って部分的に薄化された領域である。なお、反射防止層２１０、第１ミラー層２２０、犠牲層２３０及び第２ミラー層２４０は、１つの反射防止層２１、１つの第１ミラー部３１、１つの除去予定部５０及び１つの第２ミラー部３２が１つの基板１１側からこの順序（すなわち、１つの反射防止層２１、１つの第１ミラー部３１、１つの除去予定部５０、１つの第２ミラー部３２という順序）で配置されるように、形成されている。

[0059] 続いて、図７の（a）に示されるように、基板１１に対応する部分ごとに

、エッチングによって、第2積層体24の表面24aから除去予定部50に至る複数の貫通孔24bを第2積層体24に形成する。続いて、応力調整層400を構成する層440上に遮光層450を形成する。遮光層450は、各ライン10に沿って複数の遮光層45に切断される予定の層である。続いて、エッチングによって、反射防止層410の表面が露出するように、遮光層450及び応力調整層400（すなわち、層420、430、440）のうち各ライン10に沿った部分を除去する。また、当該エッチングによって、基板11に対応する部分ごとに、開口40aを形成する。続いて、遮光層450上、露出した反射防止層410の表面、及び開口40aの内面、第2薄化領域470に臨む応力調整層400の側面に、保護層460を形成する。保護層460は、各ライン10に沿って複数の保護層46に切断される予定の層である。

[0060] ここまでで、ウェハ110の第2主面110bに、応力調整層400、遮光層450及び保護層460、並びに、第2薄化領域470が形成される。第2薄化領域470は、応力調整層400が各ライン10に沿って部分的に薄化された領域である。

[0061] 以上の形成工程に続いて、図7の（b）に示されるように、除去工程を実施する。具体的には、複数の貫通孔24bを介したエッチング（例えばフッ酸ガスを用いた気相エッチング）によって、犠牲層230から複数の除去予定部50を一斉に除去する。これにより、基板11に対応する部分ごとに、空隙Sを形成する。

[0062] 続いて、図8の（a）及び（b）に示されるように、切断工程を実施する。具体的には、図8の（a）に示されるように、保護層460上に（すなわち、第2主面110b側に）エキスパンドテープ60を貼り付ける。続いて、第2主面110b側にエキスパンドテープ60が貼り付けられた状態で、エキスパンドテープ60とは反対側からレーザ光Lを照射し、レーザ光Lの集光点をウェハ110の内部に位置させつつ、レーザ光Lの集光点を各ライン10に沿って相対的に移動させる。つまり、エキスパンドテープ60とは

反対側から、第1薄化領域290において露出したポリシリコン層の表面を介して、ウェハ110にレーザ光Lを入射させる。

[0063] そして、このレーザ光Lの照射によって、各ライン10に沿ってウェハ110の内部に改質領域を形成する。改質領域は、密度、屈折率、機械的強度、その他の物理的特性が周囲とは異なる状態になった領域であって、ウェハ110の厚さ方向に伸展する亀裂の起点となる領域である。改質領域としては、例えば、熔融処理領域（一旦熔融後再固化した領域、熔融状態中の領域及び熔融から再固化する状態中の領域のうち少なくとも何れか一つを意味する）、クラック領域、絶縁破壊領域、屈折率変化領域等があり、これらが混在した領域もある。更に、改質領域としては、ウェハ110の材料において改質領域の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域、格子欠陥が形成された領域等がある。ウェハ110の材料が単結晶シリコンである場合、改質領域は、高転位密度領域ともいえる。なお、各ライン10に対してウェハ110の厚さ方向に配列される改質領域の列数は、ウェハの110の厚さによって適宜調整される。

[0064] 続いて、図8の(b)に示されるように、第2主面110b側に貼り付けられたエキスパンドテープ60を拡張させることにより、ウェハ110の内部に形成された改質領域からウェハ110の厚さ方向に亀裂を伸展させ、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する。このとき、第1薄化領域290において第2ミラー層240のポリシリコン層が各ライン10に沿って切断されると共に、第2薄化領域470において反射防止層410及び保護層460が各ライン10に沿って切断される。これにより、エキスパンドテープ60上において互いに離間した状態にある複数のファブリペロー干渉フィルタ1を得る。

[0065] 以上説明したように、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、エッチングによって犠牲層230から複数の除去予定部50を除去する除去工程がウェハレベルで実施される。これにより、当該除去工程が個々のチップレベルで実施される場合に比べ、極めて効率良く、第1ミラー部31と第2

ミラー部32との間に空隙Sを形成することができる。しかも、二次元状に配列された複数の除去予定部50に対して犠牲層230のエッチングが同時に実施される等、ウェハ110内の任意の基板11に対応する部分と、それを囲む周囲の基板11に対応する部分とで、同時にプロセスが進行するため、ウェハ110の面内での応力の偏りを少なくすることができる。よって、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法によれば、製造効率及び歩留まりの両方を向上させることができ、品質の高いファブリペロー干渉フィルタ1を安定して量産することが可能となる。

[0066] また、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、形成工程において、第1ミラー層220、犠牲層230、及び第2ミラー層240の少なくとも1つが各ライン10に沿って部分的に薄化された第1薄化領域290を形成する。各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する切断工程では、第2ミラー層240のうち各第2ミラー部32に対応する部分が空隙S上に浮いた状態になるものの、各ライン10に沿って薄化された第1薄化領域290が予め形成されているため、第1薄化領域290が形成されていない場合に比べ、空隙S周辺の構造に外力が作用し難くなり、その結果、空隙S周辺の構造が破損するような事態を効果的に抑制することができる（仮に第1薄化領域290が形成されていないと、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する際に、第1ミラー層220、犠牲層230、及び第2ミラー層240に、衝撃、応力等が伝わってダメージが生じ易い）。

[0067] また、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、形成工程において、ウェハ110の第2主面110bに応力調整層400を形成し、応力調整層400が各ライン10に沿って部分的に薄化された第2薄化領域470を形成する。これにより、第1主面110a側と第2主面110b側との間の層構成の不一致に起因するウェハ110の反りを抑制することができる。更に、応力調整層400が各ライン10に沿って部分的に薄化されているため、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する際に、開

口40a周辺の部分等、応力調整層400にダメージが生じるのを抑制することができる（仮に第2薄化領域470が形成されていないと、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する際に、開口40a周辺の部分等、応力調整層400に、衝撃、応力等が伝わってダメージが生じ易い）。

[0068] 特に、ファブリペロー干渉フィルタ1においては、ウェハ110の第1主面110aに形成された第1ミラー層220、犠牲層230、及び第2ミラー層240、並びに、ウェハ110の第2主面110bに形成された応力調整層400が、薄く且つ精細な層構造であるため、切断工程を実施する前に第1薄化領域290及び第2薄化領域470を形成しておかないと、切断工程において層構造にダメージが生じ易くなる。これは、エキスパンドテープ60を拡張させることで改質領域から亀裂を伸展させるような切断工程を実施する場合に、層構造を引きちぎるように力が作用することになるため、顕著となる。ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、切断工程を実施する前に第1薄化領域290及び第2薄化領域470を形成しておくことで、層構造にダメージが生じるのを抑制しつつ、ドライプロセスで汚染の少ないレーザ加工（ウェハ110の内部に改質領域を形成する内部加工型のレーザ加工）を実施することができる。

[0069] 以上のことは、「第1ミラー層220、犠牲層230、第2ミラー層240、及び応力調整層400のそれぞれが薄い層構造であるにもかかわらず、レーザ光Lの照射によってそれらの層の内部にまで至る改質領域を安定して形成することが難しい」及び「その反面、第1ミラー層220、犠牲層230、第2ミラー層240、及び応力調整層400のそれぞれが薄い層構造であるが故に、第1薄化領域290及び第2薄化領域470を形成しないと、引きちぎりにより大きなダメージを受けやすい」との、本発明者が見出した知見に基づくものである。

[0070] また、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、形成工程を実施することで、ウェハ110の第1主面110aに、第1ミラー層220、犠牲

層 230、第2ミラー層 240、及び第1薄化領域 290を形成すると共に、ウェハ 110の第2主面 110bに、応力調整層 400、及び第2薄化領域 470を形成し、その後に、除去工程を実施することで、犠牲層 230から除去予定部 50を除去する。これにより、ウェハ 110の内部応力が減少された状態で除去工程が実施されるため、空隙 S を介して互いに対向する第1ミラー部 31及び第2ミラー部 32に、歪、変形等が生じるのを抑制することができる。例えば、少なくとも第2薄化領域 470の形成を、犠牲層 230から除去予定部 50を除去した後に実施すると、空隙 S を介して互いに対向する第1ミラー部 31及び第2ミラー部 32に、歪、変形等が生じ易くなり、所望の特性を有するファブリペロー干渉フィルタ 1を得ることが困難になる。

[0071] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1の製造方法では、形成工程において、少なくとも犠牲層 230及び第2ミラー層 240のうち各ライン 10に沿った部分を薄化することにより、第1薄化領域 290を形成する。これにより、各ライン 10に沿ってウェハ 110を複数の基板 11に切断する際に、犠牲層 230のうちの空隙 S 周辺の部分、及び空隙 S 上に浮いた第2ミラー部 32が破損するような事態をより効果的に抑制することができる。

[0072] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1の製造方法では、形成工程において、第1ミラー層 220上に形成された犠牲層 230のうち各ライン 10に沿った部分を薄化した後に、犠牲層 230上に第2ミラー層 240を形成することにより、各ライン 10に沿って互いに対向する犠牲層 230の側面 230aを第2ミラー層 240で被覆する。これにより、エッチングによって犠牲層 230から除去予定部 50を除去する際に、犠牲層 230の側面 230aの一部が除去（浸食）されるのを防止することができる。更に、製造されたファブリペロー干渉フィルタ 1では、犠牲層 230の側面 230aに相当する中間層 23の側面 23bから、迷光となる光が入射するのを防止することができる。

[0073] また、ファブリペロー干渉フィルタ 1の製造方法では、切断工程において

、レーザ光Lの照射によって、各ライン10に沿ってウェハ110の内部に改質領域を形成し、改質領域からウェハ110の厚さ方向に亀裂を伸展させることにより、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する。これにより、ブレードダイシングによってウェハ110を複数の基板11に切断する場合に比べ、空隙S周辺の構造に外力が作用し難くなるため、空隙S周辺の構造が破損するような事態をより効果的に抑制することができる。また、ブレードダイシングの実施時に発生するパーティクル、ブレードダイシングに使用される冷却洗浄水等が、空隙Sに侵入し、ファブリペロー干渉フィルタ1の特性が劣化することを防止することができる。

[0074] また、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、切断工程においては、ウェハ110の第2主面110b側に貼り付けられたエキスパンドテープ60を拡張させることにより、改質領域からウェハ110の厚さ方向に亀裂を伸展させる。これにより、それぞれが可動ミラーとして機能する予定の複数の第2ミラー部32を有する第2ミラー層240に、エキスパンドテープ60の貼り付けによってダメージが生じるのを抑制することができる。更に、第2薄化領域470の存在によって、エキスパンドテープ60の拡張力が改質領域及びその近傍部分に集中し易くなるため、改質領域からウェハ110の厚さ方向に容易に亀裂を伸展させることができる。

[0075] また、ファブリペロー干渉フィルタ1の製造方法では、切断工程において、第2主面110b側にエキスパンドテープ60が貼り付けられた状態で、エキスパンドテープ60とは反対側からウェハ110にレーザ光Lを入射させる。これにより、エキスパンドテープ60によるレーザ光Lの散乱、減衰等を抑制して、各ライン10に沿ってウェハ110の内部に改質領域を確実に形成することができる。

[0076] ところで、ブレードダイシング等による切断工程において、第2ミラー部32が破損する可能性を懸念し、従来は、エッチングによって犠牲層230から除去予定部50を除去する除去工程は、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する切断工程の後に実施されていた。本発明者

は、「二次元状に配列された複数の除去予定部50に対して犠牲層230のエッチングを同時に行い、ウェハ110の面内、つまり隣接する基板11間に働く応力を低減した上で切断工程を行うことで、薄く且つ精細な層構造からなる第2ミラー部32が破損するのを抑制することができる」との知見を見出した。したがって、複数の除去予定部50に対する犠牲層230のエッチングは、ウェハ110の面内に二次元状に配列された基板11のうち、任意の基板11、及び、当該基板11に隣接し且つ当該基板11を囲む複数の基板11に対応する複数の除去予定部50に対し、同時に実施されることが好ましい。

[変形例]

[0077] 以上、本開示の一実施形態について説明したが、本開示のファブリペロー干渉フィルタの製造方法は、上述した実施形態に限定されるものではない。例えば、各構成の材料及び形状には、上述した材料及び形状に限らず、様々な材料及び形状を採用することができる。

[0078] また、形成工程における各層及び各領域の形成順序は、上述したものに限定されない。一例として、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240をウェハ110の第1主面110aに形成し、その後に、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240のうち各ライン10に沿った部分を薄化することにより、第1薄化領域290を形成してもよい。また、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240をウェハ110の第1主面110aに形成すると共に、応力調整層400をウェハ110の第2主面110bに形成し、その後に、第1薄化領域290及び第2薄化領域470を形成してもよい。

[0079] また、第1薄化領域290は、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240の少なくとも1つが各ライン10に沿って部分的に薄化された領域であればよい。したがって、第1薄化領域290は、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240を含む第1主面110a側の全ての層のうち各ライン10に沿った部分の全てが除去された領域であって

もよい。なお、形成工程において、第1薄化領域290を形成しなくてもよい。

[0080] また、第2薄化領域470は、応力調整層400の少なくとも一部が各ライン10に沿って部分的に薄化された領域であればよい。したがって、第2薄化領域470は、応力調整層400を含む第2主面110b側の全ての層のうち各ライン10に沿った部分の全てが除去された領域であってもよい。なお、形成工程において、第2薄化領域470を形成しなくてもよい。更には、応力調整層400自体を形成しなくてもよい。

[0081] また、図9の(a)及び(b)に示されるように、切断工程を実施してもよい。具体的には、図9の(a)に示されるように、保護層460上に(すなわち、第2主面110b側に)エキスパンドテープ60を貼り付ける。続いて、第2主面110b側にエキスパンドテープ60が貼り付けられた状態で、エキスパンドテープ60側からレーザ光Lを照射し、レーザ光Lの集光点をウェハ110の内部に位置させつつ、レーザ光Lの集光点を各ライン10に沿って相対的に移動させる。つまり、エキスパンドテープ60側から、エキスパンドテープ60を介して、ウェハ110にレーザ光Lを入射させる。そして、このレーザ光Lの照射によって、各ライン10に沿ってウェハ110の内部に改質領域を形成する。

[0082] 続いて、図9の(b)に示されるように、第2主面110b側に貼り付けられたエキスパンドテープ60を拡張させることにより、ウェハ110の内部に形成された改質領域からウェハ110の厚さ方向に亀裂を伸展させ、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断する。そして、エキスパンドテープ60上において互いに離間した状態にある複数のファブリペロー干渉フィルタ1を得る。

[0083] このような切断工程によれば、図9の(a)に示されるように、例えばレーザ光Lを上方から照射した場合に、発生したパーティクルが自重によって落下してきたとしても、エキスパンドテープ60がカバーとして機能するため、そのようなパーティクルが第2ミラー層240等に付着するのを抑制す

ることができる。

- [0084] また、切断工程では、レーザ光Lの照射によって各ライン10に沿ってウェハ110の内部に改質領域を形成した際に、当該改質領域からウェハ110の厚さ方向に亀裂が伸展し、各ライン10に沿ってウェハ110が複数の基板11に切断されてもよい。この場合、エキスパンドテープ60を拡張させることにより、切断によって得られた複数のファブリペロー干渉フィルタ1を互いに離間させることができる。
- [0085] また、形成工程において、第2ミラー層240ではなく第1ミラー層220を構成するポリシリコン層の表面が露出するように、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240の少なくとも1つを各ライン10に沿って部分的に薄化し、切断工程において、第2ミラー層240ではなく第1ミラー層220が含むポリシリコン層の表面を介してウェハ110にレーザ光Lを入射させてもよい。
- [0086] 更に、形成工程において表面が露出させられる層は、第1ミラー層220又は第2ミラー層240を構成する少なくとも1つの層であればよい。具体的には、形成工程において表面が露出させられる層は、ポリシリコン層に限定されず、例えば、窒化シリコン層、酸化シリコン層等であってもよい。その場合にも、表面が露出させられた層によってウェハ110の第1主面110aが保護され、レーザ光Lを入射させる面の平坦性が維持されるため、レーザ光Lの散乱等を抑制して、ウェハ110の内部に改質領域をより確実に形成することができる。なお、滑らかな表面の形成には、第1ミラー層220、犠牲層230及び第2ミラー層240の少なくとも1つを各ライン10に沿って部分的に薄化するために、ドライエッチングよりもウェットエッチングを実施するほうが有利である。
- [0087] また、切断工程では、ブレードダイシング、レーザアブレーションダイシング、ウォータジェットソーによる切断、超音波ダイシング等によって、各ライン10に沿ってウェハ110を複数の基板11に切断してもよい。なお、これら方法によって、各ライン10に沿ってウェハ110を第1主面11

0 a 側からハーフカットした後に、ウェハ 1 1 0 の第 2 主面 1 1 0 b を研磨することにより、各ライン 1 0 に沿ってウェハ 1 1 0 を複数の基板 1 1 に切断してもよい。

[0088] また、形成工程では、少なくとも中間層 2 3 の側面 2 3 b が湾曲するように（連続した曲面を形成するように）第 1 薄化領域 2 9 0 を形成してもよい。図 1 0 は、中間層 2 3 の側面 2 3 b、第 1 積層体 2 2 の側面 2 2 a 及び反射防止層 2 1 の側面 2 1 a が連続的に湾曲するように第 1 薄化領域 2 9 0 を形成した場合に得られたファブリペロー干渉フィルタ 1 の外縁部分の拡大断面図である。

[0089] 図 1 0 に示されるファブリペロー干渉フィルタ 1 について説明する。中間層 2 3 の側面 2 3 b は、中間層 2 3 における基板 1 1 側の縁部 2 3 k が、中間層 2 3 における基板 1 1 とは反対側の縁部 2 3 j よりも、第 1 表面 1 1 a に平行な方向において外側に位置するように、湾曲している。つまり、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向から見た場合に、縁部 2 3 k が縁部 2 3 j を包囲している。より具体的には、側面 2 3 b は、第 1 表面 1 1 a に垂直な断面において、空隙 S 側に凹状に湾曲している。側面 2 3 b は、第 1 積層体 2 2 の表面 2 2 b 又は側面 2 2 a に滑らかに接続されている。側面 2 3 b は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向において基板 1 1 に近づくほど、第 1 表面 1 1 a に平行な方向において空隙 S から遠ざかるように、空隙 S 側に凹状に湾曲している。換言すると、側面 2 3 b では、第 1 表面 1 1 a に対する側面 2 3 b の角度が、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向において基板 1 1 に近づくほど、小さくなっている。

[0090] 第 1 積層体 2 2 の側面 2 2 a 及び反射防止層 2 1 の側面 2 1 a は、中間層 2 3 の側面 2 3 b よりも、空隙 S の中央部に対して、第 1 表面 1 1 a に平行な方向において外側に位置している。第 1 積層体 2 2 の側面 2 2 a 及び反射防止層 2 1 の側面 2 1 a は、第 1 表面 1 1 a に垂直な方向において基板 1 1 に近づくほど、第 1 表面 1 1 a に平行な方向において空隙 S から遠ざかるように、空隙 S とは反対側に凸状に湾曲している。換言すると、第 1 積層体 2

2の側面22a及び反射防止層21の側面21aでは、第1表面11aに対する第1積層体22の側面22a及び反射防止層21の側面21aの角度が、第1表面11aに垂直な方向において基板11に近付くほど、大きくなっている。

[0091] 上述したように中間層23の側面23bを凹状に湾曲させるための方法の一例について説明する。まず、図11の(a)に示されるように、中間層23上にレジスト層Mを形成する。続いて、図11の(b)に示されるように、レジスト層Mにパターニングを施して、中間層23のうち除去すべき領域を露出させる。続いて、図12の(a)に示されるように、中間層23にエッチング（ウェットエッチング）を施す。このとき、中間層23が、レジスト層Mに覆われた部分まで除去されるため、中間層23の側面23bが、凹状に湾曲した形状となる。なお、成膜及びエッチングを繰り返しながら反射防止層21及び第1積層体22を段階的に形成し、中間層23の側面23bが第1積層体22の側面22aに連続的に（滑らかに）接続するように中間層23のエッチングを実施することで、中間層23の側面23b、第1積層体22の側面22a及び反射防止層21の側面21aが連続的に湾曲した形状となる。続いて、図12の(b)に示されるように、中間層23上からレジスト層Mを除去する。

[0092] また、次のように、中間層23の側面23bを凹状に湾曲させることも可能である。まず、図13の(a)に示されるように、中間層23上にレジスト層Mを形成する。続いて、3Dマスクを用いてレジスト層Mに露光及び現像を施す。これにより、図13の(b)に示されるように、中間層23のうち除去すべき領域が露出すると共に、レジスト層Mの側面が凹状に湾曲した形状となる。続いて、図14の(a)に示されるように、中間層23にドライエッチングを施す。このとき、レジスト層Mの側面の形状が中間層23の側面23bに転写されるため、中間層23の側面23bが、凹状に湾曲した形状となる。続いて、図14の(b)に示されるように、中間層23上からレジスト層Mを除去する。

[0093] 更に、次のように、中間層23の側面23bを凹状に湾曲させることも可能である。まず、図15の(a)に示されるように、中間層23上にレジスト層Mを形成する。続いて、レジスト層Mにホトリソグラフィーを施す。これにより、図15の(b)に示されるように、中間層23のうち除去すべき領域が露出すると共に、レジスト層Mの側面が凹状に湾曲した形状となる。レジスト層Mの条件（例えば、材料等）及びホトリソグラフィーの条件（例えば、露光条件、現像条件、バーク条件等）を調整することで、レジスト層Mの側面を凹状に湾曲した形状とすることが可能である。続いて、図16の(a)に示されるように、中間層23にドライエッチングを施す。このとき、レジスト層Mの側面の形状が中間層23の側面23bに転写されるため、中間層23の側面23bが、凹状に湾曲した形状となる。続いて、図16の(b)に示されるように、中間層23上からレジスト層Mを除去する。

[0094] 図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、第2積層体24の被覆部33が中間層23の側面23bを被覆している。このため、中間層23の側面23bから光が入射することに起因してファブリペロー干渉フィルタ1からの出力光においてノイズが増大するのを抑制することができる。したがって、ファブリペロー干渉フィルタ1の特性が劣化するのを抑制することができる。ところで、このファブリペロー干渉フィルタ1では、第2積層体24が中間層23の側面23bを被覆していることから、第2ミラー部32が第1ミラー部31側に移動する際に、第2積層体24において中間層23の側面23bを被覆する領域に対しても、第2ミラー部32側に向かうように力が作用する。したがって、中間層23の側面23bにおける第2積層体24側の角部に応力が集中し易い。ここで、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、中間層23における基板11側の縁部23kが、中間層23における基板11とは反対側の縁部23jよりも、第1表面11aに平行な方向において外側に位置するように、中間層23の側面23bが湾曲している。このため、中間層23の側面23bにおける第2積層体24側の角部において応力を分散させることができる。したがって、当該角部に

においてクラック等の損傷が発生するのを抑制することができる。以上により、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1によれば、高い信頼性を得ることができる。

[0095] また、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、中間層23の側面23bが湾曲していない場合と比較して、中間層23の側面23bと第2積層体24との接触面積が拡大する。このため、中間層23の側面23bに対して第2積層体24を強固に固定することができる。また、第1表面11aに垂直な方向において基板11に近づくほど、第1表面11aに平行な方向において空隙Sから遠ざかるように、中間層23の側面23bが湾曲している。このため、製造工程において、第2積層体24の被覆部33が中間層23の側面23bを被覆する厚さ（カバレッジ）を良好に維持することができる。

[0096] また、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、中間層23における基板11側の縁部23kが、中間層23における基板11とは反対側の縁部23jよりも、第1表面11aに平行な方向において外側に位置するように、中間層23の側面23bが空隙S側に凹状に湾曲している。このため、第1表面11aに対する中間層23の側面23bの角度が、中間層23の側面23bのうち基板11に近い部分において、第1表面11aに垂直な方向において基板11に近づくほど、小さくなる。これにより、中間層23の側面23bのうち基板11に近い部分から第2積層体24が剥がれるのを抑制することができる。

[0097] また、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、第1表面11aに垂直な方向において基板11に近づくほど、第1表面11aに平行な方向において空隙Sから遠ざかるように、中間層23の側面23bが湾曲している。このため、中間層23の側面23bは、その全体において、第1表面11aに垂直な方向において基板11に近づくほど、第1表面11aに平行な方向において空隙Sから遠ざかる。これにより、中間層23の側面23bにおける第2積層体24側の角部において応力をより一層分散させること

ができる。

[0098] また、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、第1積層体22の側面22aが、中間層23の側面23bよりも、空隙Sの中央部に対して、第1表面11aに平行な方向において外側に位置しており、第2積層体24の被覆部33が、第1積層体22の側面22aを被覆している。このため、第2積層体24の被覆部33が、中間層23の側面23bを越えて第1積層体22の側面22aまで被覆し、第1積層体22の側面22aに対して固定される。よって、中間層23の側面23bのうち基板11に近い部分から第2積層体24が剥がれるのを抑制することができる。

[0099] また、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、基板11が、第1表面11aに垂直な方向から見た場合に第1積層体22の外縁よりも外側に位置する外縁部11cを有し、第2積層体24が、外縁部11cを被覆している。このため、第2積層体24が、第1積層体22の外縁を越えて基板11の外縁部11cまで被覆することにより、第1積層体22を基板11側に対して固定する。よって、第1積層体22が基板11側から剥がれるのを抑制することができる。

[0100] また、図10に示されるファブリペロー干渉フィルタ1では、第1表面11aに垂直な方向において基板11に近付くほど、第1表面11aに平行な方向において空隙Sから遠ざかるように、第1積層体22の側面22aが湾曲している。このため、第2積層体24の被覆部33が、第1積層体22の側面22aに対してより強固に固定される。よって、中間層23の側面23bのうち基板11に近い部分から第2積層体24が剥がれるのを抑制することができる。

符号の説明

[0101] 1…ファブリペロー干渉フィルタ、10…ライン、11…基板、31…第1ミラー部、32…第2ミラー部、50…除去予定部、60…エキスパンドテープ、110…ウェハ、110a…第1主面、110b…第2主面、220…第1ミラー層、230…犠牲層、230a…側面、240…第2ミラー

層、290…第1薄化領域、400…応力調整層、470…第2薄化領域、
L…レーザ光。

請求の範囲

- [請求項1] 二次元状に配列された複数の基板に対応する部分を含み、複数のラインのそれぞれに沿って複数の前記基板に切断される予定のウェハの第1主面に、それぞれが固定ミラーとして機能する予定の複数の第1ミラー部を有する第1ミラー層、複数の除去予定部を有する犠牲層、及びそれぞれが可動ミラーとして機能する予定の複数の第2ミラー部を有する第2ミラー層を、1つの前記第1ミラー部、1つの前記除去予定部、及び1つの前記第2ミラー部が1つの前記基板側からこの順序で配置されるように形成する形成工程と、
- 前記形成工程の後に、エッチングによって前記犠牲層から二次元状に配列された複数の前記除去予定部を同時に除去する除去工程と、
- 前記除去工程の後に、複数の前記ラインのそれぞれに沿って前記ウェハを複数の前記基板に切断する切断工程と、を備える、ファブリペロー干渉フィルタの製造方法。
- [請求項2] 前記形成工程においては、前記第1ミラー層、前記犠牲層、及び前記第2ミラー層の少なくとも1つが複数の前記ラインのそれぞれに沿って部分的に薄化された第1薄化領域を形成する、請求項1に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。
- [請求項3] 前記形成工程においては、前記ウェハの第2主面に応力調整層を形成し、前記応力調整層が複数の前記ラインのそれぞれに沿って部分的に薄化された第2薄化領域を形成する、請求項2に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。
- [請求項4] 前記形成工程においては、少なくとも前記犠牲層及び前記第2ミラー層のうち複数の前記ラインのそれぞれに沿った部分を薄化することにより、前記第1薄化領域を形成する、請求項2又は3に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。
- [請求項5] 前記形成工程においては、前記第1ミラー層上に形成された前記犠牲層のうち複数の前記ラインのそれぞれに沿った部分を薄化した後に

、前記犠牲層上に前記第2ミラー層を形成することにより、複数の前記ラインのそれぞれに沿って互いに対向する前記犠牲層の側面を前記第2ミラー層で被覆する、請求項2～4のいずれか一項に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。

〔請求項6〕 前記切断工程においては、レーザ光の照射によって、複数の前記ラインのそれぞれに沿って前記ウェハの内部に改質領域を形成し、前記改質領域から前記ウェハの厚さ方向に亀裂を伸展させることにより、複数の前記ラインのそれぞれに沿って前記ウェハを複数の前記基板に切断する、請求項1～5のいずれか一項に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。

〔請求項7〕 前記切断工程においては、前記ウェハの第2主面側に貼り付けられたエキスパンドテープを拡張させることにより、前記改質領域から前記ウェハの厚さ方向に前記亀裂を伸展させる、請求項6に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。

〔請求項8〕 前記切断工程においては、前記第2主面側に前記エキスパンドテープが貼り付けられた状態で、前記エキスパンドテープとは反対側から前記ウェハに前記レーザ光を入射させる、請求項7に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。

〔請求項9〕 前記切断工程においては、前記第2主面側に前記エキスパンドテープが貼り付けられた状態で、前記エキスパンドテープ側から前記エキスパンドテープを介して前記ウェハに前記レーザ光を入射させる、請求項7に記載のファブリペロー干渉フィルタの製造方法。