

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3770542号
(P3770542)

(45) 発行日 平成18年4月26日(2006.4.26)

(24) 登録日 平成18年2月17日(2006.2.17)

(51) Int.C1.

F 1

H01L 21/027	(2006.01)	H01L 21/30	531M
G03F 1/16	(2006.01)	H01L 21/30	531E
G03F 7/20	(2006.01)	G03F 1/16	A
		G03F 7/20	503

請求項の数 22 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2001-512998 (P2001-512998)
(86) (22) 出願日	平成12年7月13日 (2000.7.13)
(65) 公表番号	特表2003-505891 (P2003-505891A)
(43) 公表日	平成15年2月12日 (2003.2.12)
(86) 國際出願番号	PCT/US2000/019060
(87) 國際公開番号	W02001/007967
(87) 國際公開日	平成13年2月1日 (2001.2.1)
審査請求日	平成17年9月28日 (2005.9.28)
(31) 優先権主張番号	60/145,057
(32) 優先日	平成11年7月22日 (1999.7.22)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	60/149,840
(32) 優先日	平成11年8月19日 (1999.8.19)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	397068274 コーニング インコーポレイテッド アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 31 コーニング リヴァーフロント プ ラザ 1
(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(72) 発明者	デイヴィス, クロード エル アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148 70 ペインテッド ポスト ミーズ ク リーク ロード 3812

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】遠紫外軟X線投影リソグラフィー法およびマスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

100nm未満の形状寸法を有する印刷配線様の集積回路を製造するための投影リソグラフィー法であつて、

遠紫外軟X線源を備えて、遠紫外軟X線を発生させかつ方向づけるための照射サブシステムを提供し、

該照射サブシステムによって発生せしめられた前記遠紫外軟X線によって照射されるマスク・サブシステムを提供し、

前記遠紫外軟X線によって照射されたときに投影されるマスクリソグラフィーパターンを形成するためにパターン化された、マスク・サブシステムの反射リソグラフィーマスクを提供し、

ここで、前記パターン化された反射マスクは、TiをドープされたSiO₂ガラスウエーハを含み、前記ガラスウエーハは、0.15nm以下のRa粗さを有する欠陥のない表面を有し、前記表面を覆う遠紫外軟X線を反射し得る多層被膜を有し、前記多層被膜上に被せられたパターン化された遠紫外軟X線吸収テンプレートを有してなり、

投影サブシステムを提供し、

遠紫外軟X線に感応するウエーハ表面を備えた集積回路ウエーハを提供し、

前記投影サブシステムを用いて、前記パターン化された反射マスクから投影されるマスクパターンを放射線感応性ウエーハ表面に投影する、

各工程を含むことを特徴とする投影リソグラフィー方法。

【請求項 2】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが混入異物を含んでいないガラスウエーハであることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが塩素を含んでいないガラスウエーハであることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 4】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが、塩素については 10 ppm 未満、アルカリ金属およびアルカリ土類金属については 10 ppb 未満の不純物のレベルを有することを特徴とする請求項 1 記載の方法。 10

【請求項 5】

前記ウエーハの熱膨脹係数の変化が 15 ppb 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが、前記遠紫外軟 X 線 によって加熱され、前記パターン化された吸収テンプレートが前記ガラスウエーハの加熱に実質的に影響されない吸収テンプレートであることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスの欠陥のないウエーハ表面が仕上げ加工された平面状表面であることを特徴とする請求項 2 記載の方法。 20

【請求項 8】

前記仕上げ加工された平面状表面が 80 nm よりも大きい寸法の印刷可能な欠陥を備えていない表面であることを特徴とする請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが前記遠紫外軟 X 線 によって動作温度にまで加熱され、前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが前記動作温度において略ゼロを中心とする熱膨脹係数を有するような T_i ドーパントレベルを有することを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】

前記 T_i をドープされた SiO_2 ガラスウエーハが 1200 ppm 未満の OH を含むことを特徴とする請求項 1 記載の方法。 30

【請求項 11】

前記反射リソグラフィーマスクが、最低リソグラフィー動作温度および最高リソグラフィー動作温度を有し、前記 T_i をドープされた高純度 SiO_2 ガラスは、最低リソグラフィー動作温度から最高リソグラフィー動作温度まで少なくとも百回反復された場合でも熱サイクルヒステリシスを生じないガラスであることを特徴とする請求項 1 記載の方法。

【請求項 12】

投影リソグラフィー印刷パターンの作成方法であって、
遠紫外軟 X 線源を備えた照射サブシステムを提供し、
マスク受容部材と、該マスク受容部材に受容された、 T_i をドープされた高純度 SiO_2 ガラスマスクウエーハとを備えた反射マスクを含むマスク・サブシステムを提供し、
ここで、前記ガラスマスクウエーハは、遠紫外軟 X 線に対し少なくとも 65 % の反射率を備えた反射多層被膜で覆われたエッチングされていないガラスマスクウエーハ表面を有し、
1 μm 以上の焦点深度と 0.1 以下の開口数 NA とを備えたカメラを含む投影サブシステムを提供し、 40

放射線感応印刷媒体を備えた放射線感応印刷サブシステムを提供し、
前記照射サブシステム、前記マスク・サブシステム、前記投影サブシステムおよび前記放射線感応印刷サブシステムを整合させ、遠紫外軟 X 線源からの遠紫外軟 X 線で前記反射マスクを照射し、該反射マスクが前記放射線を反射させて、前記投影サブシステムのカメ 50

ラによって前記放射線感応印刷媒体上に投影される印刷パターンを形成する、各工程を含むことを特徴とする方法。

【請求項 13】

反射マスクを含む前記マスク・サブシステムを提供する工程が、0.15 nm 以下の Ra 粗さを有するウエーハ表面を備えた反射マスクを提供する工程を含むことを特徴とする請求項 12 記載の方法。

【請求項 14】

前記投影リソグラフィーサブシステムの動作中に前記照射サブシステムによって照射されたときの前記反射マスクの動作温度を測定する工程をさらに含み、反射マスクを備えたマスク・サブシステムを提供する工程が、前記反射マスクの動作温度においてほぼゼロ中心とされた熱膨脹係数を有する Ti をドープされた高純度 SiO₂ ガラスマスクウエーハを提供する工程を含むことを特徴とする請求項 12 記載の方法。

10

【請求項 15】

遠紫外軟 X 線反射マスクの作成方法であって、

プリフォーム表面を備えかつ混入異物を含まない Ti をドープされた高純度 SiO₂ ガラスプリフォームを提供し、

前記プリフォーム表面を、0.15 nm 以下の Ra 粗さを有する平面状マスクウエーハ表面に仕上げ加工し、

該 0.15 nm 以下の Ra 粗さを有する仕上げられた平面状マスクウエーハ表面を反射多層被膜で覆って、遠紫外軟 X 線に対し少なくとも 65 % の反射率を有する反射マスク表面を形成する、

20

各工程を含むことを特徴とする方法。

【請求項 16】

Ti をドープされた高純度 SiO₂ ガラスプリフォームを提供する工程がさらに、高純度 Si を含む原料および高純度 Ti を含む原料を提供し、該高純度 Si を含む原料および高純度 Ti を含む原料を転化サイトに配送し、前記高純度 Si を含む原料および高純度 Ti を含む原料を、Ti をドープされた SiO₂ ガラスストートに転化させ、該 Ti をドープされた SiO₂ ガラスストートを、混入異物を含まない均質な Ti をドープされた SiO₂ ガラスに固結させ、該ガラスを、Ti をドープされた SiO₂ ガラスプリフォームに成形する各工程を含むことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

30

【請求項 17】

高純度 Si を含む原料および高純度 Ti を含む原料を提供する工程が、塩素を含まない高純度 Si を含む原料および塩素を含まない高純度 Ti を含む原料を提供し、該塩素を含まない原料を、塩素を含まない Ti をドープされた SiO₂ ガラスストートに転化させ、該ストートを、塩素を含まない Ti をドープされた SiO₂ ガラスに固結させる各工程を含むことを特徴とする請求項 16 記載の方法。

【請求項 18】

前記プリフォーム表面を平面状マスクウエーハ表面に仕上げる工程が、前記プリフォーム表面を研磨して約 0.6 ないし 1.0 nm の範囲の Ra 表面粗さを有する第 1 の研磨されたプリフォーム面にし、該研磨されたプリフォーム面をさらに研磨して、0.15 nm 以下の Ra 粗さを有する前記平面状マスクウエーハ表面にする各工程を含むことを特徴とする請求項 15 記載の方法。

40

【請求項 19】

エッチングされていない研磨された第 1 表面と反対側の研磨された平面状第 2 表面とを備えた混入異物を含まない Ti をドープされた高純度 SiO₂ ガラスウエーハを含み、前記第 1 表面が、80 nm よりも大きい寸法を有する印刷可能な表面欠陥を有さずかつ 0.15 nm 以下の Ra 粗さを有するものであって、前記ガラスウエーハが塩素を含んでいないガラスウエーハであることを特徴とする遠紫外軟 X 線反射マスクウエーハ。

【請求項 20】

遠紫外軟 X 線反射マスクウエーハの作成方法であって、

50

第1のプリフォーム表面と第2のプリフォーム表面とを備えかつ混入異物を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスプリフォームを提供し、

前記第1のプリフォーム表面を、0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスクウェーハ表面に仕上げ加工する各工程を含むものであって、

前記Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームを提供する工程が、高純度Siを含む原料および高純度Tiを含む原料を提供し、該高純度Siを含む原料および高純度Tiを含む原料を転化サイトに配送し、前記高純度Siを含む原料および高純度Tiを含む原料を、TiをドープされたSiO₂ガラスストートに転化させ、該TiをドープされたSiO₂ガラスストートを、混入異物を含まない均質なTiをドープされたSiO₂ガラスに固結させ、該ガラスを、TiをドープされたSiO₂ガラスプリフォームに成形する各工程をさらに含むものであって、前記高純度Siを含む原料および高純度Tiを含む原料を提供する工程が、塩素を含まない高純度Siを含む原料および塩素を含まない高純度Tiを含む原料を提供し、該塩素を含まない原料を、塩素を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスストートに転化させ、該ストートを、塩素を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスに固結させる各工程を含むことを特徴とする遠紫外軟X線反射マスクウェーハ作成の方法。
10

【請求項21】

混入異物を含まない結晶化されていないTiをドープされた遠紫外軟X線反射リソグラフィマスクウェーハであって、前記TiをドープされたSiO₂ガラスウェーハが、5ないし10重量%のTiO₂を含み、アルカリ金属およびアルカリ土類金属については、含有量が10ppb以下であり、かつ20において+10ppbから-10ppbまでの範囲の熱膨脹係数を有し、熱膨張係数の分布が15ppb以下であり、前記パターン化された反射マスクは、0.15nm以下のRa粗さを有するTiをドープされたSiO₂ガラスの欠陥のない表面を覆う遠紫外軟X線を反射し得る多層被膜上に被せられたパターン化された吸収テンプレートを備えたTiをドープされたSiO₂ガラスウェーハを含み、反射多層膜を被せられたTiをドープされた欠陥のない前記ガラスウェーハ表面が、80nmより大きな欠陥を有しないことを特徴とするマスクウェーハ。
20

【請求項22】

遠紫外軟X線反射マスクウェーハの作成方法であって、

5ないし10重量%のTiO₂を含み、アルカリ金属およびアルカリ土類金属については、含有量が10ppb以下であって、かつ20において+10ppbから-10ppbまでの範囲の熱膨脹係数を有し、熱膨張係数の分布が15ppb以下であって、混入のないTiをドープされたガラスプリフォームであって、第1のプリフォーム表面を有するものを準備する工程。
30

前記第1のプリフォーム表面を平面状マスクウェーハ表面に仕上げる工程が、前記第1のプリフォーム表面を研磨して、第1の研磨されたプリフォーム表面であって、0.6ないし1.0nmRa粗さを有するものにし、

さらに、前記研磨された表面を、コロイドシリカで研磨して、0.15nm以下のRa粗さを有する欠陥のない平面マスクウェーハ表面にする工程を含むことを特徴とする方法。
40

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の背景

本願は、1999年7月22日付けでClaude L.Davis, Robert Sabia, Harrie J.Stevensによって提出された米国仮特許出願第60/145057号「遠紫外軟X線投影リソグラフィー法およびマスク装置」、および1999年8月19日付けでClaude L.Davis, Kenneth E. Hrdina, Robert Sabia, Harrie J.Stevensによって提出された米国仮特許出願第60/149840号「遠紫外軟X線投影リソグラフィー法およびマスク装置」の優先権を主張した出願である。

【0002】

発明の分野

本発明は、一般的には、集積回路を製造し、かつ極小の形状寸法を有するパターンを形成するための投影リソグラフィー法およびシステムに関するものである。特に本発明は、遠紫外軟X線を反射させて回路パターンを作成するのに用いられるパターン画像を形成する、遠紫外軟X線を用いたリソグラフィーおよび反射マスクに関するものである。本発明は、遠紫外軟X線フォトンを反射させて、現今の光リソグラフィーの回路形成特性を超えるリソグラフィーのために遠紫外軟X線を使用することを可能にする反射マスクおよびその使用法に関するものである。

【0003】

技術的背景

遠紫外軟X線を用いると、より微小な形状寸法が得られるという利点があるが、その放射線の性質から、この波長の放射線の操作および調節が困難であるため、かかる放射線の商業生産での使用は遅々としたものである。集積回路の製造に現在用いられている光リソグラフィーシステムは、248 nmから193 nm, 157 nmというように、より短波長の光へ向かって進んでいるが、遠紫外軟X線の商業的利用および採用は阻害されてきた。15 nm帯のような極めて短い波長の放射線に関するこの遅々とした進歩の理由の一つは、安定かつ高品質のパターン画像を維持しながらこのような放射線の照射に耐え得る反射マスクウエーハを経済的に製造することができないことに起因する。集積回路の製造に遠紫外軟X線を利用するためには、ガラスウエーハの表面に反射被膜を直接堆積させることができ可能な安定なガラスウエーハを必要とする。

【0004】

米国特許第5,698,113号に言及されているように、現在の遠紫外軟X線リソグラフィーシステムは極めて高価である。米国特許第5,698,113号では、たとえエッチングが基板表面を劣化させるとしても、溶融シリカおよびZERO DURタイプのアルミニシリケートガラスセラミックからなる基板表面から多層被膜をエッチングで取り除くことによって、多層被膜で覆われた基板の表面を復元させることにより、上記のような高価格を打破しようとする試みが行われた。

【0005】

本発明は、安定で、直接コーティングが可能でかつ反射多層被膜を受容することが可能な、経済的に製造されたマスクウエーハを提供し、かつ遠紫外軟X線を用いた優れた投影リソグラフィー法/システムを提供するものである。本発明は、マスクとしての特性および反射性が劣るとされたマスクウエーハ表面の再利用を必要とすることなしに優れたマスクウエーハ特性および安定性を経済的に提供するものである。本発明は、仕上げ加工されたガラス表面上に直接堆積された反射多層被膜を備えた安定な高性能反射マスクを提供し、かつ費用がかかる繁雑な製造工程と、ガラス基板表面と反射多層被膜との間に中間層を設けることとを回避したものである。

【0006】

発明の概要

本発明の一つの態様は、100 nm未満の寸法を有する印刷配線態様の集積回路を作成するための投影リソグラフィー法/システムであって、遠紫外軟X線源から遠紫外軟X線を発生させかつ方向づけるための照射サブシステムを提供する工程を含む方法/システムである。この方法はさらに、上記照射サブシステムから発生する遠紫外軟X線によって照射されるマスク・サブシステムを提供する工程を含み、このマスク・サブシステムを提供する工程は、遠紫外軟X線によって照射された場合に投影されるマスクパターンを形成するためのパターン化された反射マスクを提供する工程を含む。このパターン化された反射マスクを提供する工程は、0.15 nm以下のRa粗さを有するTiをドープされたSiO₂ガラスの欠陥のない表面を覆う遠紫外軟X線反射多層被膜上に被せられたパターン化された吸収テンプレートを備えたTiをドープされたSiO₂ガラスウエーハを提供する工程を含む。この方法はさらに、投影サブシステムと、放射線に感応し得るウエーハ表面を備えた集積回路ウエーハとを提供する工程を含み、上記投影サブシステムは

10

20

30

40

50

、上記パターン化された反射マスクパターンから投影されるマスクリソグラフィーパターンを上記放射線感応性ウエーハ表面に投影する工程を含む。

【0007】

他の様では、本発明は、投影リソグラフシステムの作成方法および投影リソグラフィー法を含み、この方法は、遠紫外軟X線源を備えた照射サブシステムを提供する工程と、マスク・サブシステムを提供する工程とを含み、このマスク・サブシステムは、マスク受容部材とこのマスク受容部材に受容される反射マスクとを備え、この反射マスクは、エッチングされていないガラスの表面が遠紫外軟X線に対して少なくとも65%の反射率を有する反射多層被膜で覆われた、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスマスクウエーハを備えている。この方法はさらに、1μm以上の焦点深度と0.1以下の開口数NAを備えたカメラを含む投影サブシステムを提供し、放射線感応印刷媒体を備えた放射線感応印刷サブシステムを提供し、上記照射サブシステム、上記マスク・サブシステム、上記投影サブシステムおよび上記放射線感応印刷サブシステムを整合させる各工程を含み、ここで、上記遠紫外軟X線源が上記反射マスクを遠紫外軟X線で照射し、上記投影サブシステムのカメラによって上記放射線感応印刷媒体上に投影される印刷パターンを形成している。10

【0008】

本発明はさらに遠紫外軟X線反射マスクの作成方法を含み、この方法は、プリフォームの表面を備えかつ混入異物を含まないTiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームを提供し、上記プリフォーム表面を、0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスクウエーハ表面に仕上加工し、この仕上げ加工された平面状マスクウエーハ表面を反射多層被膜で覆って、遠紫外軟X線に対し少なくとも65%の反射率を有する反射マスク表面を形成する各工程を含む。20

【0009】

本発明は、エッチングされていない第1の研磨された表面と反対側の第2の研磨された平面状表面とを備えた混入異物を含まないTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハを含む遠紫外軟X線反射マスクウエーハの作成方法を含み、上記第1表面が、80nmよりも大きい寸法を有する印刷可能な表面欠陥を有さずかつ0.15nm以下のRa粗さを有する。

【0010】

本発明はさらに、遠紫外軟X線反射マスクウエーハの作成方法を含み、この方法は、第1のプリフォーム表面と第2のプリフォーム表面とを備えかつ混入異物を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスプリフォームを提供し、上記第1のプリフォーム表面を、0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスクウェーファ表面に仕上げる各工程からなる。30

【0011】

本発明のさらなる特徴および利点は下記の説明に記載されており、下記の詳細な説明、請求の範囲および添付図面を含む記載内容から、当業者であれば容易に理解されるであろう。

【0012】

上述の概要説明および後述の詳細説明はともに、本発明を例示したにとどまり、請求の範囲に記載された本発明の特性および特質を理解するための全体像の提供を意図したものである。添付図面は本発明のさらなる理解のために添付したものであり、本明細書の一部を構成するものである。図面は本発明の種々の実施の形態を示し、記述内容とともに本発明の原理および動作の説明に資するものである。40

【0013】

発明の実施の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。本発明による投影リソグラフィー法/システムの実施の形態が図1に全体として符号20で示されている。

【0014】

本発明によれば、投影リソグラフィー法に関する発明は、照射サブシステムから発せられ50

る遠紫外軟X線で照射されるマスク・サブシステムを備えており、このマスク・サブシステムは、遠紫外軟X線によって照射されたときに投影されるマスクパターンを形成するためのパターン化された反射マスクを含み、このパターン化された反射マスクは、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの0.15nm以下のRa粗さを有する欠陥のない表面を覆う反射多層被膜上に被せられたパターン化された吸収テンプレートを備えたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハを含む。

【0015】

図1の実施の形態に示されているように、投影リソグラフィー法/システム20は、パターン化された反射マスク24を含むマスク・サブシステム22を備えている。図2および図3に示されているように、パターン化された反射マスク24は、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの欠陥のないウエーハ表面30を覆う反射多層被膜上に被せられたパターン化された吸収テンプレート28を備えたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハ26を含む。反射多層被膜で覆われた、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの欠陥のないウエーハ表面30は、ウエーハ表面32を覆う反射多層被膜34を備え、この反射多層被膜34は、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハの表面32に直接被着されていることが好ましい。図4は投影リソグラフィー法/システム20の光学的配置を示す。

【0016】

100nm未満の形状寸法を有する印刷形態の集積回路を作成するための投影リソグラフィー法は、遠紫外軟X線を発生させかつ方向づけるための照射サブシステム36を提供する工程を含む。この照射サブシステム36は、遠紫外軟X線源38を備えている。好ましい実施の形態においては、照射サブシステム36が、集光器44によって方向づけられる遠紫外軟X線を出力するキセノンガスプラズマを生成させる1.064μmのネオジミウムYAGレーザー40を備えている。これに代わり、遠紫外軟X線源38は、シンクロトロン、放電でポンピングされたX線レーザー、電子ビームで励起された放射線源装置、またはフェムト秒レーザーパルスによる高調波発生に基づく放射線源であってもよい。

【0017】

この投影リソグラフィー法は、照射サブシステム36から発せられる遠紫外軟X線によって照射されるマスク・サブシステム22を提供する工程を含む。このマスク・サブシステム22を提供する工程は、遠紫外軟X線によって照射されたときに投影されるマスクパターンを形成するためのパターン化された反射マスク24を提供する工程を含む。反射マスク24を提供することは、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの欠陥のないウエーハ表面30を覆う反射多層被膜上に被せられパターン化された吸収テンプレート28を備えたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハ26を提供する工程を含む。Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの欠陥のないウエーハ表面30は0.15nm以下のRa粗さを有する。Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハ26は、欠陥を含んでおらず、Ra粗さが0.15nm以下の平滑な平面状の表面を有し、マスクによって反射される遠紫外軟X線の散乱を阻止する。このようなRa粗さは、本発明によって表面を仕上げ、かつ原子間力顕微鏡(AFM)を用いて測定することによって得られる。図5A, 5Bは、AFM測定によって測定された、0.15nm以下のRa粗さを有するTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハの表面のAFM顕微鏡写真である。

【0018】

本発明の方法は、投影サブシステム46と、放射線に感応し得るウエーハ表面50を備えた集積回路ウエーハ48とを提供する工程を含み、上記投影サブシステム46は、マスク24から投影されるマスクパターンを放射線感応性ウエーハ表面50に投影する。この投影サブシステム46は、図1および図4に示されているような4枚の直列ミラーであることが好ましく、これらミラーM1～M4により、マスクパターンのサイズが縮小され、この縮小されたパターンが1/4の縮小率をもってウエーハ表面50に投影される。

【0019】

10

20

30

40

50

好ましい実施の形態においては、遠紫外軟X線の波長は、約5nmから約15nmまでの範囲内にあり、最も好ましい照射サブシステム36は、約13.4nmを中心とする遠紫外軟X線を、13.4nmにおいて少なくとも65%の反射率を有する反射マスク24に向ける。

【0020】

提供された、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハ26は、欠陥を含んでおらず、すなわちガラス体にバルクガラス欠陥がなく、ガラス内に空所およびガス入り空所のような混入異物がなく、そして特に、寸法が80nmよりも大きい欠陥がないものである。特に好ましい実施の形態においては、ガラスウエーハ表面32が0.15nm以下のRa粗さを有する平面状表面となるように研磨による仕上げ加工が施された、エッチングされていないガラス表面である。TiをドープされたSiO₂ガラスからなるウエーハ26は、実質的に遠紫外軟X線に対し不透過性であり、反射性被膜で覆われたウエーハ表面30および極めて低い粗さを有するウエーハ表面32は、本発明において、照射放射線の散乱を阻止し、かつ投影リソグラフィー工程において極めて安定な高品質画像をウエーハ表面50上に提供する。提供されたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスは、塩素を含まないことが好ましく、かつアルカリ金属およびアルカリ土類金属からなる不純物のレベルが10ppb未満であることが好ましい。Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスは、5ないし10重量%のTiO₂を含み、かつ20における熱膨脹係数が+30ppbから-30ppbまでの範囲内にあることが好ましく、20における熱膨脹係数が+10ppbから-10ppbまでの範囲内にあることがさらに好ましい。ウエーハ26は、25における熱伝導率Kが1.40w/(m·)以下であることが好ましく、1.25から1.38までの範囲内にあることがさらに好ましく、約1.31が最も好ましい。

【0021】

投影リソグラフィーの間、ウエーハ26は遠紫外軟X線の照射によって加熱されるが、このようにウエーハが加熱された場合でも、パターン化された吸収テンプレートの寸法は実質的に影響を受けず、投影された画像の変動が阻止されて投影された画像の品質が維持される。本発明の方法において、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハ26は、遠紫外軟X線の照射によって動作温度にまで熱せられるが、ガラスウエーハは、このような動作温度において熱膨脹係数が略ゼロ中心になるようにTiドーパントのレベルが調整されることが好ましい。このような熱伝導率および熱膨脹係数を備えたウエーハ26は、適正な動作と安定性とを提供し、かつマスク・サブシステム22の冷却を必要としない極めて信頼性および経済性の高いリソグラフィー法/システムを提供する。好ましい実施の形態においては、マスク24およびウエーハ26は積極的には冷却されておらず、循環冷却液、熱電冷却手段、またはその他の温度上昇防止手段のような冷却システムを備えていない。

【0022】

提供された、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの欠陥のないウエーハ表面32は、80nmを超える寸法を有する印刷可能な表面欠陥のない仕上げ加工された平面状表面を備えた仕上げ加工された平面状表面を有する。この仕上げ加工された平面状表面は、マスクの仕上げられた表面がウエーハ表面50上に印刷される画像を汚染しないように、ウエーハ表面50上の最小印刷寸法の1/5よりも大きい寸法の印刷可能な表面欠陥を有しないことが好ましい。Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスの表面30に施された反射多層被膜は、この反射多層被膜を照射する遠紫外軟X線の少なくとも65%を反射させるのが好ましく、少なくとも70%を反射させるのがさらに好ましい。好ましい実施の形態においては、ウエーハ表面32がエッチングされてなく、かつ中間のバリア層またはリリース層は設けられずに、反射多層被膜34が直接ウエーハ表面に接着されるようになっている。

【0023】

本発明はさらに、投影リソグラフィーシステムの作成方法および投影リソグラフィーパタ

ーンの投影方法を含み、この方法は、遠紫外軟X線源38を備えた照射サブシステム36を提供し、かつマスク・サブシステム22を提供する各工程を含み、マスク・サブシステム22は、マスク受容体52およびこのマスク受容体52に受容された反射マスク24を備え、反射マスク24は、受ける遠紫外軟X線の少なくとも65%を反射し得る反射多層被膜34で覆われた0.15nm以下のRa粗さを有するエッチングされていないガラスマスクウエーハ表面32を備えたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスマスクウエーハ26を含む。この方法はさらに、焦点深度が1μm以上で開口数NAが0.1以下のカメラ54を備えた投影サブシステム46を提供し、放射線感応性印刷媒体58を備えた放射線感応性印刷サブシステム56を提供し、かつ遠紫外軟X線源38からの遠紫外軟X線が反射マスク24を照射し、反射マスク24が遠紫外軟X線を反射してテンプレート28の印刷パターンを形成し、この印刷パターンが投影サブシステムのカメラ54によって縮小されて放射線感応性印刷媒体58上に投影されるように、照射サブシステム36、マスク・サブシステム22、投影サブシステム46、および放射線感応性印刷サブシステム56を整合させる各工程を含む。
10

【0024】

この方法はさらに、放射線感応性印刷媒体58上に印刷され得る混入異物や表面欠陥のない表面を備えたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスマスクウエーハ26を備えた反射マスク24を提供する工程を含む。この反射マスク24を提供する工程は、プリフォーム表面を備えかつ混入異物のないTiをドープされた高純度SiO₂ガラスマスクウエーハプリフォームを提供し、かつこのプリフォーム表面を、本発明に従って0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスクウエーハ表面に仕上げる各工程を含む。
20

【0025】

この方法は、システム20の動作中に照射サブシステム36から照射を受けたときの反射マスク24の動作温度を測定する工程と、測定された動作温度において略ゼロを中心とする熱膨脹係数を有するTiをドープされた高純度SiO₂ガラスマスクウエーハを提供する工程とを含むことが好ましい。このような熱膨脹係数の調整は、0ないし9.0重量%のTiO₂を含む高純度SiO₂ガラスの熱膨脹特性を示す図8に示されているように、SiO₂中のTiドーパントの含有率の変化を調節することによってなされる。
30

【0026】

この方法のさらなる実施の形態において、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスマスクウエーハが遠紫外軟X線により高い温度領域まで加熱され、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスが上記高い温度領域に対し10ppb未満で-10ppbよりも大きい熱膨脹係数を有する。この方法は、熱伝導率Kが1.40w/(m·)以下、さらに好ましくは1.25から1.38までの範囲、最も好ましくは約1.31の熱絶縁体(熱伝導率が低い)であるマスク24およびウエーハ26を提供し、かつウエーハ26を積極的に冷却することなくウエーハ26の温度上昇を許容する各工程を含むことが好ましい。
30

【0027】

本発明はさらに、プリフォーム表面を備えかつ混入異物のないTiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームを提供し、このプリフォームの表面を0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスク表面32に仕上げ加工し、この仕上げ加工された0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスク表面を反射多層被膜34で覆って、遠紫外軟X線に対し少なくとも65%の反射率を備えた反射マスク表面30を形成する各工程を含む遠紫外軟X線反射投影リソグラフィーマスク24の作成方法を含む。この方法はさらに、パターン化された吸収テンプレート28を反射マスク表面30上に形成する工程を含む。反射多層被膜で覆う工程は、Mo/SiまたはMo/Beのような第1素子および第2素子からなる平滑な薄層(厚さ4nm以下)を交互に形成する工程を含むことが好ましい。
40

【0028】

上記交互層は、13.4nmを中心とすることが好ましい最大遠紫外軟X線反射率を提供する。このような交互の反射多層被膜は、各境界で反射されるフォトンの構造的干渉に対し理想的な層の厚さと、多数の境界が被膜の反射率に寄与する最小の吸収とによって、四
50

分の一波長板に類似した機能を有する。層間の厚さの偏差は0.01nm以内であることが好ましい。好ましい実施の形態においては、被膜が厚さ約2.8nmのMo層と、厚さ約4.0nmのSi層との81層の交互層からなる。適切な堆積条件をもってすれば、上記のような交互層で13.4nmにおいて68%以上の反射率が得られる。Mo層とSi層とからなる81層の交互層は、通常の大気にさらされたときのMoの酸化を防止するために、厚さ4nmのSi層からなることが好ましいキャップ層でカバーされていることが好ましい。マスク24の反射性被膜34は、次に反射性被膜の上面に堆積された吸収層のパターンを形成するウエーハ処理工程を用いてパターン化される。

【0029】

上記吸収層は、Al, Tiまたはその他の遠紫外軟X線吸収元素のような遠紫外軟X線吸収元素からなり、露光工程または電子ビーム直接書き込み工程のようなウエーハ処理工程によってパターン化された吸収層28を形成する。好ましい実施の形態においては、反射多層被膜による被覆およびパターン化されたテンプレートの形成は、0.15nm以下のRa粗さを有するTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハの表面への多層被膜の堆積と、次の反射多層被膜の上面へのバッファ層の堆積と、次のバッファ層の上面への吸収体の堆積と、次のパターン生成リソグラフィーと、次の上記吸収体へのパターンの転写と、次のバッファ層のエッチングによる除去とにより、パターン化された反射被膜を得ることを含み、この反射被膜は遠紫外軟X線に対し好ましくは13.4nmを中心として少なくとも65%の反射率を有する。

【0030】

好ましい実施の形態においては、上記反射多層被膜は、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハの表面に直接堆積される。仕上げ加工された表面とTiをドープされた高純度SiO₂ガラスの特性とによって、ガラス表面と反射多層被膜との間の直接的堆積と接着とが、間接的被膜付けの複雑さを伴うことなしに、かつガラス・セラミック結晶を含む基板材料に用いられる被膜平滑化処理のような基板表面の付加的処理を必要とすることなしに提供され、ガラス表面と反射多層被膜との間の中間層が必要なくなる。仕上げ加工されたTiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハの表面と反射多層被膜との間での直接的接着による接触により、優れたかつ安定な反射マスクを得ることができる。

【0031】

図6に示されているようなTiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームを提供する工程は、高純度Siを含む原料114および高純度Tiを含む原料126を提供し、高純度Siを含む原料114および高純度Tiを含む原料126を転化サイト100に配送し、これら配送された原料をTiをドープされたSiO₂スト101に転化させ、このスト101を、耐火性ジルコン炉内で回転するジルコン製採集カップ142内の高温のTiをドープされた高純度SiO₂ガラス体144の上部ガラス表面上に堆積し、ストの堆積と同時に、TiをドープされたSiO₂ストを固結させて、混入異物を含まない均質なTiをドープされた高純度SiO₂ガラス体144を得る各工程を含むことが好ましい。高純度Siを含む原料114および高純度Tiを含む原料126を提供する工程は、塩素を含まない高純度Si含有原料を提供し、かつ塩素を含まない高純度Ti含有原料を提供し、これら塩素を含まない高純度原料を塩素を含まないTiをドープされた高純度SiO₂ストに転化させ、このストをTiをドープされた高純度SiO₂ガラスに固結させる各工程を含むことが好ましい。Si原料として好ましいのはポリメチルシロキサン、より好ましいのはポリメチルシクロシロキサン、最も好ましいのは高純度オクタメチルシクロテトラシロキサン(少なくとも99%のオクタメチルシクロテトラシロキサンからなるSi原料)のようなシロキサンが好ましい。Ti原料としてはチタニウムアルコキシドが好ましく、チタニウムイソプロポキシド[Ti(OPri)₄]がより好ましく、少なくとも99%のチタニウムイソプロポキシドからなるTi原料が好ましい。窒素からなる不活性キャリアガス116がSi原料およびTi原料中に気泡として注入され、飽和を防止すべく、窒素からなる不活性キャリアガス118が、Si蒸気と

10

20

30

40

50

キャリアガスとの混合ガスおよびTi蒸気とキャリアガスとの混合ガスに添加されて、配 10 送システム120およびマニフォルド122を通じた原料の転化サイト100への配達を 容易にしている。Si原料はマニフォルド122内でTi原料と混合されて、TiをドープされたSiO₂の均質なガス状の先駆混合物を形成することが好ましく、このガス状の先駆混合物は、炉140の上部138に取り付けられて転化サイトバーナー火炎137を生成させる転化サイトバーナー136に導管134を通じて配達され、原料混合物がTiをドープされたSiO₂ストートに転化され、次いで均質なTiをドープされたSiO₂ガラスに転化される。SiO₂中のTiO₂含有量の重量%は、ストート101およびガラス144内に混入させる転化サイト100に配達されるTi原料の量を変えることによって調整される。好ましい方法では、ガラス144およびプリフォーム60のTiドーパントの重量%レベルは、マスクを備えたウェーハ26の動作温度における熱膨脹係数がゼロに近付くように調整される。図8によれば、高純度SiO₂ガラス中のTiO₂の重量%の調整により、得られたガラスウェーハの熱膨脹特性が調整される。ガラスのTiドーパントの重量%は、好ましくは約6重量%のTiO₂から約9重量%のTiO₂までの範囲内、最も好ましいのは7から8重量%までの範囲内に調節される。転化サイトバーナー火炎137は、約1600以上 の温度において原料を燃焼させ、酸化させてストートに転化させ、かつストートをガラス144に固結させるための燃料/酸素混合物(天然ガスおよび/またはH₂と酸素)で形成される。原料およびストート101の流れを阻害しあつガラス144の製造工程を複雑にする可能性のある火炎137に達する以前での反応を阻止すべく、導管134および導管中を流れる原料の温度が調節され監視されることが好ましい。炉140および特にジルコンカップおよび上方部分138は、アルカリ金属およびアルカリ土類金属、および炉から拡散してガラス144を汚染するおそれのあるその他の不純物を含まない高純度耐火煉瓦で造られていることが好ましい。このような高純度煉瓦は、高純度材料を用いかつ煉瓦を焼成して不純物を取り除くことによって得られる。

【0032】

カップ142は、ガラス体144が少なくとも0.5m、好ましくは1mの直径、少なくとも8cm、好ましくは少なくとも10cmの高さを有する円柱体であって、好ましい高さが12ないし16cmの範囲内にある円柱体となるように、直径少なくとも0.5m、より好ましくは少なくとも1mの円形体であることが好ましい。ガラス体144をTiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォーム60に形成するためには、混入異物のようなガラス欠陥の存否を検査し、図7Aに示すように、ガラス体144の部分62のような欠陥のない部分を精選し、図7Bに示すように、欠陥のない部分62を切り出す作業を含むことが好ましい。次に図7Cに示すように、切り出された欠陥のない部分62から複数枚のプリフォーム60が形成される。プリフォーム60は、ガラス体144の中心部分の孔開けで部分62を切り出し、この切り出された部分62を、平面状上面64と平面状底面66とを備えた複数枚の適当なサイズの平板状プリフォーム60に切断し、この平板状プリフォーム60を、0.15nm以下の粗さを有する平面状マスクウェーハ表面を備えたマスクウェーハに仕上げるのを可能にする。平板状プリフォーム60は、図7Eに示すように、プリフォーム60の面を研磨することによって仕上げられる。プリフォーム60の上面と底面との双方が研磨ホイール68によって研磨されてウェーハ26にされるのが好ましい。プリフォーム60を研磨してウェーハ26にするには少なくとも二つの研磨工程を経ることが好ましい、プリフォーム60は、先ず粗さ約0.6ないし1.0nmの範囲のプリフォーム表面を有するように研磨され、次いでこのプリフォーム表面が粗さ0.15nm以下のマスクウェーハ表面を有するように研磨されるのが好ましい。この研磨は、液状媒体(溶液)内にこの溶液が澄まないよう粒子が精細に分布されたコロイド粒子で研磨することを含むことが好ましい。全ての粒子の粒径が0.5μm未満で、全粒子が粒径分布は0.5μm未満であり、かつ球形で100nm未満、好ましくは20ないし50nmの範囲の粒径を有することが好ましい。上記コロイド粒子としては、シリカ、チタニア、アルミナまたはセリアが好ましい。本発明は、コロイドシリカ、好ましくはチ

タンをドープされたコロイドシリカで研磨することを含むのが最も好ましい。

【0033】

図7Eに示すように、本発明の研磨工程は、上面64と反対側の底面66とを同時に研磨することよりなる。研磨ホイール68は、合成ポリマーで形成された研磨ホイールパッドを備えているのが好ましく、この研磨ホイール表面および研磨剤の回転運動により、プリフォーム表面64および66の部分が化学的および物理的機械的の組合せで取り除かれて、反射多層被膜が堆積される仕上げられた平滑な表面が提供される。この仕上げ加工は、酸化セリウム研磨剤と硬質ポリウレタンパッドを用いてプリフォーム表面を研磨し、次いで酸化セリウム研磨剤と起毛軟質ポリウレタンパッドを用いて研磨し、次いでコロイドシリカと軟質ポリウレタンパッドを用いて研磨することを含むことが好ましい。好ましい他の実施の形態では、コロイドシリカにチタンがドープされている。仕上げ加工は、少なくとも一種類の金属酸化物の水溶液で研磨し、次いでコロイドシリカのアルカリ水溶液で研磨することを含むことが好ましい。このような研磨剤で研磨された後、プリフォーム表面は洗浄されて研磨剤が除かれ、清浄にされたウエーハ26が提供される。コロイドシリカのアルカリ水性溶液は、pHが8ないし12の範囲内、好ましくは10ないし12の範囲内、最も好ましいのは11ないし12の範囲内となるように緩衝液で調製されることが好ましい。アルカリ水溶液中のコロイドシリカは、アルカリ水溶液による表面腐食を物理的作用を通じて取り除き、かつTiをドープされたSiO₂ガラス上に頻繁に形成される水和層を取り除く。

【0034】

本発明はさらに、遠紫外軟X線反射マスクウエーハ26を含む。ウエーハは、エッチングされていない研磨された平面状第1表面32と反対側の研磨された平面状第2表面31とを備え、第1表面が80nmよりも大きい寸法の印刷可能な表面欠陥を有さずかつ0.15nm以下のRa粗さを有する混入異物を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスウエーハからなる。図5Aおよび図5Bは、このような研磨された、混入異物を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスウエーハ表面を示す。反対側の第2表面31もまた、80nmよりも大きい寸法の印刷可能な表面欠陥を有さずかつ0.15nm以下のRa粗さを有することが好ましい。第1表面と第2表面との間の厚さ寸法は少なくとも1mm、より好ましくは少なくとも5mm、最も好ましいのは6ないし12mm、さらに好ましいのは6ないし8mmである。混入異物を含まないTiをドープされたSiO₂ガラスマスクウエーハは塩素を含まず、アルカリ金属およびアルカリ土類金属からなる不純物レベルが10ppb未満であることが好ましい。

【0035】

本発明はまた、遠紫外軟X線反射マスクウエーハの作成方法を含み、この方法は、第1プリフォーム表面64および第2プリフォーム表面66を備えた混入異物を含まないTiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォーム60を提供し、プリフォーム表面64を0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスクウエーハ表面に仕上げることからなる。Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームを提供することは、高純度Siを含有する原料114および高純度Tiを含有する原料126を提供し、原料114および126を転化サイト100に配送し、原料114および126をTiをドープされたSiO₂ガラスプリフォーム60に形成することを含むことが好ましい。ストート101およびガラス144を塩素を含まないものにするために、Si原料114およびTi原料126は塩素を含んでいないことが好ましい。第1プリフォーム表面64を平面状マスクウエーハ表面に仕上げることは、表面64を0.6nmから1.0nmまでの範囲の表面Ra粗さを有する第1の研磨されたプリフォーム表面に研磨し、次いで上記研磨されたプリフォーム表面を0.15nm以下のRa粗さを有する平面状マスクウエーハ表面に研磨することを含むことが好ましい。上記研磨工程はコロイドシリカで研磨することを含むことが好ましい。好ましい実施の形態においては、コロイドシリカが、4ないし10重量

10

20

30

40

50

%の濃度のチタニアをドープされていることが好ましい。最も好ましい実施の形態においては、この方法は、反対側の第2プリフォーム表面66も第1プリフォーム表面64の研磨と同時に研磨することを含む。仕上げ加工は、プリフォーム表面を少なくとも一種類の金属酸化物の水溶液で研磨し、かつコロイドシリカのアルカリ溶液で表面を研磨することを含む。プリフォーム60の表面は、先ず酸化セリウム研磨剤と発泡硬質ポリウレタン合成ポリマーパッドとにより研磨され、次いで、酸化セリウム研磨剤と起毛軟質ポリウレタン合成ポリマーパッドとにより研磨されることが好ましい。好ましい実施の形態においては、コロイドシリカにはチタンがドープされている。プリフォームは、8mmを超える厚さを有し、このプリフォームが仕上げられて、6mmを超える厚さを有するウエーハ26が提供されることが好ましい。仕上げ工程では、研磨材によるプリフォーム表面の研磨に加えて、プリフォーム表面を清掃して研磨材を取り除き、反射多層被膜を接触させるための清浄な平滑表面が提供される。プリフォームを提供する工程は、遠紫外軟X線反射マスクの動作温度においてマスクウエーハがほぼゼロ中心の熱膨脹係数を有するように、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームのTiドーパントの重量%のレベルを調整する工程を含むことが好ましい。

【0036】

遠紫外軟X線反射マスクウエーハを作成する本発明の方法は、100nm未満の形状寸法を有する印刷態様の集積回路の大量生産のための、遠紫外軟X線投影リソグラフィを利用することができる大量のマスクウエーハの効率的な製造に関して経済的な手段を提供するものである。さらに、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウエーハ26を作成する本発明の方法は、上側の仕上げられたウエーハ表面32を検査しつつ品質認定を行なって、その表面が適正な粗さを有しつつ欠陥のないことを保証し、加えて、下側の仕上げられたウエーハ表面31を検査しつつ認定して、反対側のガラスウエーハ表面の粗さと欠陥のない性質を決定するという効果的な工程を提供する。このような検査と品質認定にはAFMが用いられることが好ましい。このことは、被膜付け、および遠紫外軟X線投影リソグラフィのためのマスクシステムの一部分として利用するためのマスクウエーハの精選および生産量を増大させる。

【0037】

パターン化された遠紫外軟X線反射マスクの使用中において、TiをドープされたSiO₂ガラスウエーハはリソグラフィー動作温度にさらされる。TiをドープされたSiO₂ガラスウエーハの動作温度には、最大動作温度が設定されている。パターン化された遠紫外軟X線反射マスクの作成中、TiをドープされたSiO₂ガラスは製造処理温度になっている。この製造処理温度は、切出し、機械加工、仕上げ、および被膜付け間の高められた温度を含む。製造処理温度は最大製造温度を含む。TiをドープされたSiO₂ガラスウエーハは耐結晶化特性を有し、結晶化が誘起される結晶化温度T_{結晶}を有し、T_{結晶}は最大動作温度および最大製造温度よりも実質的に高い。T_{結晶}は最大動作温度および最大製造温度よりも少なくとも400高いことが好ましく。好ましくは少なくとも700高く、少なくとも800高いことが最も好ましい。最大動作温度および最大製造温度は500を超えることはないが、T_{結晶}は1300以上であることが好ましい。TiをドープされたSiO₂ガラスでは、ガラスの結晶化がマスクの製造時および使用時に経験する高温においても結晶化が阻止される。したがって、ガラスウエーハは、それが高い結晶化温度特性を有する点で有利である。

【0038】

さらに、製造処理温度およびリソグラフィー動作温度を考慮して、TiをドープされたSiO₂ガラスは、熱循環にさらされたときにその物理的寸法を維持するようになっている。低い方の温度と高い方の温度との間の熱循環が反復されるTiをドープされたSiO₂ガラスウエーハの反射マスクの使用および製造において、ガラスウエーハの物理的寸法は実質的に不变である。TiをドープされたSiO₂ガラスは熱循環ヒステリシスに対し抵抗力を有していることが好ましく、最低リソグラフィー動作温度から最高リソグラフィー動作温度まで熱循環が反復(100回を超える)された場合にも熱循環ヒステリシ

10

20

40

50

スがないことが最も好ましい。0に近い低温から300に近い高温まで300未満の熱循環が反復された場合、ガラスウェーハの物理的寸法の測定可能な変化がないことが最も好ましい。

【0039】

好ましい実施の形態においては、TiをドープされたSiO₂ガラスは、ガラス内の永久歪みに起因する10nm/cm未満の、好ましくは2nm/cm未満の複屈折率を有する。2nm/cm未満の複屈折率は、20における熱膨脹率が+10ppbから-10ppbまでの範囲内、熱膨脹率の変動が10ppb未満、最も好ましくは5ppb未満となるように、SiO₂中にTiドーパントを均質に分布させることにより達成される。さらに、TiをドープされたSiO₂ガラスをアニールすることによって複屈折率を低下させることができる。TiをドープされたSiO₂ガラスは、このガラスが機械加工のような応力を受けた後に少なくとも900の温度で、さらに好ましくは少なくとも1000で、最も好ましくは1030でアニールされることが好ましい。

【0040】

上記のような低い複屈折率レベルの保証は、超音波をガラスに伝播させ、ガラスを通る超音波の通過時間を測定することにより、TiをドープされたSiO₂ガラスの熱膨脹を監視して、超音波の速度と、超音波にさらされたガラスの膨脹係数を決定することによって達成されることが好ましい。このようなTiをドープされたSiO₂ガラスの測定および監視は、マスク製造工程中に行なわれることが好ましい。このような超音波測定は、品質調節、検査および精選に利用されることが好ましい。このような測定は、Tiドーパントが均質に分布されたガラス体144の製造を保証することに利用されるのが好ましい。さらに、このような測定は、ガラス体144の検査と、ガラス体144から切り出される部分62の精選に用いられることが好ましい。さらにこのような測定は、仕上げ加工のような後の方の製造工程中に過度の歪みがガラス内に形成されないことを保証するのに利用され、またガラスのさらなるアニーリングが必要か否かを決定するファクターとして用いられることが好ましい。

【0041】

実施例

図5A、図5Bは、Tiをドープされた高純度SiO₂ガラスウェーハの表面のAFM顕微鏡写真を示す。図5A、図5Bは、同一ウエーハサンプルの仕上げ加工の施された表面上の離れた二つの部位を撮影したものである。混入異物を含まないTiをドープされた高純度SiO₂ガラスプリフォームに仕上げ加工を施すことによってマスクウェーハのサンプルを得た。プリフォームは、二辺が約7.6cmの正方形で厚さが約0.64cmであった。直径約152cm、厚さ(高さ)14cmのTiをドープされた高純度SiO₂ガラス円柱の混入異物を含まない領域からプリフォームを切り出すことによって、正方形のプリフォームを得た。図6にしたがって、オクタメチルシクロテトラシロキサン原料およびチタニウム・イソプロポキシド原料から、約7.5重量%のTiO₂を含む高純度SiO₂ガラスからなる上記円柱を作成した。正方形のプリフォームを、両面ラップ研磨盤を用いて平板状マスクウェーハに仕上げた。最初に7μmのアルミナ研磨剤を用いて鋳鉄板上でプリフォームの厚さ約20/1000インチ(0.0508cm)を取り除いた。次に酸化セリウム(コネチカット州、シェルトン、エンタープライズドライブ3所在のローディア社製のRodia(Rhone-Poulence)Opalainブランドの酸化セリウム)を用いて、発泡合成ポリウレタン製硬質パッド(アリゾナ州フェニックス、ワトキンズストリート、3804E.所在のローデル社製のRodell MHC-14Bブランドの発泡ポリウレタンパッド)上でプリフォームを1.5psi(0.1055kg/cm²)と50rpmで1時間研磨した。次に、酸化セリウム(ニューヨーク州ヒックスビル、ジョンストリート、495W.所在のユニバーサルフォトニックス社製のUniversal Photonics Hasteelite 919ブランドの酸化セリウム)を用いて、起毛合成ポリウレタン軟質パッド(Rodell 204Padブランドの起毛ポリウレタンパッド)上でプリフォームを1.5psi(0.1055kg/cm²)

10

20

30

40

50

) と 50 r p m で 20 分研磨した。次に、コロイドシリカ (マサチューセッツ州ボストン、ステートストリート 75 所在のキャボット社製の Cabot A 2095 ブランドのコロイドシリカ) を用いて、起毛合成ポリウレタン軟質パッド (Rodel 204 Pad ブランドの起毛ポリウレタンパッド) 上でプリフォームを 1.5 p s i (0.1055 k g / cm²) と 50 r p m で 5 ないし 10 分間研磨した。次に、図 5 A, 図 5 B の A F M 顕微鏡写真を用いて、得られた平板状マスクウエーハを分析し、測定し、品質認定を行なった。仕上げられた Ti をドープされた SiO₂ ガラスウエーハの表面の Ra 粗さは 0.15 nm 以下であった。好ましい実施の形態においては、本発明の Ti をドープされた SiO₂ ガラスウエーハの表面には欠陥がなく、Ra 粗さは 0.10 以下、より好ましくは 0.09 nm、最も好ましい Ra 粗さは 0.086 nm 以下であった。さらに、Ti をドープされた SiO₂ ガラスウエーハの表面の RMS 粗さは 0.15 nm 以下であることが好ましく、最大 0.9 nm 以下の範囲の平均高さは 0.5 nm 以下であった。 10

【0042】

本発明の精神と範囲から離れることなしに種々の変形、変更が可能であることは、当業者には明白であろう。したがって、本発明は、添付の請求項およびそれらの等価物の範囲内で提供される種々の変形、変更を含むことを意図するものである。 20

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 本発明の一実施の形態の概略図
- 【図 2】 本発明の一実施の形態の側断面図
- 【図 3】 本発明の一実施の形態の平面図
- 【図 4】 本発明の一実施の形態の概略図
- 【図 5 A】 本発明の一実施の形態の A F M 顕微鏡写真
- 【図 5 B】 本発明の一実施の形態の A F M 顕微鏡写真
- 【図 6】 本発明の一実施の形態の概略図
- 【図 7】 図 7 A ~ 図 7 F は本発明の一実施の形態の製造工程図
- 【図 8】 SiO₂ 中の TiO₂ の重量 % に関する温度 (X 軸) 対熱膨脹率 (Y 軸) を示すグラフ

【符号の説明】

- 20 投影リソグラフィーシステム
- 22 マスク・サブシステム
- 24 反射マスク
- 26 ガラスウエーハ
- 28 吸収テンプレート
- 36 照射サブシステム
- 38 遠紫外軟 X 線源
- 46 投影サブシステム

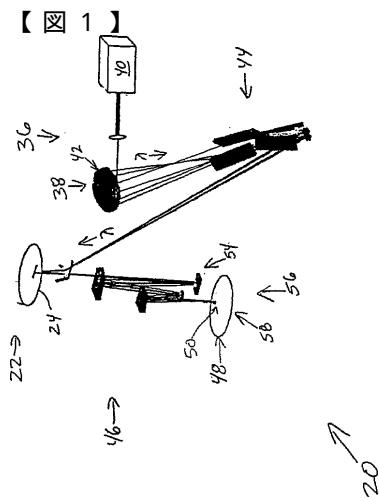


FIG.1

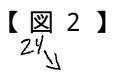


FIG.2

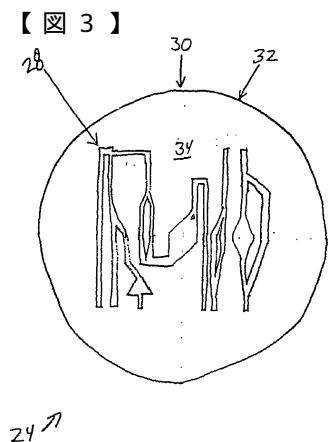
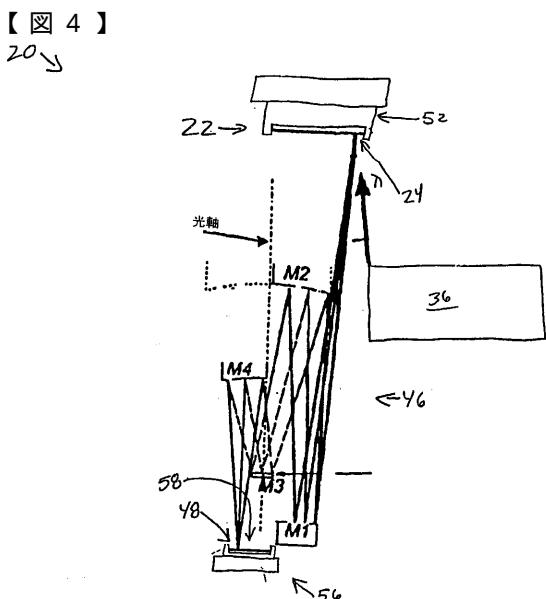


FIG.3.



【図 5 A】

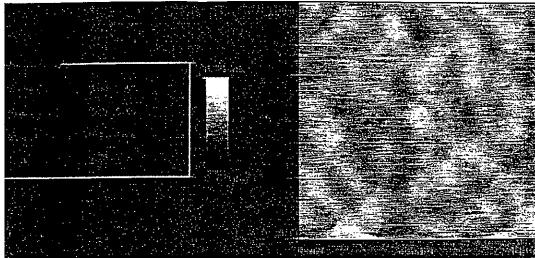


FIG. 5A

【図 5 B】

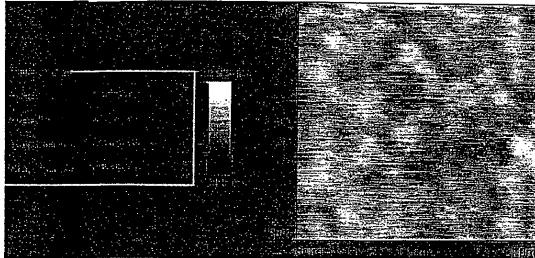


FIG. 5B

【図 6】

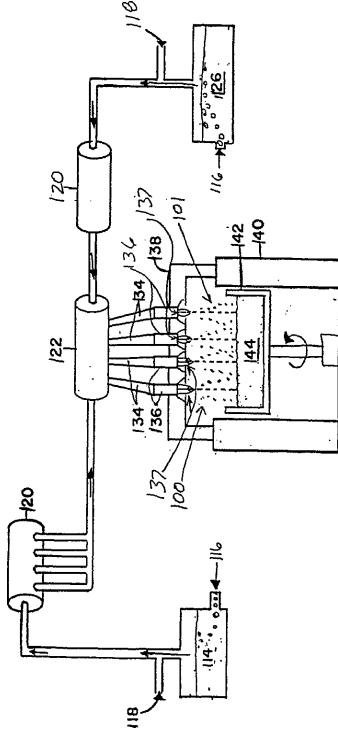


FIG. 6

【図 7 A】

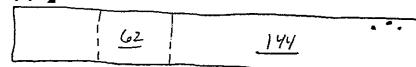


FIG. 7A

【図 7 B】

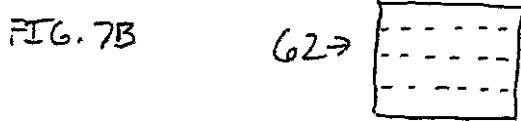


FIG. 7B

【図 7 C】

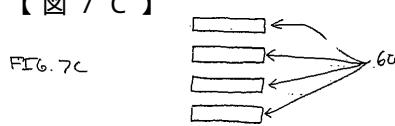


FIG. 7C

FIG. 7D

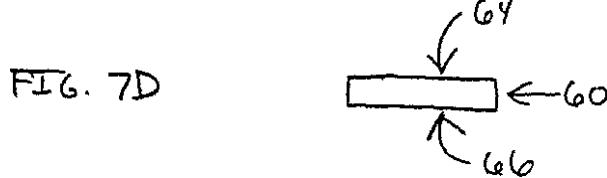


FIG. 7D

【図 7 E】

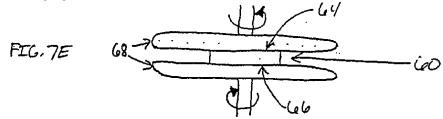


FIG. 7E

【図 7 F】

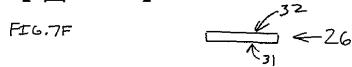
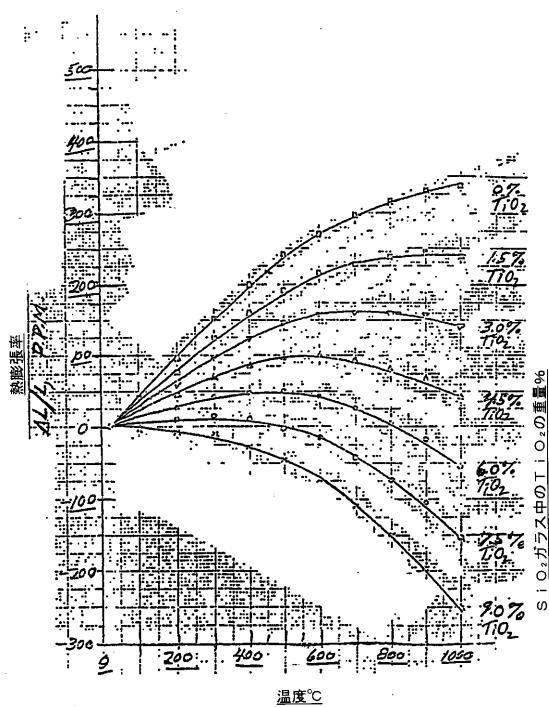


FIG. 7F

【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 ハーディナ,ケネス イー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14845 ホースヘッズ ターンベリー ドライブ 8

(72)発明者 サビア,ロバート

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 14814 ビッグ フラツツ オルコット ロード 133

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 米国特許第4184078(US, A)

米国特許第5686728(US, A)

米国特許第5565030(US, A)

国際公開第01/008163(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 1/16

G03F 7/20

G21K 1/06

G02B 5/08